

Universidad Autónoma de Madrid

Facultad de Ciencias

NUEVO METODO PARA EL CONTROL DE LA
NUTRICION EN HIDROPONIA. APLICACIONES DE
LOS ELECTRODOS SELECTIVOS DE IONES.

J. Sarro Casillas

1983

a716325

1/160

C/284

Universidad Autónoma de Madrid

Facultad de Ciencias

NUEVO METODO PARA EL CONTROL DE LA
NUTRICION EN HIDROPONIA. APLICACIONES DE
LOS ELECTRODOS SELECTIVOS DE IONES.

Reg. F.C. 8007

J. Sarro Casillas

1983



Al Prof. Dr. D. Octavio Carpena Artés,
mi reconocimiento por su influencia en mi -
vocación científica y por haber aceptado la
dirección de este trabajo.

Al Dr. D. Carlos Cadahía López, por su
constante ayuda y consejo, que hicieron po-
sible la realización del presente trabajo.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

FACULTAD DE CIENCIAS

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA

OCTAVIO CARPENA ARTES, Catedrático numerario de Química Agrícola de la Universidad Autónoma de Madrid

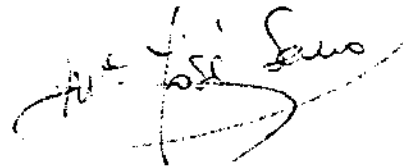
CERTIFICO:

Que la memoria adjunta, titulada "NUEVO METODO PARA EL CONTROL DE LA NUTRICION EN HIDROPONIA. APLICACIONES DE LOS ELECTRODOS SELECTIVOS DE IONES", presentada por la Lda. D^a Josefa Sarro Casillas para aspirar al Grado de Doctor en Ciencias, Sección de Químicas, ha sido realizada en este Departamento de Química Agrícola, bajo mi dirección y la del Dr. Carlos Cadahía López, Profesor Agregado de Química Agrícola (Convenio U.A.M.-C.S.I.C.).

El presente ejemplar ha sido revisado por el Profesor que certifica.

Madrid, 14 de Enero de 1.983.

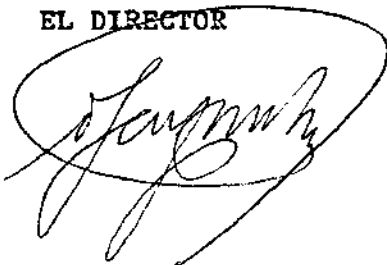
Trabajo presentado para aspirar
al Grado de Doctor en Ciencias,
Sección de Químicas.



Fdo. Josefa Sarro Casillas
Licenciada en Ciencias Químicas

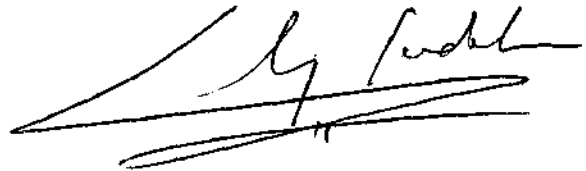
Visado en Madrid, a 14 de Enero de 1.983.

EL DIRECTOR



Fdo. Prof. O. Carpena Artés
Catedrático de Química Agrí-
cola de la Facultad de Cien-
cias de la Universidad Autó-
noma de Madrid.

EL CO-DIRECTOR



Fdo. Dr. C. Cadahía López
Profesor Agregado de Química
Agrícola (Convenio U. A. M.-
C. S. I. C.)

I N D I C E

	<u>Pag.</u>
3. RESULTADOS	66
3.1. Puesta en marcha de los electrodos selectivos de iones de medida directa	67
3.1.1. Curvas de calibrado	68
3.1.2. Estudio de interferencias en muestras de disolución nutritiva	75
3.1.3. Posibilidad de medida en muestras de disolución nutritiva sin necesidad de añadir ISA	79
3.1.4. Medida de muestras de savia. Interferencias	86
3.1.5. Reproducibilidad de las medidas	91
3.1.6. Correlación con los métodos clásicos de análisis	92
3.2. Medidas indirectas con electrodos selectivos de iones	94
3.2.1. Método propuesto para la valoración de <u>fosfato</u>	94
3.2.2. Método propuesto para la valoración de <u>sulfato</u>	109
3.3. Experiencia de variedades y densidades de siembra	118
3.3.1. Control de la disolución nutritiva	119
3.3.2. Adiciones realizadas a la disolución nutritiva	133
3.3.3. Balances nutrientes evolutivos en hoja y savia de cada elemento	142
3.4. Experiencia para definir las ecuaciones del balance de elementos en disolución nutritiva	181
4. ESQUEMA DE LA METODOLOGIA PROPUESTA PARA EL CONTROL DE FACTORES QUIMICOS DE NUTRICION. Posibilidades de aplicación en campo e invernadero.	185

	<u>Pag.</u>
5. CONCLUSIONES	189
6. BIBLIOGRAFIA	193
7. APENDICE	204

O B J E T O

Se trata de poner a punto una metodología para el control - de cultivos hidropónicos, no sólo en cuanto a la disolución nutritiva o sustrato nutritivo utilizado, sino también en cuanto a la planta.

Pretendemos que esta metodología sea aplicable en un laboratorio de campo para ser utilizada "in situ", para lo cual es necesario que sea rápida, exacta, eficaz y, por lo tanto, rentable.

Para conseguir esta rentabilidad proponemos la utilización de electrodos selectivos de iones y la corrección periódica de disoluciones nutritivas, sin necesidad de reponerlas totalmente, durante todo el ciclo de cultivo. Por otra parte, y con el fin de disponer de niveles de referencia, imprescindibles para la interpretación de resultados, calcularemos los balances nutrientes evolutivos de elementos.

El interés de esta metodología presenta una doble vertiente. En el aspecto científico permitirá la realización de estudios de nutrición vegetal con una información exhaustiva, tanto del sustrato como de la planta. Por otra parte, desde el punto de vista de su aplicación industrial, puede utilizarse en el control - de la fertigación, en el riego por goteo, o el proceso "nutrient film", que actualmente están tomando un notable incremento a nivel mundial, fundamentalmente en cultivos bajo cubierta.

I N T R O D U C C I O N

1.1. Situación actual de los cultivos bajo cubierta en España.

En nuestro país, los cultivos de invernadero se destinan principalmente a exportar durante el invierno productos hortofrutícolas que sólo pueden cosecharse en verano por los métodos tradicionales. Más recientemente se están orientando, durante cualquier época del año, al abastecimiento de los grandes núcleos de población. Puede buscarse la máxima rentabilidad combinando fuera de época hasta tres cosechas distintas al año.

En España, los invernaderos se localizan fundamentalmente en la Costa del Sol, Costa de la Luz, Sureste e Islas Canarias. No suelen utilizarse en épocas cálidas por no ser competitivos los precios debido a los elevados gastos de transporte. En la siguiente tabla se observa el incremento experimentado en la superficie dedicada al cultivo en invernadero en España durante los últimos años (Datos de Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1981).

Tabla 1

Superficie de invernaderos (Ha.)

<u>Provincia</u>	<u>1980</u>	<u>1982</u>
Almería	5.200	10.538
Granada	200	400
Málaga	350	500
Murcia	900	1.500
Huelva y Cádiz	110	200
Canarias	1.300	2.000

El aumento global, desde al año 1974 al 1980 ha sido de 300 a 15.000 Ha.

En la Comarca de Almería, donde está ubicada la mayor parte de la superficie total de invernaderos, la distribución por cultivos es la que se observa en la tabla 2.

Tabla 2

Distribución por cultivos en los invernaderos de la Comarca Agrícola de Almería.

Judía verde	22,2 %
Sandía	20,6 %
Pimiento	15,7 %
Tomate	12,6 %
Melón	8,3 %
Pepino	3,3 %
Berenjena	1,7 %
Flores y ornamentales	1,0 %

1.2. Control de cultivos hidropónicos

En los invernaderos pueden realizarse cultivos en suelo o hidropónicos, en cualquiera de sus múltiples variaciones, incluyendo la fertilización incorporada al riego por goteo (fertigación), el riego por aspersión y el denominado "nutrient film culture". (Hewitt, 1966).

El término cultivo hidropónico incluye el cultivo de plantas en cualquier medio excepto el suelo, sustituyéndose éste por otros materiales que proporcionan nutrientes minerales, humedad y soporte a la planta (Huterwal, 1977).

Históricamente fue R. Boyle quien inició los cultivos hidropónicos, pero no empezaron a comercializarse hasta 1929 por el Prof. Gericke en U.S.A. En España comenzaron a desarrollarse en 1960 en las Islas Canarias.

Inicialmente este sistema se utilizó únicamente con fines experimentales, ya que permite estudiar con menos dificultades los problemas de Nutrición Vegetal aún no resueltos, debido a la mayor facilidad de control de las condiciones de nutrición y a la ausencia de factores interferentes, por lo que puede aislarse el factor limitante que se desea estudiar.

Actualmente cada día toma mayor interés desde el punto de vista de una aplicación industrial, en sus diferentes modalidades, debido a las ventajas que representan, entre las que caben

destacar, además de todas las comunes a los cultivos bajo cubierta :

- Utilización del cultivo hidropónico optimizado para evaluar los factores limitantes de un suelo por comparación con el cultivo hidropónico.
- Aumento de la producción.
- Mejora de la calidad.
- Ahorro de agua de riego. En este aspecto, no cabe la menor duda de que las técnicas de riego por aspersión y goteo han dado lugar a una economía importante de agua junto a una mejor distribución de fertilizantes y plaguicidas.

Junto con estas ventajas es preciso señalar las dificultades que surgen en estos sistemas de cultivo, la primera de las cuales son los mayores gastos de instalación que se precisan, - el espacio ocupado por los depósitos de disolución nutritiva, - que restan espacio para el cultivo en sí, y la necesidad de una mano de obra mucho más especializada pues ha de controlarse no sólo el cultivo sino también la disolución nutritiva, el sustrato y los parámetros físicos con el fin de obtener el máximo rendimiento posible.

La rentabilidad de un cultivo hidropónico, en invernaderos de tipo industrial, tanto en las modalidades clásicas como en los sistemas más recientes de "nutrient film" , riego por goteo o aspersión de la disolución nutritiva, depende en gran medida del método de evaluación y control utilizado para mantener el -

sustrato nutritivo dentro de un intervalo de concentraciones pre establecido y en unas condiciones ambientales determinadas duran te todo el ciclo de cultivo.

Hasta ahora, dicho control ha requerido complicadas instalaciones de laboratorio para el análisis de los elementos nutritivos, así como el cambio de grandes cantidades de disolución nutritiva a los pocos días de su fabricación.

Si conseguimos disponer de un método de control rápido, -- simple, con posibilidades de hacerse continuo, suficientemente exacto, para realizar las correspondientes correcciones de elemen tos en la disolución nutritiva e incluso aplicable al control de nutrición de la planta, podremos hacer rentable la aplicación del método hidropónico a numerosos cultivos en el ámbito de una agri cultura industrial, ya que como consecuencia de estas correcciones no sería necesario el cambio periódico de la disolución nutritiva.

1.3. Posibilidades de los electrodos selectivos de iones. Ventajas y limitaciones.

La medida directa utilizando electrodos selectivos de iones puede resolver el problema del control de cultivos hidropónicos, ya que nos proporcionan una medida simple y rápida para una corrección inmediata de la disolución nutritiva y eliminan los complejos procedimientos de un laboratorio convencional. Incluso superan a la instrumentación más sofisticada, como autoanalizadores y Absorción Atómica, debido a que precisamos realizar un número reducido de medidas, pero muy frecuentemente, para lo cual es más adecuada la utilización de los electrodos selectivos de iones y no de otra instrumentación, que requiera un gran número de muestras para su aplicación rentable, sin considerar la complejidad de su instalación, mantenimiento y manejo.

Por otra parte, el reducido costo de la instalación que proponemos en relación a la información que proporciona la hacen factible e idónea para su aplicación "in situ" en cultivos con disolución nutritiva e invernaderos convencionales.

La evaluación de la disolución nutritiva con electrodos selectivos de iones permite reducir la mano de obra y simplificar los métodos analíticos hasta el punto de que puede controlarse muy a menudo el sustrato nutritivo y los elementos absorbidos por el vegetal. Debido a ello, pueden compensarse los elementos tomados por la planta en función del irregular ritmo de absorción que se produce a lo largo del ciclo de cultivo y no son necesarios los numerosos cambios de sustrato nutritivo que se -

llevan a cabo normalmente en los métodos convencionales. Este control continuo es fundamental, además, para preveer cualquier anomalía que surja durante el cultivo y que podría ocasionar en poco tiempo el fracaso de un ciclo completo.

1.3.1. Medidas con electrodos selectivos

Para la determinación de la concentración de iones en disolución se utilizan los valores de los potenciales de una célula electroquímica constituida por el electrodo selectivo y un electrodo de referencia inmersos en la disolución problema y conectados a un voltímetro de alta impedancia (Bailey, 1980; Rechnitz, 1967 ; Comer, 1977 y Ross, 1969).

Los electrodos selectivos de iones pertenecen al grupo de los electrodos de membrana y, generalmente, están constituidos por tres elementos :

- Una membrana electroquímica selectiva para el ión de interés (Koryta, 1972).
- Una disolución de relleno interna en contacto con la membrana, que contiene al ión de interés en una concentración constante.
- Un electrodo de referencia interno

Cuando la membrana del electrodo se pone en contacto con la disolución que contiene el ión para el que es sensible, aparece entre ella y la disolución de relleno interna una diferencia de

potencial, E_m , llamado potencial de membrana, que incluye tanto al potencial de difusión del ión en la membrana como los correspondientes a las dos interfases disolución-membrana.

Considerando la membrana idealmente permeable y selectiva, E_m viene dado por :

$$E_m = K_1 + \frac{RT}{-ZF} \ln \frac{a_1}{a_2} \quad (1)$$

Donde :

R = constante de los gases perfectos

T = temperatura absoluta de la disolución

Z = carga del ión

a_1 = actividad del ión en la disolución problema

a_2 = actividad del ión en la disolución de relleno interna

F = número de Faraday

Como la disolución de relleno interna tiene una composición fija y conocida puede englobarse dentro de la constante, resultando la expresión de la ecuación de Nerst :

$$E_m = K_2 + \frac{RT}{ZF} \ln a_1 \quad (2)$$

Por lo tanto, a temperatura constante, el valor del potencial de membrana depende exclusivamente de la actividad del ión de interés en la disolución. Cualquier cambio en dicha actividad se reflejará en un cambio en el potencial. La medida de este cambio es el fundamento de los electrodos selectivos de iones.

El tercer elemento del electrodo selectivo, el elemento de referencia interno, es el encargado de establecer el contacto eléctrico entre la membrana y el aparato de medida. Suele ser un electrodo del tipo Ag/AgCl y contribuye al valor total del potencial del electrodo selectivo, E_{es} , con un potencial constante, E_r , tal que :

$$E_{es} = E_r + E_m \quad (3)$$

Luego las variaciones del potencial de membrana, debidas únicamente a variaciones en la actividad del ión, se reflejan directamente en el potencial del electrodo selectivo. La expresión (2) queda :

$$E_{es} = K_3 + \frac{RT}{ZF} \ln a_1 \quad (4)$$

Normalmente estamos interesados en medidas de concentración y no de actividad. Ambas están relacionadas por la expresión :

$$a = \gamma \cdot m \quad (5)$$

a = actividad del ión en disolución

γ = coeficiente de actividad

m = molalidad del ión en disolución

Excepto para disoluciones muy concentradas, la diferencia entre molalidad y molaridad es despreciable, por lo que la expresión (5) la podemos escribir como :

$$a = \gamma \cdot M \quad (6)$$

Aplicando esta expresión en la ecuación (4) obtenemos :

$$E_{es} = K_4 + \frac{RT}{ZF} \ln (\&.M) \quad (7)$$

El coeficiente de actividad de un ión en disolución depende de la temperatura, la densidad y la constante dieléctrica del disolvente, la carga del ión en cuestión, el tamaño y número de hidratación de todos los iones presentes y la fuerza iónica, I , de la disolución :

$$I = \frac{1}{2} \sum c_i \cdot z_i^2 \quad (8)$$

c_i = concentración del ión i en la disolución.

z_i = carga del ión i .

Por lo tanto, disoluciones con la misma fuerza iónica, el mismo disolvente, idéntica composición en iones mayoritarios y a la misma temperatura, presentan el mismo valor para el coeficiente de actividad de un ión dado.

Debido a este hecho es posible la determinación de concentraciones con electrodos selectivos, ya que utilizando un método comparativo de medida el coeficiente de actividad puede englobarse dentro de la constante de la ecuación (7) :

$$E_{es} = K_5 + \frac{RT}{ZF} \ln M \quad (9)$$

Para mantener la fuerza iónica constante y una composición similar en iones mayoritarios, suele añadirse a las disoluciones a medir una pequeña cantidad de una disolución muy concentrada de un electrolito no interferente (KCl, KNO_3 , etc.), al que deno

minaremos ISA (ionic strength adjustor) o ajustador de la fuerza iónica. Así conseguiremos mantener constante el coeficiente de actividad de todas las disoluciones a medir.

La función del electrodo de referencia es completar el circuito de medida y proporcionar un potencial constante frente al cual puedan medirse las variaciones de potencial del electrodo selectivo.

La forma más simple de realizar esta función sería conectar un hilo metálico al dispositivo de lectura y sumergirlo en la disolución a medir. El inconveniente es que la medida sería muy inestable y no selectiva pues el potencial desarrollado por el hilo dependería de muchos parámetros de la muestra (Orion Res., 1979).

Los electrodos de referencia tradicionales están formados por Ag/AgCl ó Hg/Hg₂Cl₂ introducidos en un tubo de vidrio relleno de KCl 4M, al que se deja que gotee a la disolución problema por medio de un pequeño tapón. El potencial de este electrodo depende primordialmente del hilo en contacto con la disolución de relleno, pero suele desarrollarse un potencial secundario en la interfase disolución de relleno-disolución problema (potencial de unión líquida). De la estabilidad de este potencial depende la precisión con que se hacen las medidas, ya que lo que nos interesa es que el potencial total del electrodo de referencia permanezca constante.

El potencial desarrollado por estos sistemas de referencia,

E_r , es el resultado de la contribución del potencial del electrodo de referencia y los potenciales que se desarrollan en las interfaces líquido-líquido (potenciales de unión líquida) :

$$E_r = E_{er} + E_1 + E_2 \quad (10)$$

Es evidente que, para que el potencial del sistema de referencia sea constante, deben serlo también los potenciales de unión líquida. Esto puede conseguirse si se cumplen una serie de condiciones :

- El flujo del electrolito puente a la muestra debe ser lento y constante. Las ventajas e inconvenientes de cada tipo de unión están relacionadas con la estabilidad en la velocidad de flujo, su reproducibilidad y la facilidad de obstrucción.
- La disolución puente debe tener una fuerza iónica superior a la de la muestra siempre que ello sea posible, con el fin de que la difusión tenga lugar unilateralmente en el sentido disolución puente - muestra.
- La disolución puente ha de tener una composición similar a la de la muestra o bien ser equitransferente (cationes y aniones han de difundir en la misma proporción para que no cambie el potencial de unión líquida).

Con los electrodos de tipo manguito, en los que la disolución de relleno gotea alrededor de todo el cono, se resuelven en gran parte estos problemas. Por una parte el flujo de la disolución

de relleno es más constante y por otra es lo suficientemente alto como para impedir obturaciones (bastante normales en los electrodos de tapón) y también impedir el paso de iones de la muestra en sentido contrario.

El contacto del electrodo de referencia con la muestra puede llevarse a cabo en dos formas distintas, dando lugar a dos tipos de sistemas de referencia (Bailey, 1980) :

- Con una unión líquida, dando lugar a los denominados electrodos de referencia de unión simple.
- Con dos uniones líquidas, dando lugar a los electrodos de referencia de unión doble.

Es siempre recomendable el uso de electrodos de referencia de unión simple frente a los de unión doble, pero en el caso de que uno de los iones que forman la disolución de relleno coincida con el ión de interés o reaccione con él hemos de emplear sistemas de referencia del segundo tipo.

El potencial total de la célula electroquímica formada al introducir el electrodo de referencia y el electrodo selectivo en la disolución problema vendrá dado por la suma de los potenciales de ambos :

$$E_{\text{cel.}} = E_r + E_{\text{es}} \quad (11)$$

Sustituyendo E_r y E_{es} por sus respectivos valores, (7) y (9)

y englobando los términos constantes, obtenemos la ecuación :

$$E_{\text{cel.}} = E^{\circ} \pm \frac{2,303 RT}{ZF} \log M_i \quad (12)$$

Donde E° representa el potencial standard de la célula (para una temperatura de 25 °C y $M=1$).

Según la ecuación 12 la representación del potencial de la célula, medido en el ionómetro, frente al logaritmo de la concentración del ión de interés, resulta una línea recta que constituye la curva de calibrado del electrodo en cuestión.

La pendiente de esta recta ($\frac{2,303 RT}{ZF}$), representa la respuesta Nernstiana del electrodo. A 25°C tiene un valor teórico de 58 mV para iones monovalentes y 29 mV para iones divalentes, aunque en la práctica es normal encontrar electrodos con pendientes ligeramente superiores o inferiores a este valor (pendientes o respuestas supra- o sub-Nernstianas).

1.3.2. Tipos de electrodos selectivos

Los electrodos selectivos suelen clasificarse según la apariencia física de la membrana (Buck, 1976 y 1978; Koryta, 1977 y Pungor, 1969), distinguiéndose tres tipos de electrodos (Braat, 1978) :

- Electrodos de estado sólido
- Electrodos de membrana líquida
- Electrodos sensibles a gases

En los electrodos de estado sólido la membrana está formada por un cristal puro, una mezcla de cristales de varios tipos, un sólido policristalino o un material activo disperso en una matriz inerte.

El desarrollo del potencial se debe al transporte iónico en la membrana. El material de ésta debe ser un conductor iónico - preferiblemente con un solo ión móvil. Por lo tanto la selectividad de la membrana está basada en la estructura del cristal

Aunque pueden constituir un grupo aparte, los electrodos de membrana de vidrio pueden ser considerados como electrodos de estado sólido.

Los electrodos de membrana líquida están constituidos por una membrana porosa impregnada con un intercambiador iónico líquido. Al colocar esta membrana entre dos disoluciones que contie-

nen especies capaces de unirse con el intercambiador iónico se desarrollan unos potenciales en las interfases membrana-disolución y a través de la membrana.

El intercambiador iónico consiste en un disolvente, inmiscible con agua, que contiene un soluto orgánico con grupos ácidos, básicos o propiedades quelantes, que interaccionan fuerte y selectivamente con el ión de interés (Peter, 1974).

La selectividad de estos electrodos se basa en que la distribución o reparto del ión entre ambas fases es característico para cada ión en particular.

Deben utilizarse en ausencia de disolventes orgánicos, ya que la membrana puede incluso llegar a disolverse.

Los electrodos sensibles a un gas poseen una membrana de un material poroso hidrofóbico permeable al gas de interés. Aun cuando la membrana está sumergida los poros están llenos de aire, así el gas difunde a través de ellos y se disuelve en el electrolito interno del electrodo dando lugar a su correspondiente especie iónica, que es la que determina el potencial del electrodo (Pungor, 1969), quedando los iones excluidos del proceso de difusión a través de la membrana.

1.3.3. Características de los electrodos selectivos

- Límites de respuesta y detección

El límite inferior de respuesta Nernstiana de un electrodo puede definirse como la actividad mínima del ión a partir de la cual la representación del potencial frente al logaritmo de la actividad deja de ser lineal. Por debajo de este límite la respuesta del electrodo es cada vez más inestable e irreproducible.

El límite de detección inferior viene representado por la cantidad mínima de ión libre que puede detectarse con el electrodo.

Ambos límites dependen de las propiedades y composición de la membrana en cuestión, de las condiciones de medida, de la temperatura, pH y de fenómenos de adsorción que puedan tener lugar en la membrana.

El límite superior de detección está justificado por dos razones :

- En disoluciones muy concentradas es muy difícil conseguir potenciales de unión estables, con lo que se dificultan las medidas.
- La fuerza iónica de una disolución muy concentrada puede enmascarar la actividad del ión de interés, con lo que no podría determinarse con exactitud.

- Tiempo de respuesta

La IUPAC (1978) lo define como el tiempo que tarda la célula en alcanzar un valor que difiera en menos de 1 mV del potencial final de equilibrio.

Hay tres factores que influyen principalmente en el tiempo de respuesta :

- El tipo de membrana
- La velocidad del cambio en la actividad de la disolución.

Una agitación de la disolución ayuda a reducir los tiempos de respuesta.

- La presencia de interferencias, que generalmente aumenta el tiempo de respuesta.

Normalmente, los electrodos alcanzan el 90% del valor final de potencial en un minuto o menos. El tiempo empleado en alcanzar el último 10% depende de la temperatura, la velocidad de agitación de la muestra, la magnitud y la dirección del cambio de concentración desde la muestra anterior (Morf, 1975).

- Interferencias

Son todas aquellas sustancias que alteran el potencial medido por el electrodo selectivo, ya sea porque reaccionen con el ión de interés o con la membrana.

Ningún electrodo selectivo responde exclusivamente al ión para el que está diseñado, aunque su respuesta es mayor para este ión primario que para otros.

Si otro ión, interferente, está presente en una concentra-

ción mayor que el ión primario, la respuesta del electrodo tendrá contribución de ambos iones, el primario y los interferentes.

El grado de selectividad del electrodo para el ión primario, A, respecto del interferente, B, viene dado por el coeficiente de selectividad potenciométrico, $K_{a,b}$, que modifica el potencial del electrodo en la siguiente manera :

$$E = E^{\circ} + \frac{RT}{Z_a F} \ln (a_a + b K_{a,b} \cdot a_b^{Z_a/Z_b}) \quad (13)$$

E° = potencial standard del electrodo

Z_a = carga del ión A

Z_b = carga del ión B

a_a = actividad de A

a_b = actividad de B

Cuanto más selectivo es un electrodo para el ión primario, tanto menor es el valor de K, puesto que este coeficiente es una medida de la intensidad con que afecta el ión interferente al valor del potencial desarrollado por el electrodo selectivo.

Para considerar como realmente selectivo a un electrodo para un ión A, el valor de K respecto a cualquier interferente debe ser menor que la unidad.

Conociendo los valores de K para todos los interferentes de un electrodo pueden establecerse las condiciones idóneas de trabajo, referidas a los límites máximos de concentración de iones interferentes admisibles en las muestras.

1.3.4. Métodos de medida

- Método directo

Exige el empleo de un electrodo selectivo sensible al ión - que se está determinando. Se basa en la comparación directa de las muestras con una serie de disoluciones patrón que contienen el ión de interés en distintas concentraciones.

Los potenciales desarrollados en los distintos patrones se representan en papel semilogarítmico frente a sus concentraciones, quedando así construida la curva de calibrado del electrodo en cuestión.

Al poner en marcha la metodología con electrodos selectivos debemos tener en cuenta los siguientes puntos (Bailey, 1980) :

- El rango de concentración de las muestras. Una de las mayores ventajas de los electrodos selectivos es que se pueden medir directamente, sin modificación alguna del método, varios órdenes de magnitud de concentración.
- Casi todas las muestras necesitan que se ajuste el pH antes de medir. Se consigue mediante la adición de un tampón que normalmente sirve también para ajustar la fuerza iónica.
- El disolvente utilizado, así como la temperatura de medida, han de ser idénticos en patrones y muestras, con el fin de alcanzar el máximo de precisión en las medidas.

- Método de adición conocida

Está basado en que el cambio de potencial debido a un incremento conocido de concentración puede relacionarse directamente con la concentración inicialmente presente.

Si las concentraciones de la muestra y el patrón añadido son iguales, obtendremos un cambio de potencial cero.

La ventaja de este método es que pueden realizarse varias adiciones sucesivas y verificar así la medida obtenida.

- Método de sustracción conocida

Consiste en añadir una cantidad conocida de reactivo a la muestra, o bien a la inversa, según el electrodo sea sensible a uno u otro y relacionar la concentración de la muestra con la medida de potencial obtenida después de la adición.

La ventaja de este método es que podemos realizar medidas de concentraciones de iones para los que no disponemos de electrodo selectivo, siempre que dispongamos de uno sensible al reactivo.

- Valoraciones

La valoración potenciométrica se basa en la posibilidad de utilizar un electrodo selectivo como indicador del punto de equivalencia de la valoración. El electrodo utilizado puede ser sensible al ión de interés o al agente valorante.

Se mide el potencial tras la adición de cantidades sucesivas

de agente valorante. Al alcanzar el punto de equivalencia la concentración de agente valorante aumenta repentinamente, lo que se refleja en un cambio brusco del potencial del electrodo.

La localización del punto de equivalencia, a partir de los valores de potencial obtenidos frente al volumen de valorante añadido, puede llevarse a cabo por diferentes métodos gráficos (Durst, 1969).

1.4. Interés práctico y científico de la metodología que se propone.

El interés práctico y científico de la normalización de estas metodologías reside en las siguientes posibilidades :

- Optimización de un cultivo hidropónico para una aplicación rentable a nivel de explotación industrial, por medio de la utilización de la disolución nutritiva más adecuada para cada cultivo.
- Obtención de los balances nutrientes evolutivos óptimos - correspondientes a los máximos rendimientos, como referencia de una nutrición óptima.
- Estudios de nutrición sobre interacciones de elementos y determinación de la verdadera función de cada elemento esencial en la nutrición de la planta.
- Estudios de fertilidad de suelos mediante la comparación con un cultivo hidropónico con desarrollo de planta y condiciones climáticas iguales a las que se obtienen "in situ".
- Posibilidad de aplicación al control del sustrato nutritivo tanto en el cultivo hidropónico clásico como en la fertirrigación y en "nutrient film".
- Aplicación a diversos cultivos, tanto ornamentales como hortícolas y a diferentes tipos de suelo y clima en el mismo invernadero.

- Control, en el mismo invernadero, del cultivo mediante análisis de savia, utilizando los mismos electrodos selectivos de iones.

1.5. Objetivos parciales del presente trabajo

Tratamos de poner a punto una metodología para el control de cultivos hidropónicos en invernadero, en cualquiera de sus modalidades, mediante la utilización de electrodos selectivos de iones para la medida de las concentraciones de elementos en disolución nutritiva y savia. Con ello se pretende normalizar un método de estudio para numerosos problemas prácticos y de investigación.

Hay que considerar que el contenido foliar de un nutriente en un instante dado representa la diferencia entre la cantidad recibida por la hoja y la transportada desde la misma al resto de la planta (Carpena, 1981). Estos procesos tienen intensidades diferentes según el momento considerado, por lo que los resultados analíticos de un determinado momento no pueden generalizarse a todo el ciclo. Esta razón es la que nos ha llevado, por una parte, a realizar paralelamente análisis foliares y de savia para obtener así la máxima información posible del estado nutritivo de la planta en cada momento, y por otra parte, a aplicar - los llamados "balances evolutivos de los nutrientes", basados en el establecimiento de los intervalos de normalidad de cada elemento para un cultivo determinado (Carpena y col., 1968). Con todos estos datos podremos, finalmente, recomendar el método a seguir para la interpretación de resultados.

Los objetivos parciales del presente estudio pueden resumirse de la siguiente manera :

- Puesta a punto de los métodos analíticos con electrodos selectivos de iones para su aplicación a los tipos de muestra (

disolución nutritiva y savia) que utilizaremos en nuestras experiencias. En este apartado se incluyen aspectos tales como : realización de curvas de calibrado, estudios sobre la posibilidad de medidas directas, estudio de interferencias en cada tipo de muestra ensayado, determinación de la reproducibilidad y exactitud del método propuesto y comparación de este método con los métodos clásicos utilizados para la determinación de cada elemento.

- Control de la disolución nutritiva empleada a lo largo de un ciclo de cultivo completo con la metodología propuesta. Como resultado de este control y las correspondientes adiciones de elementos realizadas a la disolución nutritiva a lo largo del ciclo de cultivo podremos obtener las ecuaciones del balance de cada nutriente en la disolución nutritiva (Peñalosa, 1982), que incluyen el elemento a añadir, la forma en que se realiza la adición, la fecha en que se añade y la cantidad añadida. Estas ecuaciones servirán como modelo para futuras experiencias que se realicen en las mismas condiciones.

En este objetivo incluimos el estudio para distintas variedades del mismo cultivo y para distintas densidades de siembra de cada variedad. Se estudiarán así los efectos de ambos factores en la nutrición de la planta, comparándose los balances nutrientes evolutivos obtenidos en cada caso.

- Obtención de los balances nutrientes evolutivos en planta (savia y hoja), que sirvan como valores de referencia para la interpretación del estado de nutrición del cultivo, en las variedades y densidades de siembra estudiadas. Los análisis correspondientes a la savia se efectuarán "in situ" mediante electrodos selectivos de iones. El análisis foliar se realizará paralelamente como complemento del diagnóstico del estado nutritivo y, sobre todo, para el caso de los oligoelementos, cuya determinación en la savia es más problemática debido a la baja concentración en la que están presentes, así como para definir la causa de síntomas visuales de anomalías nutritivas.

Sin embargo, teniendo en cuenta las dificultades que encierra la utilización sistemática del análisis foliar "in situ", la metodología que proponemos pretende utilizar casi únicamente el análisis de savia para el control de la nutrición de la planta. El nivel de oligoelementos se intentará controlar, en principio, exclusivamente en la disolución nutritiva y, solamente cuando surja la necesidad de su análisis en hoja, éste se llevará a cabo en laboratorios mejor dotados.

- Realización de un esquema final para el control completo de un cultivo, con la significación de los valores de referencia para la interpretación de resultados. Esta metodología será aplicable en un laboratorio de campo, desde el que se podrán controlar simultáneamente un número considerable de invernaderos con una instrumentación sencilla y de bajo coste.

Como objetivos a más largo plazo y para futuros trabajos hemos de señalar :

- Seguimiento en continuo, mediante un computador, de la disolución nutritiva únicamente con los electrodos de pH y Conductividad, que serán los que nos marquen la pauta a seguir en cuanto a la necesidad de la medida de los elementos para la corrección de su concentración.

- Utilización de estos métodos para el estudio de los factores limitantes de la fertilidad de un suelo, basándonos en el estudio simultáneo y comparativo de un cultivo en suelo y otro hidropónico, de referencia, simulando en el invernadero las condiciones climáticas de la zona de la que procede el suelo.

- Hallar las disoluciones nutritivas óptimas para hidropónicos de diversos cultivos, tanto ornamentales como hortícolas.

- Aplicación de la metodología propuesta al control de la fertilización mediante riego por goteo (fertigación) y en el sistema "nutrient film".

MATERIALES Y METODOS

2.1. Determinación de elementos mediante electrodos selectivos de iones

Las ventajas que ofrece la utilización de electrodos selectivos pueden resumirse de la siguiente manera :

- Medida rápida y simple para un número reducido de muestras, y una corrección inmediata de la disolución nutritiva. . Es evidente que la utilización de sistemas instrumentales complejos, como autoanalizadores, no resulta rentable para la medida de pocas muestras.
- Medida directa, en serie, sin preparación previa de la muestra y sin necesidad de añadir reactivos (Carleton y col., 1976).
- Ausencia de interferencias por el color, la turbidez de la muestra o las interacciones entre iones, tal como se demostrará en el presente trabajo.

Como desventaja hemos de citar el hecho de que normalmente el límite de detección de los electrodos selectivos es del orden de 10^{-5} M, lo que no permite su aplicación para la medida de oligoelementos.

Se han comenzado a utilizar los electrodos selectivos en la determinación en extractos de suelo (Cantliffe y col., 1970; Carlson, 1971), sin embargo, aún no se ha profundizado en el estudio de las posibles interferencias y ventajas frente a otros métodos convencionales, desde el punto de vista de su aplicación para determinar iones en disoluciones nutritivas y en extractos de planta para la medida directa y continua en serie.

Para la puesta a punto de la metodología con electrodos selectivos de iones y la medida directa en muestras de disolución nutritiva y savia, se han empleado los siguientes electrodos de medida, de referencia, disoluciones de relleno de éstos últimos y disoluciones ajustadoras de la fuerza iónica (ISA) :

Nitrato

Electrodo sensible a nitrato de membrana líquida, ORION, - ref. 93-07.

Electrodo de referencia de unión doble, Orion, ref. 91-02, utilizando como disolución de relleno una dilución 1/50 de la disolución ISA.

ISA : sulfato amónico 2 M.

Cloruro

Electrodo sensible a cloruro, de estado sólido, ORION, ref. 94-17.

Electrodo de referencia de unión doble, ORION, ref. 91-02, utilizando como disolución de relleno la suministrada por la casa ORION, ref. 90-00-01.

ISA : nitrato sódico 5 M.

Potasio

Electrodo sensible a potasio, de membrana líquida, ORION, - ref. 93-19.

Electrodo de referencia de unión simple, ORION, ref. 90-01,

utilizando como disolución de relleno una dilución 1/50 de la di solución ISA.

ISA : cloruro sódico 6 M.

Calcio

Electrodo sensible a calcio, de membrana líquida, ORION, ₃ ref. 93-20.

Electrodo de referencia de unión simple, ORION, ref. 90-01, utilizando como disolución de relleno cloruro potásico 4 M saturado con plata.

ISA : cloruro potásico 4 M.

Sodio

Electrodo sensible a sodio, de vidrio, ORION, ref. 97-11.

Electrodo de referencia de unión doble, ORION, ref. 91-02, utilizando como disolución de relleno cloruro amónico al 0,5 %

ISA : cloruro amónico al 20 %, añadiendo 5 ml. de hidróxido amónico concentrado por cada 100 ml.

Calcio + Magnesio

Electrodo sensible a calcio + magnesio, de membrana líquida, ORION, ref. 93-32.

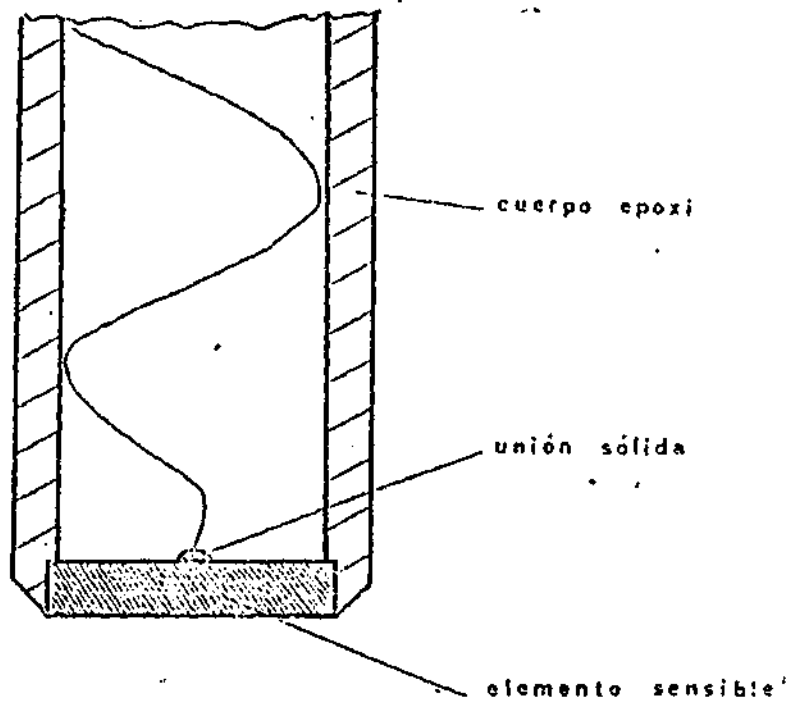
Electrodo de referencia de unión simple, ORION, ref. 90-01, utilizando como disolución de relleno cloruro potásico 4 M.

No necesita la utilización de ISA.

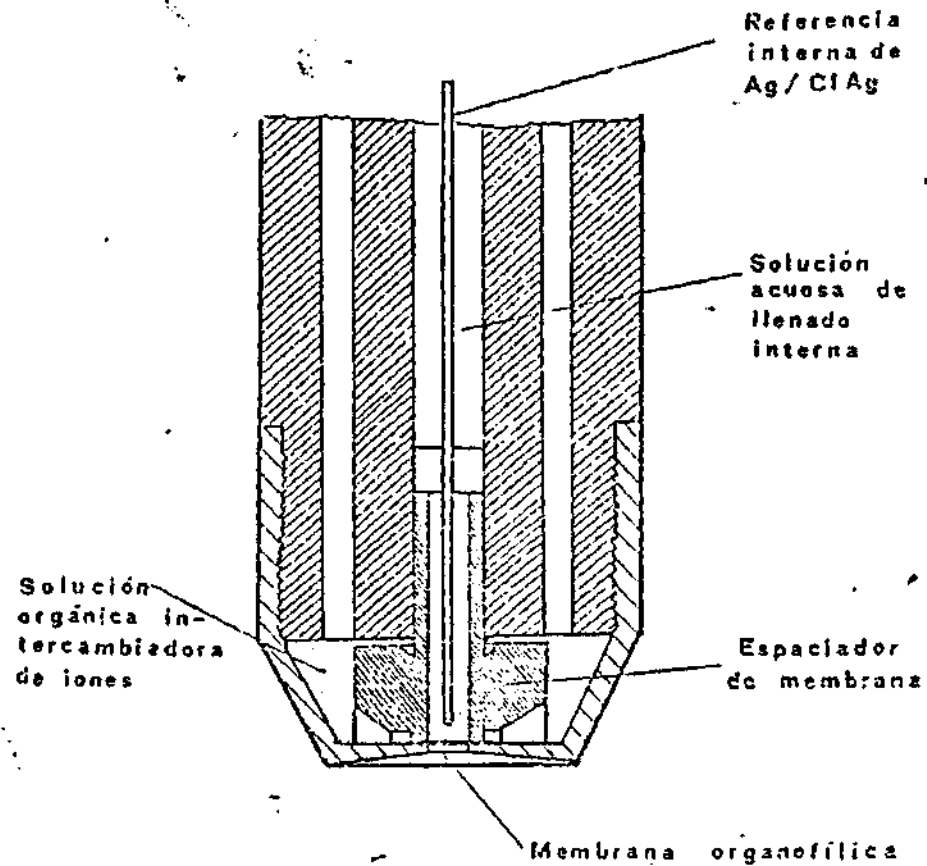
Aparato de medida

Los electrodos se conectaron a un medidor digital de pH/mV, ORION, ref. 701 A, con precisión en las medidas de $\pm 0,1$ mV.

En las fig. 1 y 2 se observa un esquema de cada uno de los tipos de electrodos utilizados, en el primer caso en cuanto a electrodos sensibles y en el segundo en cuanto a electrodos de referencia.

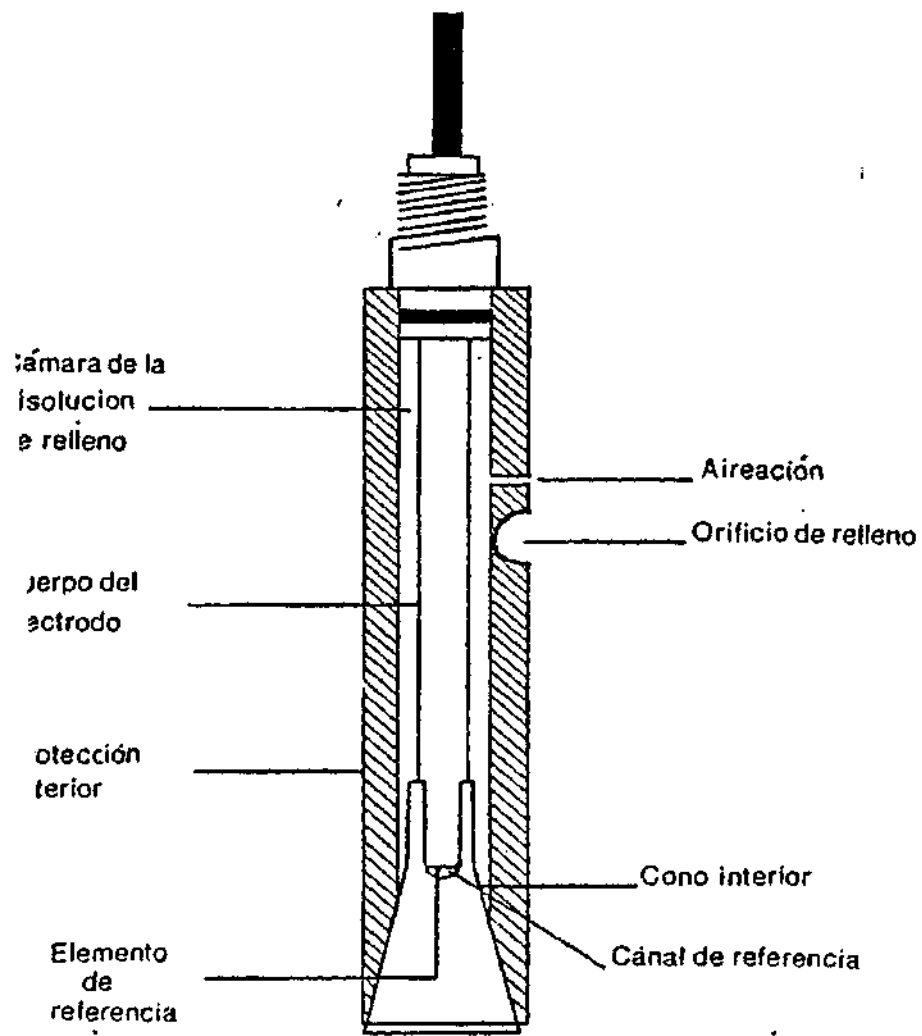


Electrodo de membrana sólida

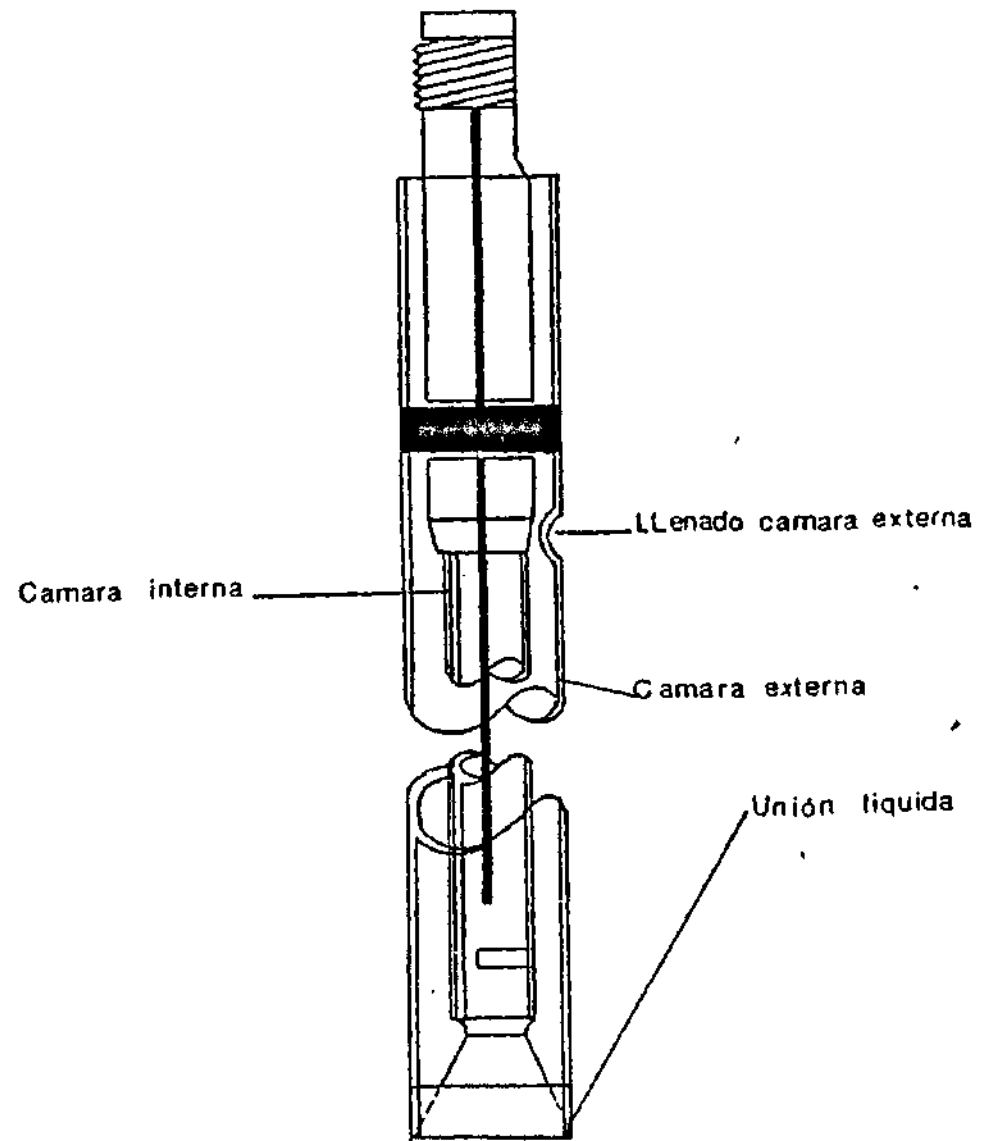


Electrodo de membrana líquida

Figura 1.- Electrodo sensibles.



Electrodo de referencia de unión simple



Electrodo de referencia de doble unión

Figura 2.- Tipos de electrodos de referencia.

Para las determinaciones indirectas con electrodos selectivos se han utilizado los siguientes :

Valoración de fosfato

Electrodo sensible a fluoruro, de estado sólido, ORION, ref. 94-09.

Electrodo de referencia de unión simple, ORION, ref. 90-01, con disolución de relleno ORION ref. 90-00-01

Agente precipitante de fosfato : nitrato de lantano 10^{-2} M, preparado en un medio tamponado AcH-AcNa 1M, que contiene cloruro bórico 10^{-1} M como agente precipitante de los sulfatos presentes en las muestras, con el fin de que éstos no interfieran en la valoración.

Agente valorante del lantano en exceso : fluoruro sódico $3 \cdot 10^{-2}$ M.

Valoración de sulfato

Electrodo sensible a plomo, de estado sólido, ORION, ref. 94-82.

Electrodo de referencia de unión doble, ORION, ref. 90-02, con disolución de relleno nitrato sódico 1M en metanol al 50 %.

ISA : nitrato sódico 5 M.

Agente valorante de sulfato: nitrato de plomo de diez a veinte veces más concentrado que la máxima concentración de sul-

fato presente, en metanol al 50 %.

Para la determinación más exacta del punto de equivalencia, en estas valoraciones, se ha utilizado la representación en papel gráfico de Gran, que permite linealizar los datos obtenidos en una valoración potenciométrica y localizar de forma fácil y precisa el punto de equivalencia (Gran, 1950,1952).

La respuesta de un electrodo selectivo a su correspondiente ión A, en una disolución libre de interferencias y de coeficiente de actividad constante, viene dada por la ecuación de Nerst:

$$E = E^{\circ} \pm S \log (A)$$

Donde S es la pendiente de la respuesta del electrodo en un gráfico semilogarítmico E - A.

Reorganizando términos y tomando antilogaritmos, resulta :

$$E/S = E^{\circ}/S \pm \log (A) \quad \text{ó} \quad \text{antilog } E/S = E_1 \cdot (A)$$

Donde $E_1 = \text{antilog } (E^{\circ}/S) = \text{constante}$.

Luego, la representación de los valores de antilog (E/S) en el eje de ordenadas frente a (A) en abcisas resulta una línea recta.

En una valoración potenciométrica, la concentración de A, - ya sea el agente valorante o el sustrato de la valoración, es - función lineal del volumen de valorante añadido, por lo que éste puede sustituir a los valores de concentración en la representación. Así se construye el gráfico de Gran.

Si extrapolamos la línea recta obtenida a partir de los datos de la valoración hasta el punto en que corta con el eje de abcisas, éste punto corresponde obviamente a una concentración cero de A, siendo por lo tanto el punto de equivalencia de la valoración. Podemos, por lo tanto, prescindir de los datos de potencial en las cercanías del punto de equivalencia, siendo suficiente los tomados una vez sobrepasado éste.

ORION Inc. (1970) ha diseñado un papel especial para hacer las representaciones de Gran de una manera cómoda y precisa. El eje de ordenadas es antilogarítmico y está graduado de forma que los valores de potencial representados se convierten directamente en antilog (E/S) (el papel incluye para ello un valor teórico de S, 58 mV para iones monovalentes y 29 mV para iones divalentes). Además el papel corrige automáticamente los cambios de volumen en la muestra original de hasta un 10 % sobre el volumen inicial, agrandando las divisiones del eje de ordenadas en un 10% de izquierda a derecha del papel.

En los resultados correspondientes a las valoraciones de sulfato y fosfato con electrodos sensibles a plomo y fluoruro, respectivamente, puede observarse el modo de utilización de los gráficos de Gran.

2.2. Experiencias en invernadero

Se ha utilizado un invernadero Hiberlux H-9, formado por secciones de 5,306 m de largo por 9 m de ancho cada una. La altura de hombros es de 2,50 m y la pendiente del 40 %.

Las dimensiones del invernadero son : 26,53 m de largo por 9 m de ancho. La superficie total cubierta es de 258,66 m².

El cerramiento es lateral, frontal y superior y está realizado mediante el acoplamiento de distintos perfiles de aluminio extrusionado. La estructura de sostenimiento está galvanizada al fuego. El vidrio es impreso catedral hortícola de 4,5 mm de espesor.

Está equipado con un chasis de ventilación continua a ambos lados de la cumbrera y en uno de los laterales.

El invernadero está dividido en cuatro compartimentos por tres mamparas con los mismos perfiles que el invernadero y acristalados con vidrio doble transparente. El último de estos compartimentos fue el utilizado en nuestras experiencias.

La instalación de refrigeración es del tipo "cooling-system" basada en la rápida capacidad de evaporación del aire húmedo en un ambiente de temperatura elevada. Esta instalación es independiente en cada compartimento y consiste en un sistema de ventilación y refrigeración controlado mediante el paso de aire caliente y seco del exterior hacia el interior a través de paneles humidificadores

La calefacción se efectúa mediante el paso de agua caliente a 90 °C, suministrada por una caldera Teccal modelo P-150, con un quemador tipo Lamborghini. Como instalación petrolífera existe un depósito de almacenaje de Gasóleo C de 5.000 l. de capacidad.

La humedad se mantiene por medio de riegos al suelo realizados mediante aspersores.

Existe también una calefacción de apoyo por sistema de ventilación a través de resistencias eléctricas.

Las condiciones climáticas en cada compartimento se mantienen mediante mandos centralizados en armarios. Durante el desarrollo de nuestras experiencias, las condiciones se mantuvieron dentro de los siguientes límites :

Temperatura : 17 - 33 °C

Humedad relativa : 55 -80 %

Disposición de la experiencia de variedades y densidades de siembra

El cultivo se realizó en 24 balsas de uralita de 0,66 x 0,90 m. (0,60 m²) y 0,25 m. de profundidad de lecho, utilizando como soporte 200 Kg. de arena de cuarzo lavada con una granulometría comprendida entre 2-4 mm.

De las 24 balsas de cultivo, 12 se ocuparon por tomate variedad Marglobe y 12 por tomate variedad Super-Roma. Las 12 de cada variedad correspondían a cuatro repeticiones de tres densi-

dades de plantación diferentes : 4, 6 y 9 plantas/balsa, que teniendo en cuenta el espacio total del invernadero equivalen a 4, 6 y 9 plantas/m². Las balsas se distribuyeron en el invernadero en bloques al azar, como se indica en la fig. 3.

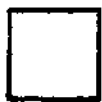
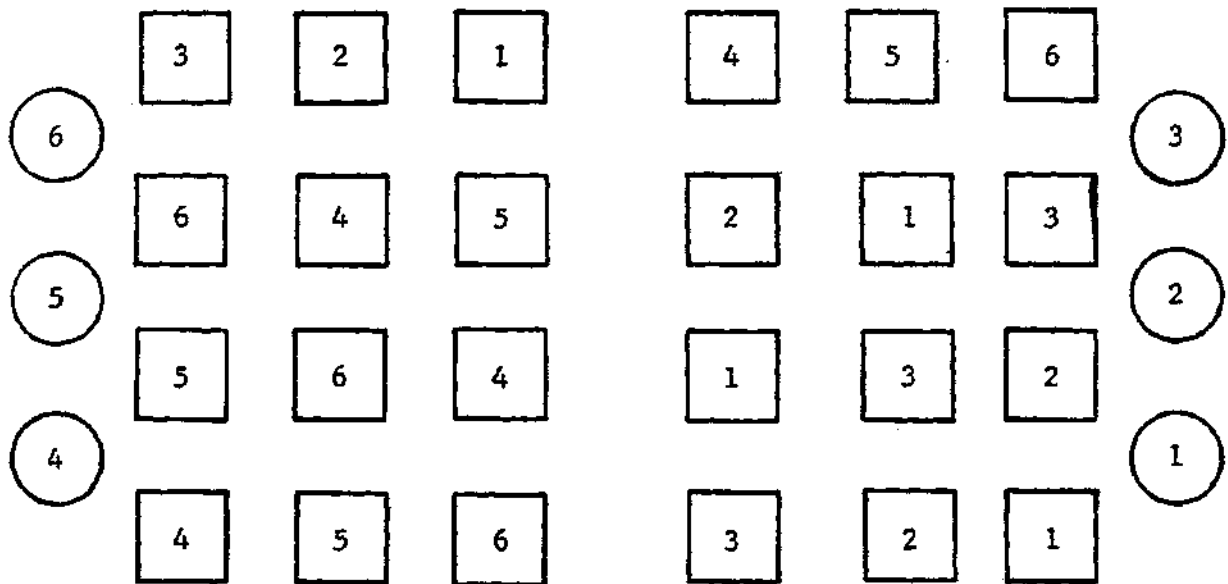
En el sótano del invernadero se dispusieron seis depósitos con una capacidad de 1.000 l. cada uno, que contenían la disolución nutritiva. Cada depósito alimentaba a las cuatro balsas de cultivo del mismo tratamiento (igual variedad e igual densidad de siembra).

La disolución nutritiva es impulsada mediante una bomba hasta la parte superior de la balsa de cultivo. Posteriormente vuelve al depósito por gravedad.

Debido a que la altura que ha de superar la disolución nutritiva desde el depósito hasta la parte superior de la balsa es aproximadamente de 3 m., hubo que colocar dos bombas de impulsión en cada depósito de disolución nutritiva, alimentando cada bomba a dos balsas de cultivo, dado que la potencia de una bomba no era suficiente para alimentar a las cuatro balsas de cultivo correspondientes a cada depósito.

Los riegos, o puesta en marcha del mecanismo de recirculación de la disolución nutritiva, se controlaron mediante un reloj temporizador conectado a las bombas. En este tipo de reloj puede programarse un periodo de 24 horas en fracciones de 1/2 hora. La frecuencia de los riegos varió a lo largo del ciclo de cultivo, siendo mayor al principio de la experiencia y reduciéndose a medida que la planta crecía y aumentaba su desarrollo radicular.

Figura 3.- Disposición de la experiencia



- Balsas de cultivo



- Depósitos de disolución nutritiva

<u>Número</u>	<u>Variedad</u>	<u>Densidad de siembra</u>
1	Marglobe	4
2	Marglobe	6
3	Marglobe	9
4	Super-Roma	4
5	Super-Roma	6
6	Super-Roma	9

Nada más realizarse el trasplante se programó un riego cada cuatro horas durante el día y cada seis horas durante la noche. Al final de la experiencia se realizaban solamente tres riegos diarios.

Hemos de señalar dos grandes ventajas de este dispositivo :

- Al recuperar la disolución nutritiva resulta más económico el cultivo. Por otra parte, debido a su constante movimiento, sólo es necesario el control en el depósito de 1.000 l., lo que puede ser realizado en el propio invernadero y por una sola persona.
- Las balsas, de gran tamaño, permiten un desarrollo de las plantas mayor que si fueran cultivadas en tiestos, lo que puede ser equiparado al cultivo en el campo.

Semillero

El sustrato para la germinación de las semillas fué una mezcla, al 50 % en volumen, de turba y arena de cuarzo. Esta mezcla fué desinfectada con Vapam dos semanas antes de realizar la siembra. Las semillas se introducen aproximadamente a 1/2 cm. de profundidad, se satura de humedad y se tapa con un plástico transparente, manteniéndose en un grado de humedad elevado hasta conseguir la germinación. Entonces, se retira el plástico y a partir de este momento se riega el semillero con disolución nutritiva 5 veces diluida.

Las plantas se mantienen en el semillero hasta que alcanzan un tamaño adecuado para el trasplante (10-15 cm. de altura), lo que requiere, aproximadamente entre 20 y 30 días.

Trasplante

Una vez que las plantas han alcanzado el tamaño adecuado se sacan del semillero con gran cuidado para no dañar las raíces, se lavan éstas con agua para quitar la turba y la arena que quedara adherida a ellas y se plantan en las balsas de cultivo.

Disolución nutritiva

Se utilizó una disolución nutritiva standard que contenía todos los elementos esenciales a los niveles más altos posibles, dentro del intervalo de normalidad. Será así mayor el intervalo de tiempo que transcurra hasta que sea necesario hacer correcciones a la disolución.

En la tabla 3 se indica la composición de la disolución nutritiva empleada.

Preparación de la disolución nutritiva

Se prepararon disoluciones concentradas de cada una de las sales por separado, lo cual no era necesario para la preparación inicial de la disolución nutritiva, pero sí resultaba muy útil posteriormente, para realizar las correcciones necesarias en la disolución nutritiva de cada uno de los elementos según el distin

Tabla 3.- Composición de la disolución nutritiva

Macroelementos (meq./l.)

	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	SO ₄ ⁼	Cl ⁻	total
Ca ⁺⁺	11				11
K ⁺	5	2	2		9
Mg ⁺⁺			3		3
Na ⁺				8 (κ)	8
total	16	2	5	8	31

Oligoelementos (ppm.)

Fe - 1,00 Zn - 0,25
Mn - 1,00 B - 0,50
Cu - 0,25 Mo - 0,20

pH - 5,7-6,5

(κ) Se aplicó una dosis alta de cloruro sódico para realizar la experiencia en condiciones similares a las de los invernaderos convencionales, ya que en las Comarcas donde normalmente están situados el agua de riego es salina.

to ritmo de consumo por parte de la planta.

Preparamos disoluciones 200 veces concentradas de cada una de las sales que constituyen los macroelementos y disoluciones - 1.000 veces concentradas de cada uno de los oligoelementos, excepto la correspondiente al hierro que se preparó 500 veces concentrada por problemas de solubilidad del complejo (forma en que se añade este elemento).

Para preparar inicialmente la disolución nutritiva se tomaron las partes alícuotas correspondientes de las disoluciones - concentradas y se llevó a volumen con agua.

Experiencia para determinar las ecuaciones del balance de necesidades de nutrientes en la disolución nutritiva

Hemos realizado esta segunda experiencia en invernadero con el fin de completar la metodología que proponemos en nuestro estudio. Los objetivos pueden concretarse en una doble vertiente. Por una parte se trata de aplicar el control de cultivo a condiciones de experimentación para realizar trabajos de investigación en Nutrición Vegetal. Por otra parte, pretendemos definir las ecuaciones de las necesidades nutritivas en la disolución nutritiva para establecer una normativa que nos permita conocer "a priori" las correcciones a realizar durante un cultivo hidropónico.

El ensayo se llevó a cabo con la variedad y densidad de - siembra elegidas como más idóneas según los resultados de la pri

mera experiencia (variedad Marglobe, densidad de siembra 4). Se redujeron notablemente el número de tomas de muestra y análisis realizados, que en el primer caso fueron muy numerosos con el fin de normalizar las épocas idóneas de corrección de la disolución nutritiva.

La cantidad de cloruro sódico que contenía la disolución nutritiva en la primera experiencia era alta, pues se pretendían reproducir en lo posible las condiciones existentes en los invernaderos convencionales de nuestro país. En esta segunda experiencia se utilizó, además, agua desmineralizada para la reposición del nivel en los depósitos de disolución nutritiva y se redujo considerablemente el nivel de cloruro sódico debido a los dos objetivos que se pretenden alcanzar, según hemos indicado antes.

En la tabla 4 se indica la composición de la disolución nutritiva empleada en esta segunda experiencia.

El resto de condiciones a que fué sometido el cultivo, tanto condiciones físicas como operaciones de control y análisis realizados fueron idénticos en ambas experiencias.

Tabla 4.- Composición de la disolución nutritiva

Macroelementos (meq./l.)

	NO_3^-	PO_4H_2^-	$\text{SO}_4^{=}$	Cl^-	total
Ca^{++}	11				11
K^+	5	2	1		8
Mg^{++}			3		3
Na^+				1	1
total	16	2	4	1	23

Oligoelementos (ppm.)

Fe : 2,5

Mn : 0,5

Cu : 0,2

Zn : 0,2

B : 0,5

Mo : 0,1

2.2.1. Control de la experiencia

2.2.1.1. Control de la disolución nutritiva

Reposición del nivel de agua

Dado que la planta consume a mayor velocidad el agua que los nutrientes, lo que da lugar a una concentración salina excesiva - de la disolución nutritiva, con el consiguiente perjuicio para la planta debido al aumento de presión osmótica de la disolución, se repuso el agua gastada dos veces por semana, llevando cada vez al volumen inicial de 1.000 l. en cada uno de los depósitos.

Esta adición ha de realizarse antes de cualquier análisis de la disolución nutritiva, pues los datos obtenidos han de ser referidos al volumen inicialmente puesto de disolución. Posteriormente debemos recircular la disolución para asegurarnos su homogeneización antes de proceder al análisis de la misma.

Análisis de elementos, pH y Conductividad

Para mantener la concentración de cada uno de los elementos, así como los valores de pH, dentro de los márgenes del intervalo de normalidad, se procedió a análisis periódicos de la disolución nutritiva.

De los datos procedentes de la bibliografía, así como de experiencias previas realizadas por nosotros, fijamos previamente - los márgenes de variación permitidos para cada elemento, así como la frecuencia con que había que realizar, en principio, la de-

terminación de cada uno de los elementos, teniendo en cuenta - que el ritmo de absorción de cada elemento es distinto y que, además, varía a lo largo del ciclo de cultivo para un mismo elemento.

En la tabla 5 indicamos los márgenes de variación permitidos y la frecuencia de determinación de cada elemento.

La toma de muestra de disolución nutritiva se realizó después de la reposición del nivel con agua y el homogeneizado de la misma. Se tomó una muestra de 100 ml. de cada uno de los depósitos y se realizaron los análisis correspondientes en la misma de una forma rápida, con el fin de realizar las correcciones necesarias en el menor intervalo de tiempo posible. De este modo conseguimos mantener los niveles de elementos en la disolución dentro de los intervalos de normalidad fijados y con pocas variaciones a lo largo de todo el ciclo de cultivo.

Análisis de nitrato, cloruro, calcio, potasio, magnesio y sodio.

Estas determinaciones se realizaron mediante electrodos selectivos. Anteriormente se indicaron ya los electrodos de medida, de referencia, las disoluciones de relleno y las disoluciones ISA utilizadas en cada caso.

Determinación de hierro, manganeso, cobre y zinc.

Se realizaron mediante espectrofotometría de Absorción Atómica, en un aparato Perkin Elmer, modelo 4000. Las condiciones

Tabla 5.- Intervalos de variación permitidos y frecuencia de análisis.

<u>Elemento</u>	<u>Intervalo</u>	<u>Análisis</u>
N (NO_3^-)	16-11 meq./l.	Cada semana
P (PO_4H_2^-)	2-1 "	Cada semana
Cl^-	8-6 "	Cada dos semanas
S (SO_4^-)	5-3 "	Cada dos semanas
Ca^{++}	11-8 "	Dos veces/semana
K^+	9-6 "	Cada semana
Mg^{++}	3-1,5 "	Cada dos semanas
Na^+	8-6 "	Cada dos semanas
Fe	1-0,5 ppm.	Cada dos semanas
Mn	1-0,5 ppm.	Dos veces/semana
Cu	0,25-0,1 "	Cada dos semanas
Zn	0,25-0,1 "	Dos veces/semana
B	0,5-0,2 "	Cada dos semanas
Mo	0,25-0,05 "	Cada dos semanas
pH	5,7 - 6,5	Dos veces/semana

experimentales para cada elemento se describen en la tabla 6, - siendo las recomendadas por el Comité Interinstitutos (1969) con las variaciones necesarias para adaptar los métodos al aparato - de medida de que disponemos.

Tabla 6.- Determinación de elementos mediante Absorción Atómica.

<u>Elemento</u>	<u>Lámpara</u>	<u>Longitud de onda (nm.)</u>	<u>Rango de medida</u>
Fe	Perkin Elmer 6037	248,3	0 - 5 ppm.
Mn	Perkin Elmer 6043	279,5	0 - 2 "
Cu	Perkin Elmer 6024	324,8	0 - 5 "
Zn	Perkin Elmer 6081	213,9	0 - 1 "

Determinación de fósforo

Se realizó por medio de la medida de la intensidad del color amarillo del complejo formado en medio ácido con molibdato y vanadato amónicos. La absorbancia fué medida manualmente en un colorímetro Beckman (Association of Official Analytical Chemists, 1970).

Determinación de sulfato

Medida turbidimétrica de sulfatos, según el método de Lachi ca, descrito por Hernando y Cadahía (1973), basada en la precipi

tación como sulfato de bario y manteniendo el precipitado en suspensión mediante la adición de un agente tensioactivo (Tween-80). La medida de la turbidez de la disolución resultante se realizó a una longitud de onda de 410 nm. en un espectrofotómetro Beckman modelo Acta CIII.

Determinación de boro

Basada en la intensidad del color amarillo del complejo formado con Azometina-H. La determinación se realizó de forma manual, midiéndose las absorbancias obtenidas en un colorímetro Beckman. (Lachica, 1965).

Determinación de pH

Se realizó con un electrodo combinado ORION, modelo 91-02, conectado a un pH-metro ORION modelo 701 A.

Medida de la conductividad

Se realizó en un conductímetro Metrohm Herisau, modelo E520.

Determinación de molibdeno

Se realizó mediante espectrofotometría de Absorción Atómica, utilizando cámara de grafito, en el Departamento de Geoquímica de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Madrid.

2.2.1.2. Correcciones a la disolución nutritiva

Una vez realizados los análisis, se comparan los resultados obtenidos con los intervalos de normalidad y, en el caso de que algún elemento se encuentre próximo al límite inferior de dicho intervalo, se procede a añadir la parte correspondiente de disolución concentrada para llegar al valor máximo del intervalo de normalidad.

Dado que algunos elementos se pueden añadir en más de una forma (por ejemplo el nitrato puede añadirse en forma de nitrato potásico o nitrato cálcico), es preciso comparar con el intervalo de normalidad las concentraciones de los iones que acompañan al ión a añadir para decidir en qué forma se adiciona éste o si es conveniente hacerlo en ambas formas. Es decir, no debemos añadir todo el nitrato que nos falta como nitrato potásico si al hacerlo así el valor de la concentración de potasio llega a superar el valor mayor del intervalo de normalidad propuesto.

2.2.2. Análisis de muestras vegetales. Toma de muestras.

El diagnóstico del estado de nutrición de las plantas se realizó mediante análisis periódicos de hoja y savia.

La toma de muestra para realizar estos análisis se realizó en cada una de las balsas por separado, comenzando a las cuatro semanas después del trasplante (época en la que ya existían botones florales) y realizando toma de muestra cada semana a partir de esta fecha y hasta llegar a la plena maduración de los frutos.

Toma de muestra de hoja

De cada una de las balsas se toman una serie de hojas, al azar, pero teniendo en cuenta las indicaciones dadas para que la muestra sea representativa (hojas adultas, totalmente desarrolladas pero no viejas, es decir recientemente maduras, lo más cerca posible del pomo floral, tomando hojas de todas las plantas de cada balsa, etc.). (Hernando y Cadahía, 1973).

Se separan hojas de peciolo y a cada hoja se le quitan los nervios. Después de lavadas, las hojas se introducen en una estufa a 80 °C hasta peso constante.

La hoja seca se pulveriza y homogeneiza y se introduce en una bolsa de plástico, donde se almacenará hasta realizar los análisis correspondientes.

Toma de muestra de savia

Los pecioloos de las hojas utilizadas para obtener la muestra de hoja se trocean e introducen en un frasco de polietilieno, recubriéndolas con éter etílico. Se depositan en un congelador a temperatura de unos -20°C , donde se mantendrán hasta proceder a la extracción.

El éter etílico sirve como extractante de la clorofila contenida en los pecioloos. Al mantenerlo a temperatura de congelación se anulan prácticamente todos los procesos enzimáticos, que si ocurrieran durante el tiempo de almacenamiento nos desvirtuarían los análisis.

El jugo contenido en estos tejidos, al que denominaremos savia, se extrae por medio de una pequeña prensa mezclado con el éter. Savia y éter se separan por inmiscibilidad en un embudo de decantación.

La savia obtenida puede conservarse congelada hasta su análisis.

2.2.2.1. Análisis foliar

Se realiza sobre el polvo de hoja seco mediante mineralización por vía seca en un horno de mufla a una temperatura de 450-500 $^{\circ}\text{C}$, con posterior disolución de las cenizas obtenidas en ácido clorhídrico 6N.

En la disolución obtenida se pueden realizar las siguientes determinaciones : P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu, Zn y B.

La determinación de nitrógeno total en hoja se realizó mediante mineralización por vía húmeda con ácido sulfúrico por el método Kjeldahl.

Determinación de elementos

Las determinaciones de K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu y Zn se realizan por espectrofotometría de Absorción Atómica. Las condiciones experimentales son las mismas descritas anteriormente para el caso de la disolución nutritiva.

Las determinaciones de P, B y N se realizan mediante colorimetrías utilizando métodos automáticos en un autoanalizador Technicon (Cadahía, 1973; Gárate y col., 1980).

2.2.2.2. Análisis de savia

Una vez realizada la extracción de la savia, ésta se divide en dos fracciones. Una de ellas se mineraliza con ácido sulfúrico y agua oxigenada (Hernando y Cadahía, 1973), para realizar en el mineralizado las determinaciones de calcio y magnesio, mediante espectrofotometría de Absorción Atómica, en las mismas condiciones ya indicadas para el análisis foliar.

La otra fracción simplemente se diluye y se procede a la determinación en ella de : nitrato, cloruro, potasio y sodio mediante electrodos selectivos de iones, en las condiciones que se indican en la puesta en marcha de esta metodología. En esta misma -

fracción determinamos sulfatos y fosfatos, utilizando los métodos descritos para el análisis de la disolución nutritiva.

2.2.2.3. Tratamiento estadístico

Intervalos de confianza : se calculan mediante la expresión :

$$\bar{x} \pm t_i \cdot DT_x$$

Donde :

\bar{x} : Media aritmética de los valores

t_i : valor de "t" de Student correspondiente al nivel de significación i . (Roberts y López-Fanjul, 1974).

DT_x : Desviación típica de la media, definida por :

$$DT_x = \frac{V}{n}$$

Donde V es la varianza. ($V = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}$).

Cálculo de χ^2

Utilizado para obtener el grado de correlación entre distintos métodos de análisis utilizados para la determinación de un mismo elemento (Electrodos selectivos y colorimetría o Absorción Atómica). Se calcula mediante la expresión :

$$\chi^2 = \sum_x \frac{(x - \bar{x})^2}{n}$$

Donde x_e y x_c son los valores obtenidos, para una misma muestra, por los métodos utilizados, y x el valor real de la concentración de la muestra.

RESULTADOS

3.1. Puesta en marcha de los electrodos selectivos de iones de medida directa.

Ha de comprobarse, en primer lugar, el correcto funcionamiento de cada electrodo mediante el chequeo recomendado en cada manual de instrucciones. Consiste en comprobar que la pendiente - que se obtiene para cada electrodo, experimentalmente, coincide con el valor teórico que ha de obtenerse con cada uno de ellos. Recordemos que la pendiente de un electrodo es la diferencia de potencial que se obtiene entre las medidas de dos disoluciones - patrón cuya relación entre los valores de sus concentraciones sea un factor de 10.

En la tabla 7 se indican los valores teóricos de pendiente y los obtenidos experimentalmente con cada uno de los electrodos. En todos los casos se observa un funcionamiento correcto de los electrodos.

Tabla 7.- Comprobación de los valores de las pendientes de los electrodos selectivos

<u>Electrodo</u>	<u>Pendiente teórica</u>	<u>Valor obtenido</u>
NO_3^-	54 \pm 1 mV	56,6 mV
Cl^-	53 -59 mV	54,5 mV
K^+	54 \pm 1 mV	53,5 mV
Ca^{++}	27 \pm 2 mV	27,0 mV
Na^+	53 -59 mV	57,0 mV
$\text{Ca}^{++} \pm \text{Mg}^{++}$	23 \pm 1 mV	22,8 mV

3.1.1. Curvas de calibrado

Es precisa la construcción de una curva de calibrado, con disoluciones patrón de concentración conocida, de cada electrodo, con el fin de comprobar la linealidad entre los valores de potencial obtenidos y los logaritmos de los valores de concentración correspondientes.

Es conveniente la realización de curvas de calibrado con diferentes sales del ión a determinar para comprobar si existe algún efecto en la medida debido al ión acompañante. Además, en nuestro caso, nos interesa también por el hecho de que la disolución nutritiva suele contener varias sales de un mismo ión (Vg.: el ión nitrato se encuentra bajo las formas de nitrato potásico y nitrato cálcico).

En las figuras 4, 5, 6, 7, 8 y 9 se muestran las curvas de calibrado, con dos sales distintas en cada caso, obtenidas con cada electrodo. En el caso del electrodo de calcio y magnesio, en vez de distintas sales se ha comprobado la influencia que pueda tener distintas proporciones de ambos iones.

Los valores obtenidos, para cada par de curvas de calibrado, son prácticamente coincidentes, mostrando además una linealidad casi perfecta en todos los casos, lo cual nos indica que la respuesta del electrodo es correcta y prácticamente independiente de la sal utilizada para preparar los patrones. En las respuestas de los electrodos no influyen, por lo tanto, ni el posiblemente distinto grado de ionización de las sales ni el ión que acompaña al que pretendemos medir.

Figura 4.- Electrodo sensible a nitrato. Curvas de calibrado con diferentes sales.

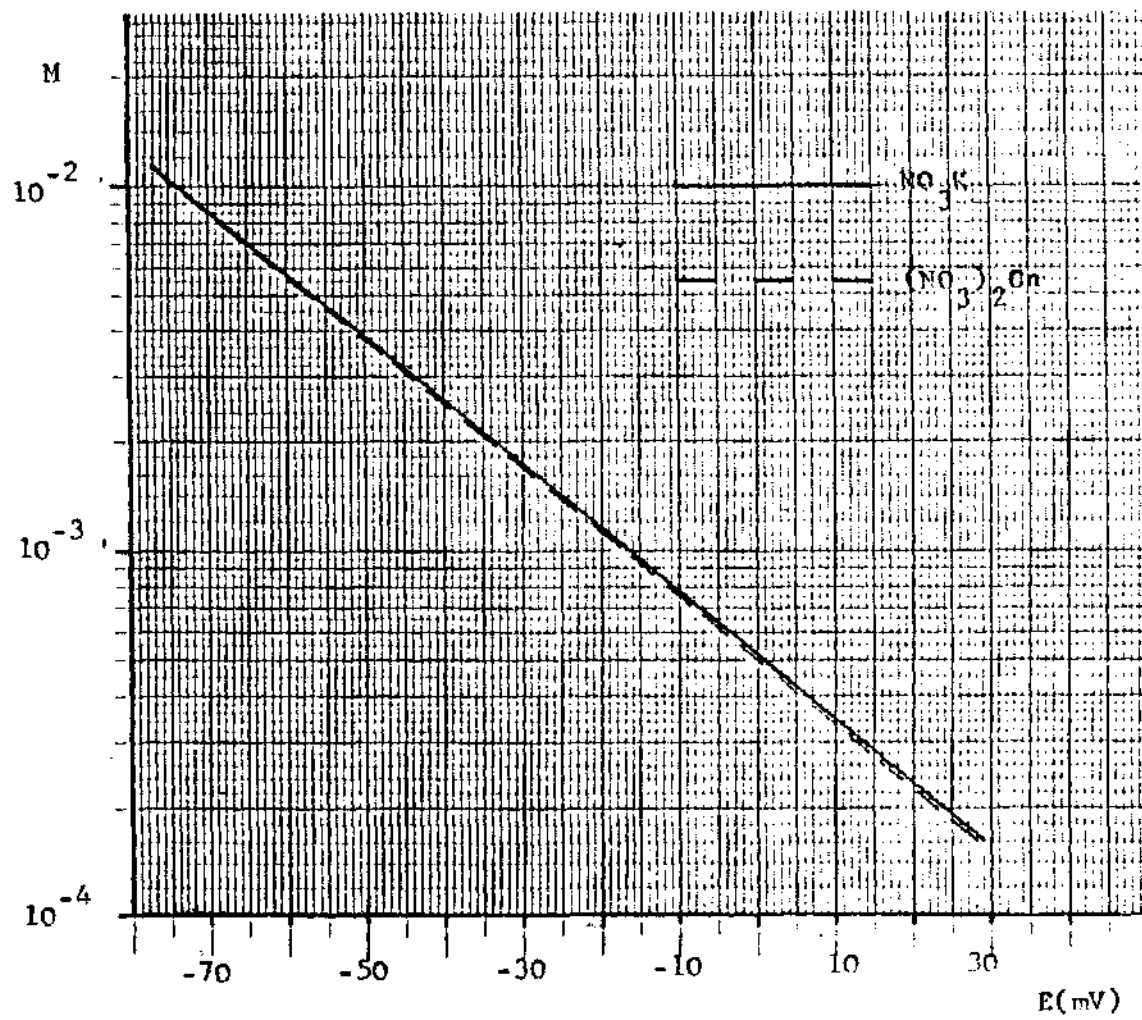


Figura 5.- Electrodo sensible a cloruro. Curvas de calibrado con diferentes sales.

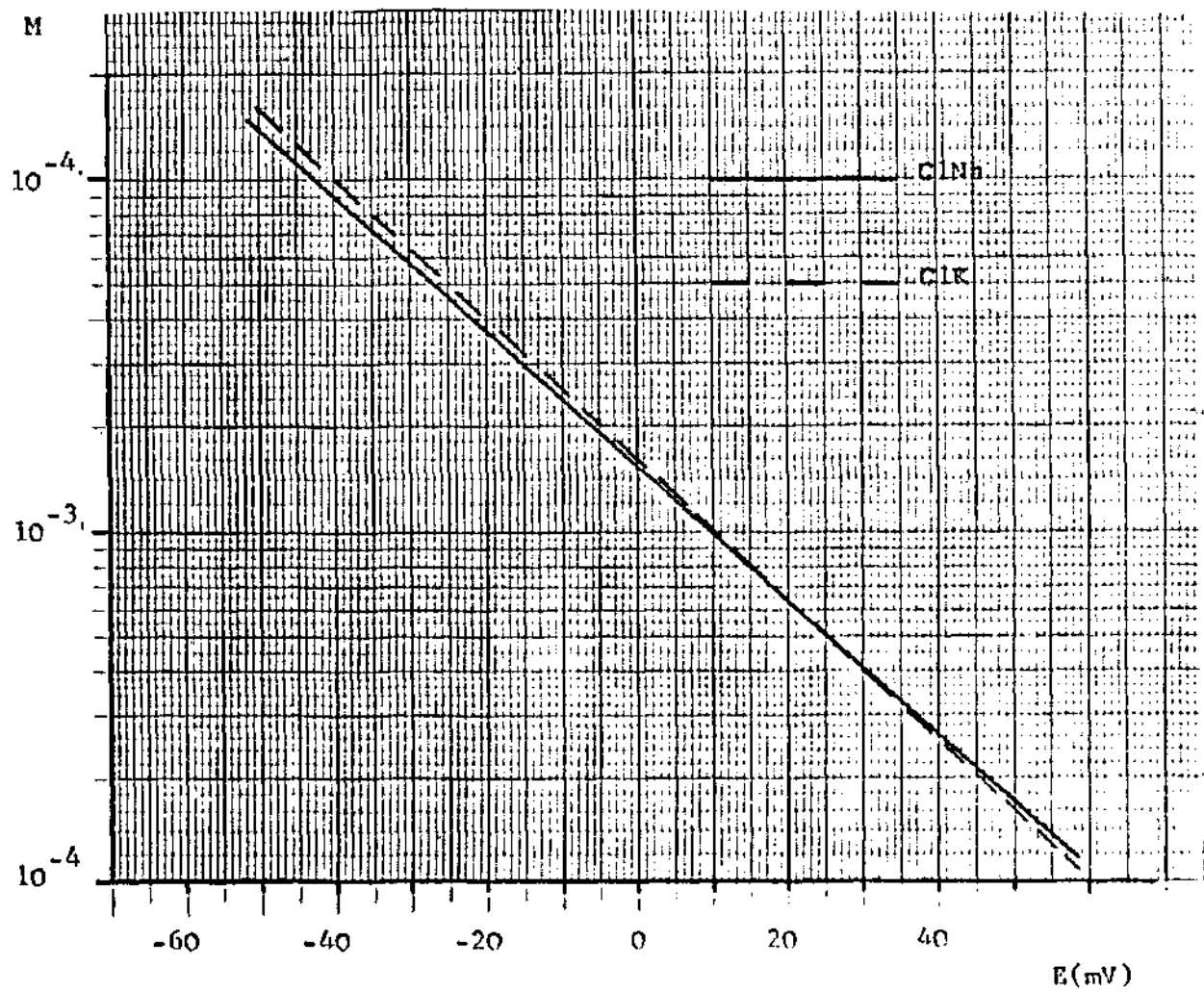


Figura 6.- Electrodo sensible a potasio. Curvas de calibrado con diferentes sales.

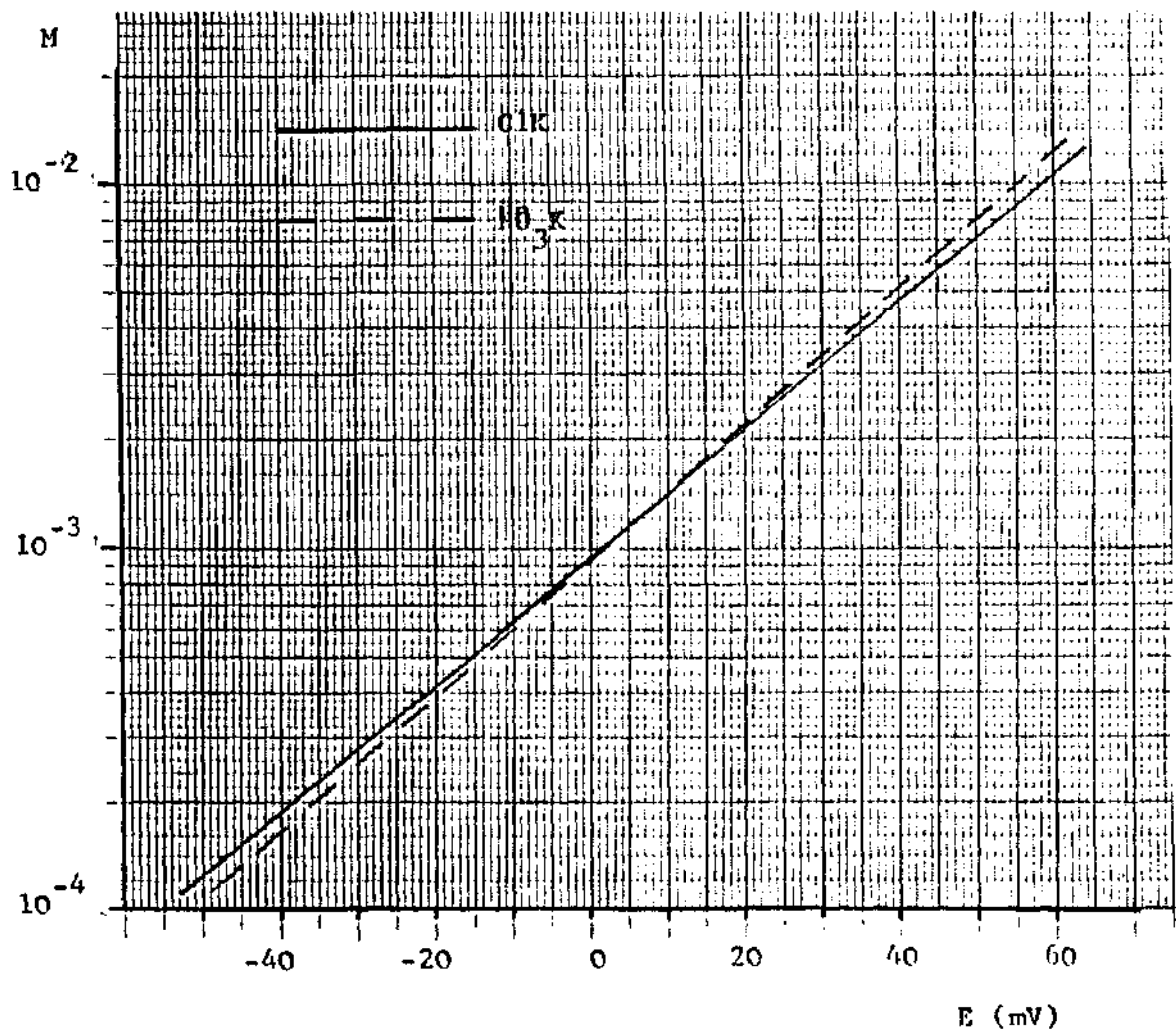


Figura 7.- Electrodo sensible a calcio. Curvas de calibrado con diferentes sales.

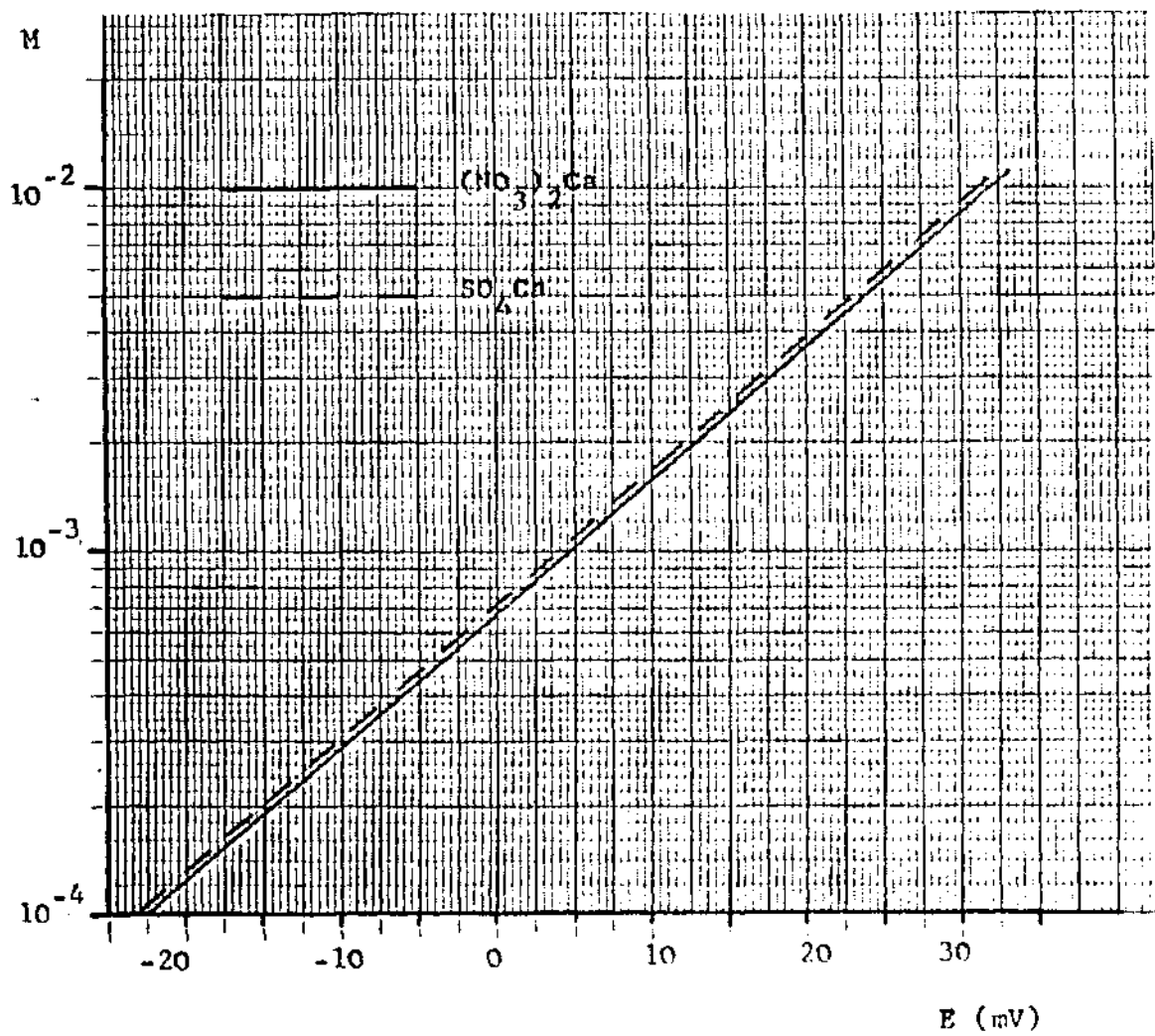


Figura 5.- Electrodo sensible a sodio univariente
calibrado con diferentes

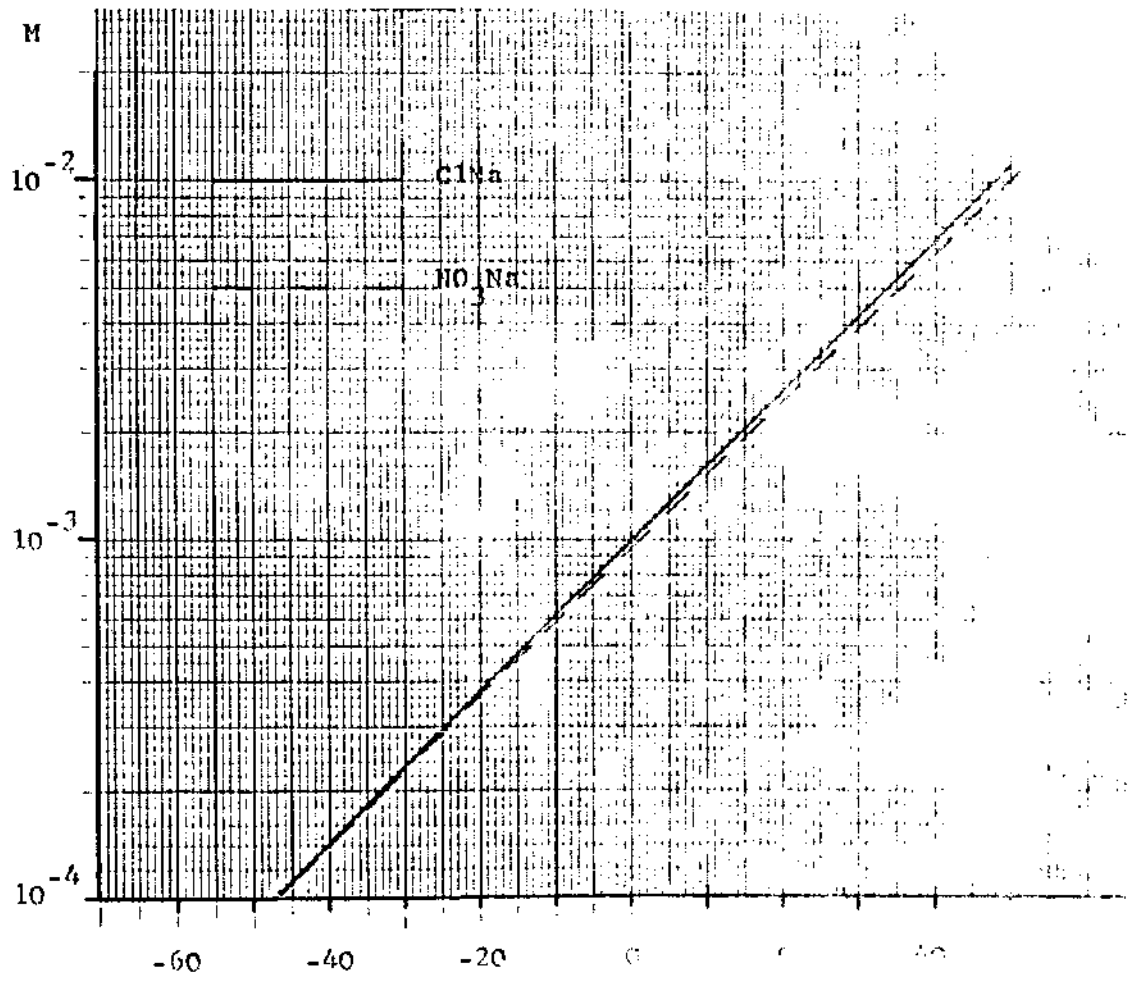
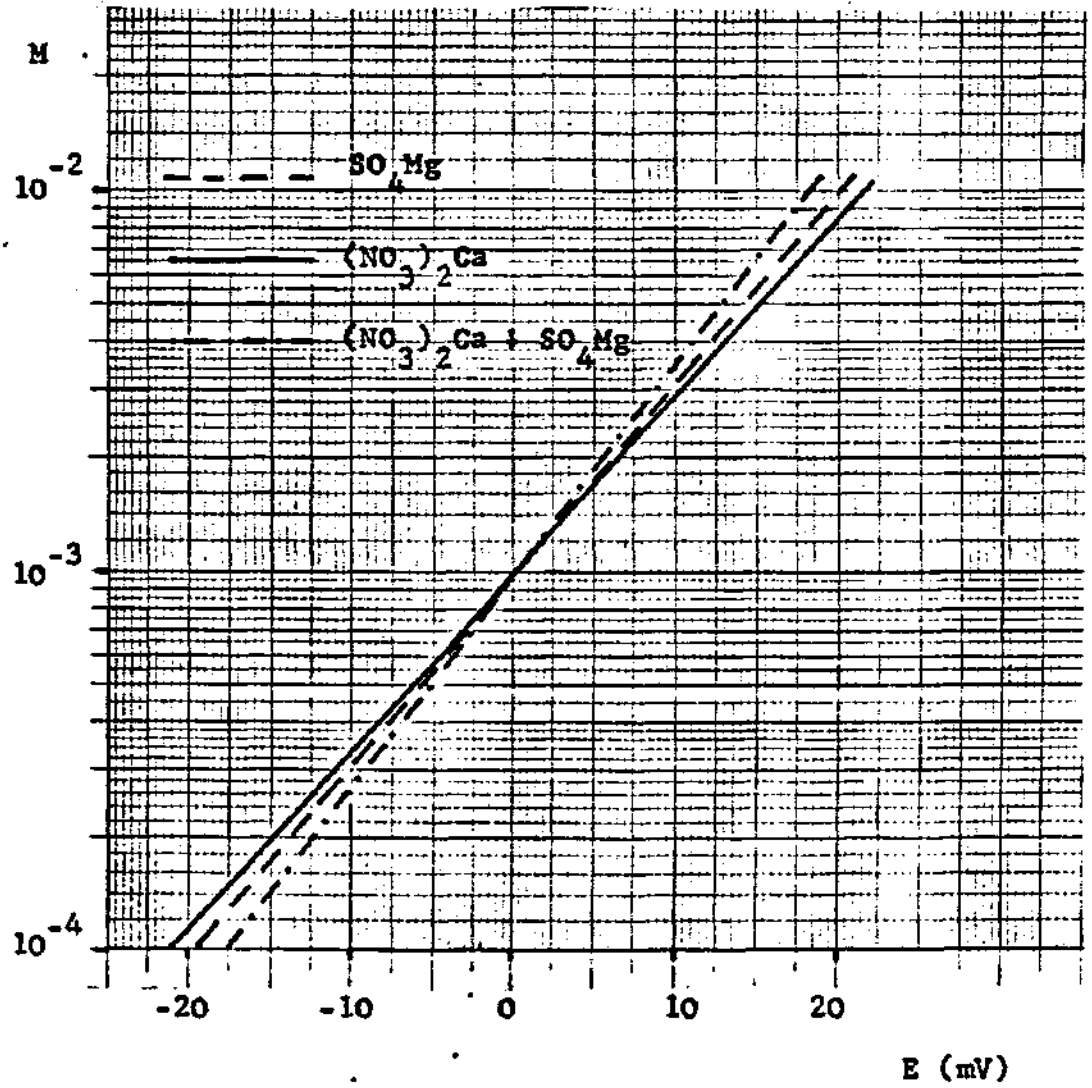


Figura 9.- Electrodo sensible a calcio + magnesio.
Curvas de calibrado.



3.1.2. Estudio de interferencias en muestras de disolución nutritiva.

La primera aplicación que pensamos darle a la metodología con electrodos selectivos de iones es la medida de muestras de disolución nutritiva, por lo que hemos estudiado, en primer lugar, el efecto de los iones que componen la disolución nutritiva sobre la respuesta de cada uno de los electrodos.

Para ello, se prepararon patrones de cada uno de los elementos a medir por duplicado. A una de las series se les añadió únicamente la disolución ajustadora de la fuerza iónica (ISA) y se midieron en el ionanalizador. La otra serie contenía, además, todos los componentes de la disolución nutritiva en la concentración máxima en que pueden encontrarse, salvo, naturalmente, el ión a medir.

En las tablas 8, 9, 10, 11, 12 y 13 se muestran los valores de potencial obtenidos, en ambos casos con cada uno de los electrodos ensayados.

Al comparar los valores de potencial obtenidos con los patrones compuestos sólo por una sal y los compuestos con base de disolución nutritiva, observamos una diferencias tan pequeñas entre ellos que pueden deberse perfectamente a los errores normales en la preparación de las muestras.

Por lo tanto, la adición de las sales componentes de la disolución nutritiva no produce alteraciones significativas en las medidas de los electrodos, por lo que deducimos que en ningún caso suponen interferencias a la hora de determinar la concentración de estos iones en este tipo de muestras.

Tabla 8.- Electrodo sensible a nitrato. Estudio de interferencias en disolución nutritiva.

<u>NO₃⁻ (meq./l.)</u>	<u>NO₃⁻ † ISA</u>	<u>NO₃⁻ † ISA † Dis. Nutr.</u>
1	45,5 mV	46,5 mV
2	28,1 mV	28,6 mV
4	8,7 mV	9,0 mV
6	0,0 mV	0,0 mV
10	-13,2 mV	-12,8 mV

Tabla 9.- Electrodo sensible a cloruro. Estudio de interferencias en disolución nutritiva.

<u>Cl⁻ (meq./l.)</u>	<u>Cl⁻ † ISA</u>	<u>Cl⁻ † ISA † Dis. Nutr.</u>
1	0,0 mV	0,0 mV
2	-12,9 mV	-12,5 mV
4	-30,0 mV	-30,6 mV
6	-40,2 mV	-40,8 mV
10	-53,9 mV	-54,8 mV

Tabla 10.- Electrodo sensible a potasio. Estudio de interferencias en disolución nutritiva.

<u>K⁺ (meq./l.)</u>	<u>K⁺ ‡ ISA</u>	<u>K⁺ ‡ ISA ‡ Dis. Nutr.</u>
1	0,0 mV	0,0 mV
2	17,5 mV	17,0 mV
4	35,7 mV	35,4 mV
6	46,0 mV	45,9 mV
10	58,0 mV	57,5 mV

Tabla 11.- Electrodo sensible a calcio. Estudio de interferencias en disolución nutritiva.

<u>Ca⁺⁺ (meq./l.)</u>	<u>Ca⁺⁺ ‡ ISA</u>	<u>Ca⁺⁺ ‡ ISA ‡ Dis. Nutr.</u>
1	0,0 mV	0,0 mV
2	6,2 mV	5,7 mV
4	12,7 mV	12,6 mV
6	16,1 mV	16,6 mV
10	21,0 mV	21,5 mV

Tabla 12.- Electrodo sensible a sodio. Estudio de interferencias en disolución nutritiva.

<u>Na⁺ (meq./l.)</u>	<u>Na⁺ † ISA</u>	<u>Na⁺ † ISA † Dis. Nutr.</u>
1	0,0 mV	0,0 mV
2	15,3 mV	15,6 mV
4	29,5 mV	30,0 mV
8	44,0 mV	44,8 mV
10	48,7 mV	49,2 mV

Tabla 13.- Electrodo sensible a calcio † magnesio. Estudio de interferencias en disolución nutritiva.

<u>Ca⁺⁺ (meq./l.)</u>	<u>Ca⁺⁺</u>	<u>Ca⁺⁺ † Dis. Nutr.</u>
0,1	-22,4 mV	-20,2 mV
0,5	- 6,5 mV	- 6,0 mV
1,0	0,0 mV	0,0 mV
5,0	18,2 mV	16,3 mV
10,0	24,7 mV	23,8 mV

3.1.3. Posibilidad de medidas en muestras de disolución nutritiva sin necesidad de añadir ISA.

Dado que las muestras de disolución nutritiva presentan una composición bastante uniforme, pensamos en la posibilidad de realizar medidas con electrodos selectivos sin necesidad de ajustar la fuerza iónica, ya que todas las muestras presentarán una fuerza iónica aproximadamente igual y por lo tanto el contenido en sales de este tipo de muestras podría sustituir a la disolución ajustadora de la fuerza iónica.

Para comprobar esta hipótesis preparamos patrones de cada uno de los elementos con la misma composición de la disolución nutritiva, salvo en el ión a medir. Estas disoluciones se midieron en el ionanalizador antes y después de la adición del ISA correspondiente.

En las figuras 10, 11, 12, 13 y 14 se muestran los resultados obtenidos con cada electrodo. No existe figura correspondiente al electrodo sensible a calcio + magnesio dado que no necesita disolución ISA para realizar las medidas.

Se observa que, en todos los casos salvo en el electrodo sensible a sodio, ambas series de medidas nos ofrecen, al ser representadas, líneas rectas tan próximas entre sí que nos confirman el hecho de poder medir directamente las muestras de disolución nutritiva sin necesidad de añadir ISA, sin más que preparar los patrones para realizar la curva de calibrado con la misma composición iónica que las muestras a medir.

Deducimos, por tanto, que la concentración salina de la disolución nutritiva es suficiente para sustituir a la disolución ISA. Por otra parte, dado que nos proponemos mantener la concentración de la disolución nutritiva prácticamente constante a lo largo de todo el ciclo de cultivo, las medidas analíticas serán comparables a lo largo del mismo.

Este aspecto de la medida es fundamental para las medidas directas que nos proponemos realizar, ya que es importante no añadir ningún reactivo a los depósitos que contienen la disolución nutritiva para no contaminarla durante la medida.

En el caso del electrodo sensible a sodio, hemos de destacar, en primer lugar, la gran dificultad que presentó la medida de las muestras que no contenían ISA, debido a la gran inestabilidad que presentaban los valores (tanto mayor cuanto menor era la concentración medida). Por otra parte, estos valores presentan una gran dispersión al representarlos para obtener la recta de calibrado, lo cual no ocurre con las muestras a las que se les añadió ISA. No podremos, por tanto, medir sodio directamente, sin añadir ISA, en muestras de disolución nutritiva. Esto no representa un gran problema para nuestros objetivos ya que, como veremos más adelante, no es preciso medir la concentración de sodio en la disolución nutritiva muy a menudo y menos en el caso de los invernaderos convencionales de España, donde normalmente la salinidad del agua de riego basta para abastecer de este nutriente a las plantas.

Figura 10.- Electrodo sensible a nitrato. Curvas de calibrado en disolución nutritiva con y sin ISA.

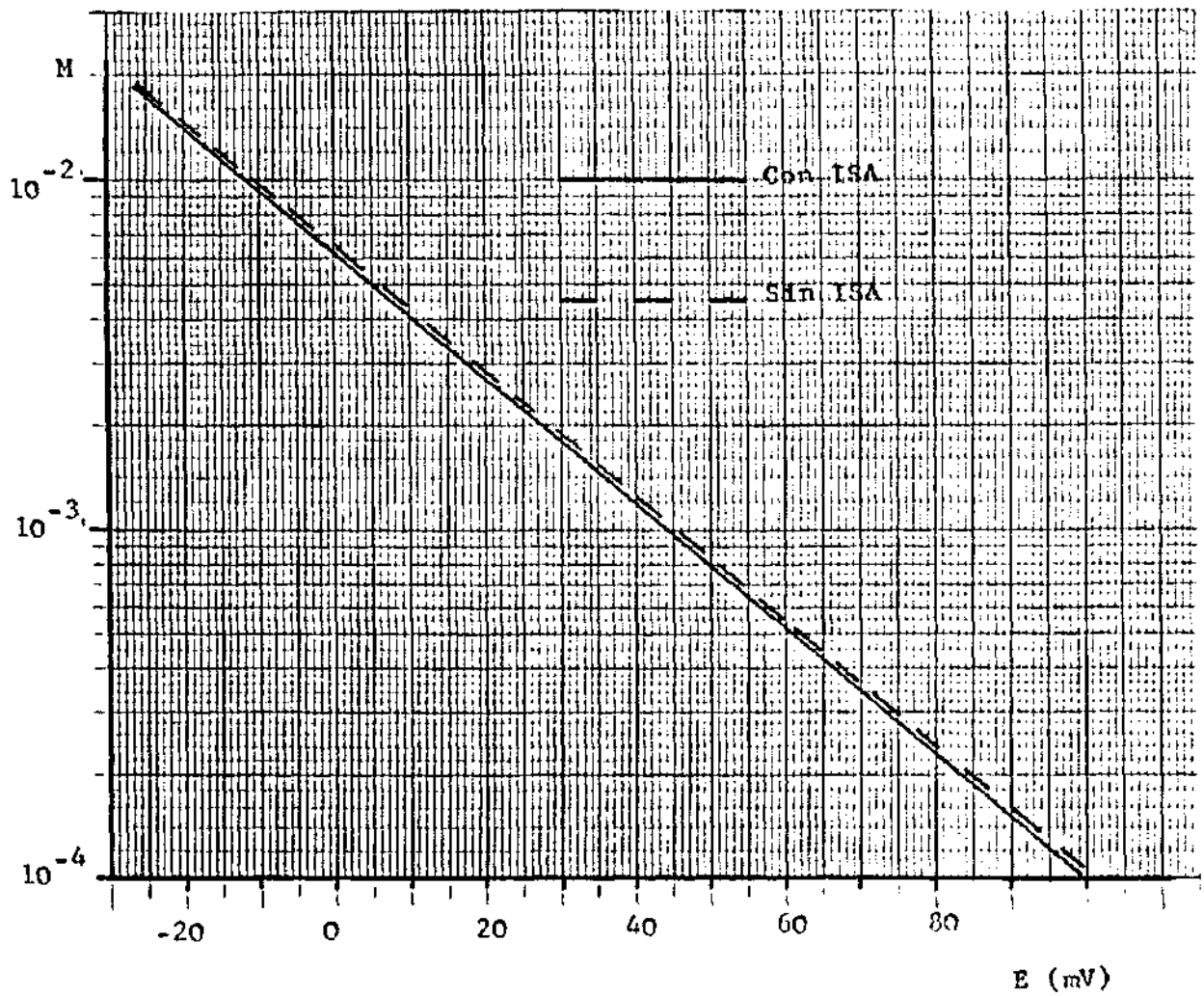


Figura 11.- Electrodo sensible a cloruro. Curvas de cali
brado en disolución nutritiva con y sin ISA.

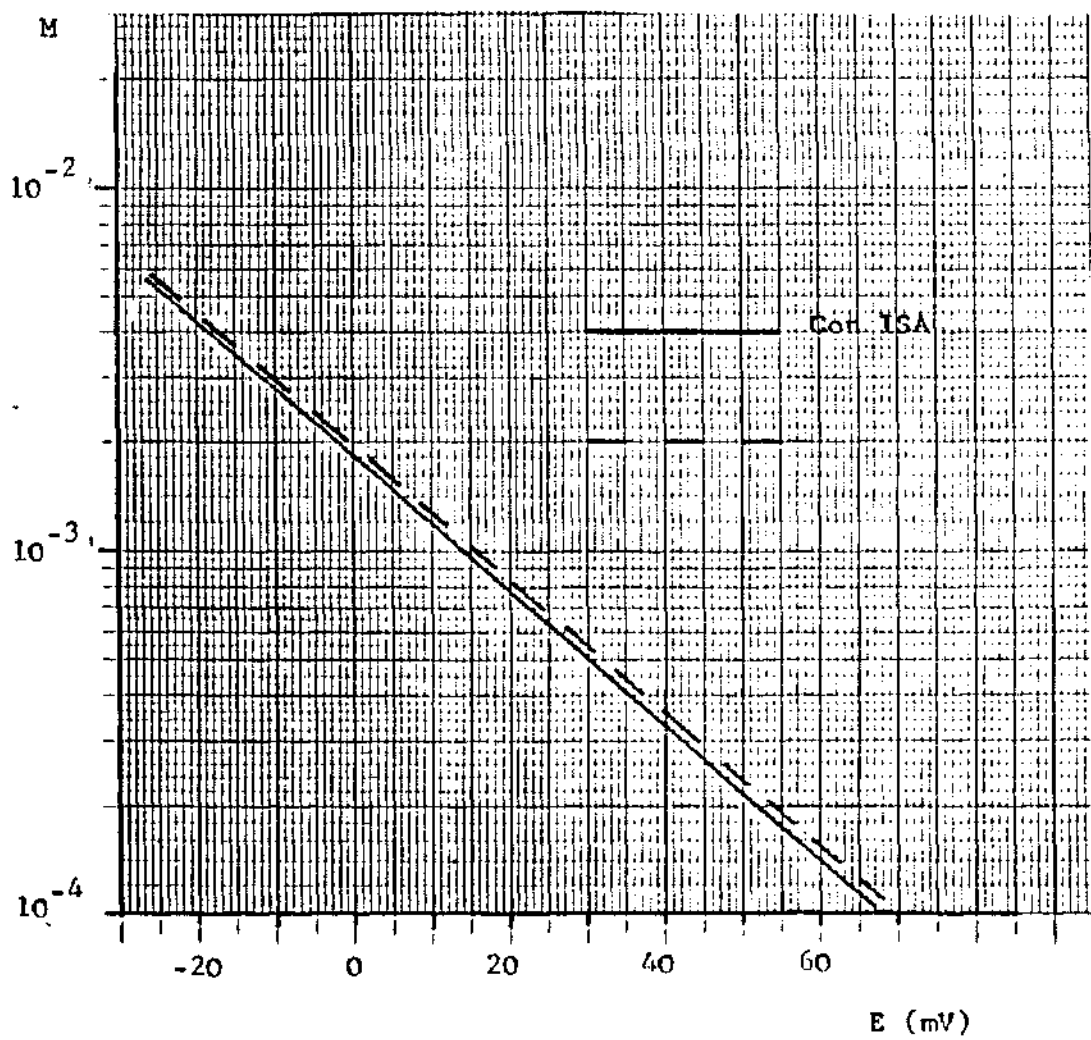


Figura 12.- Electrodo sensible a potasio. Curvas de calibrado en disolución nutritiva con y sin ISA

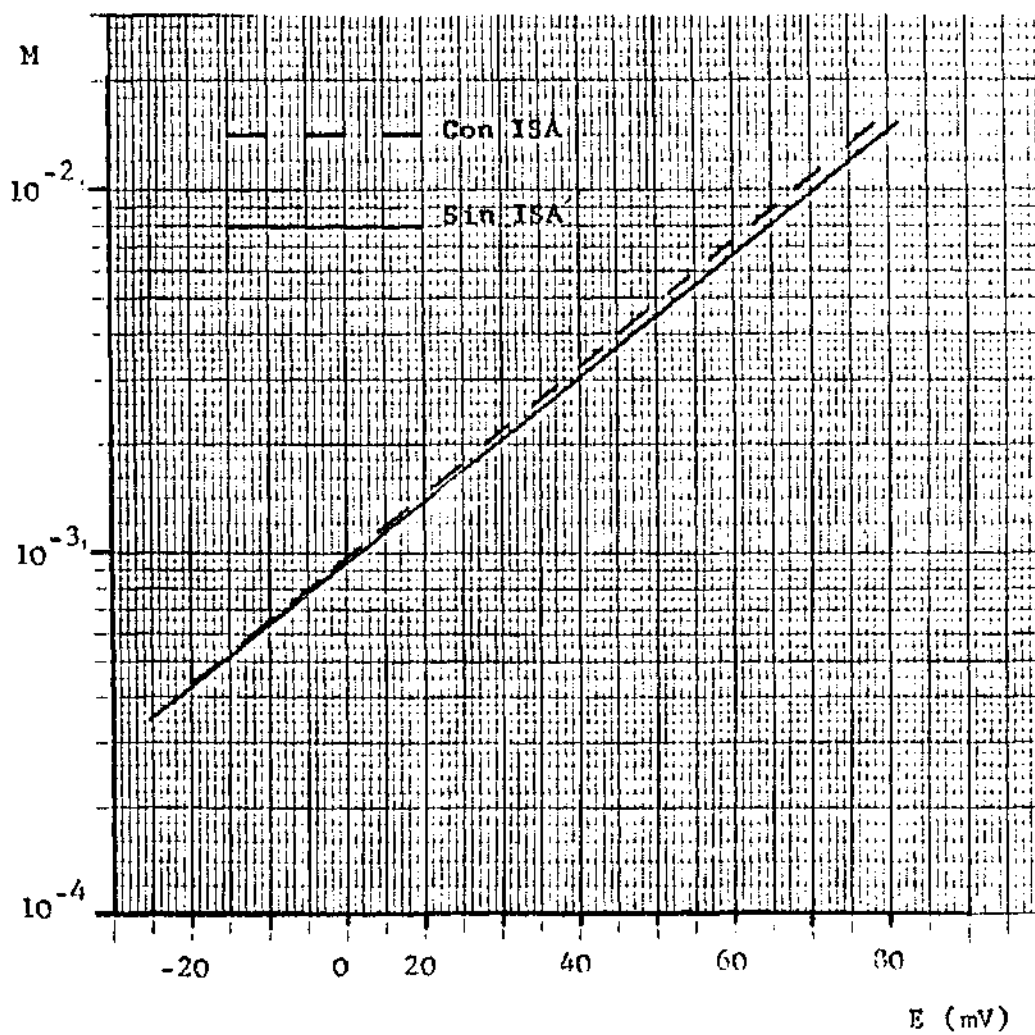


Figura 13.- Electrodo sensible a calcio. Curvas de calibrado en disolución nutritiva con y sin ISA.

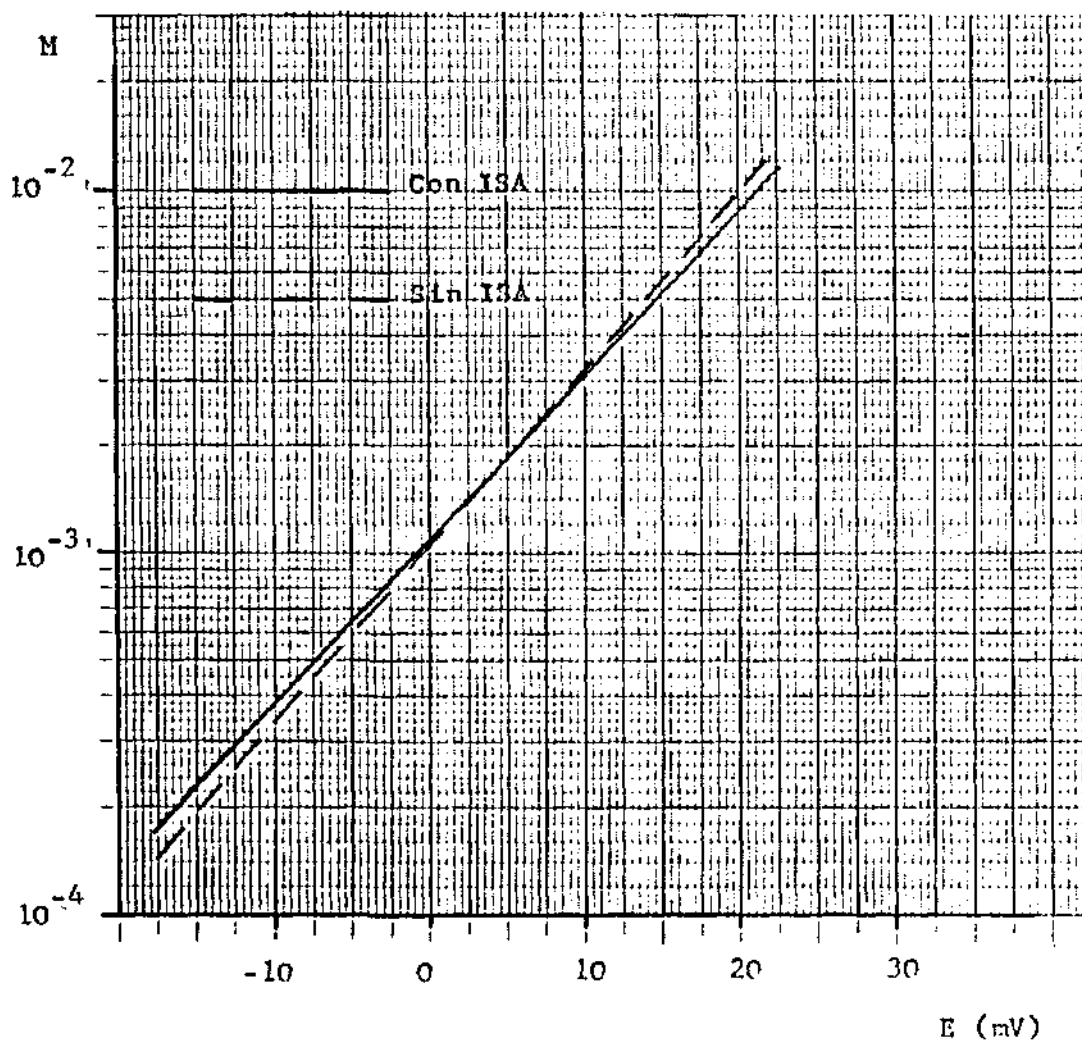
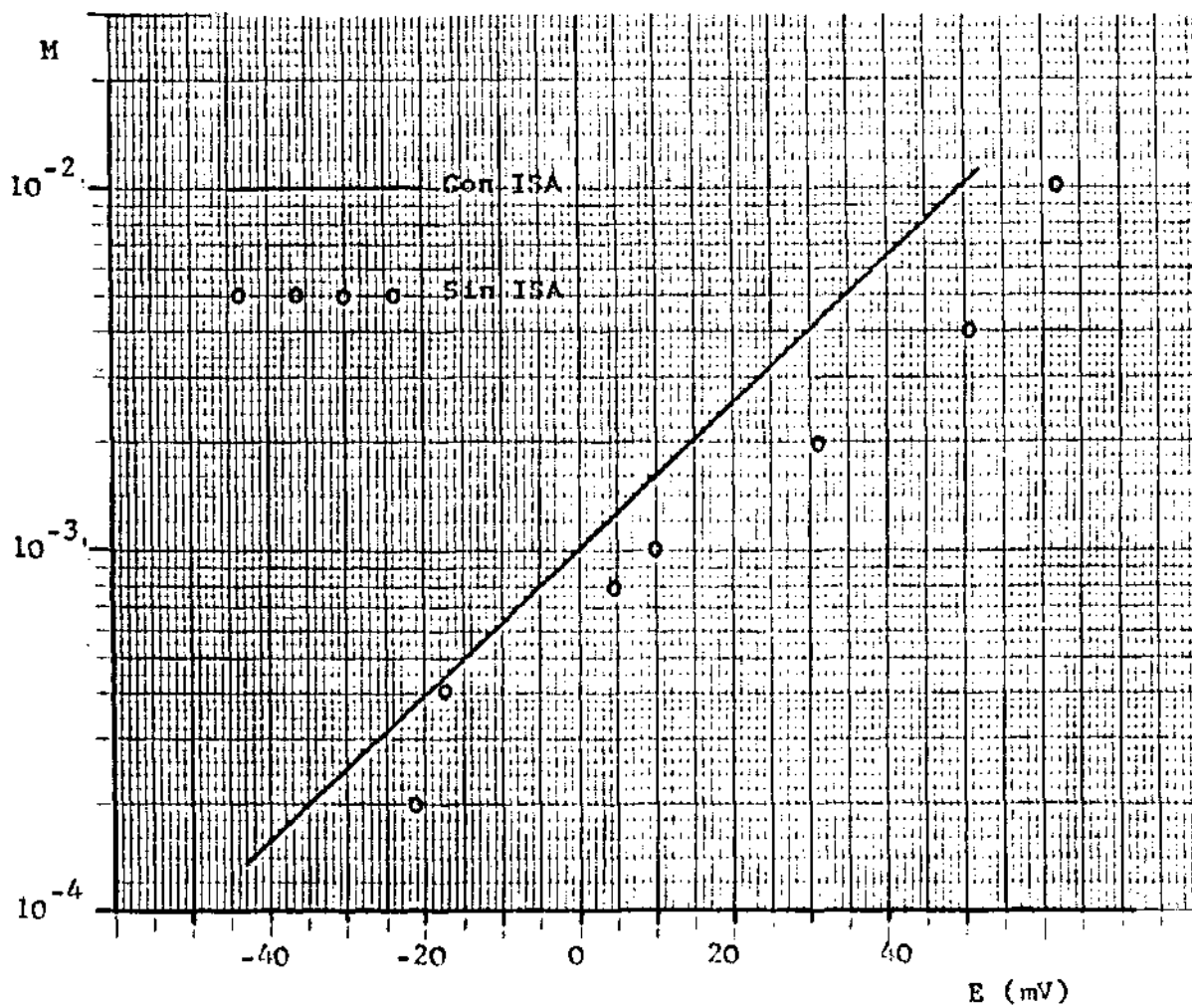


Figura 14.- Electrodo sensible a sodio. Curvas de calibrado en disolución nutritiva con y sin ISA.



Pensamos que estas grandes diferencias en el electrodo de sodio, tanto en cuanto a los valores absolutos como a la estabilidad, son debidos al distinto valor de pH que presentan uno y otro tipo de muestras. Las muestras de disolución nutritiva presentan unos valores de pH comprendidos en el intervalo 5,7 - 6,5, mientras que las muestras que contienen ISA presentan un pH de 8,5 (el ISA contiene un 5 % de amoniaco debido a que se aconseja el uso del electrodo de sodio en medio básico). Dada la imposibilidad de la medida directa decidimos realizarla tras la adición de ISA y mantener así al electrodo trabajando en condiciones óptimas.

3.1.4. Medida de muestras de savia. Interferencias.

En este tipo de muestras no es fácil que todas ellas tengan una composición similar, como en el caso de la disolución nutritiva, y, por otra parte, no es tan imprescindible la medida directa, por lo que decidimos realizar las medidas tras la adición de ISA.

Para cada uno de los electrodos ensayados se tomó una muestra de savia, simplemente diluida para obtener el rango de concentración que nos interese, se le añadió el ISA correspondiente y se determinó el valor de la concentración del elemento en cuestión por comparación con una recta de calibrado obtenida con patrones que contenían ISA.

A continuación se efectuaron adiciones sucesivas de una disolución de concentración conocida del ión a medir y se determi-

nó nuevamente su concentración, tras cada adición, interpolando en la recta de calibrado. Comparando los valores de concentración obtenidos experimentalmente con los valores calculados teóricamente que deberíamos encontrar tras cada adición, deduciremos si existe o no interferencia debido al resto de componentes de la muestra.

En las tablas 14, 15, 16, 17, 18 y 19 se muestran los resultados obtenidos con cada uno de los electrodos.

Tabla 14.- Electrodo sensible a nitrato. Prueba de adición conocida en muestras de savia.

<u>Muestra</u>	<u>NO₃⁻ medido (meq./l.)</u>	<u>NO₃⁻ calculado (meq./l.)</u>
S ₀	11,4	----
S ₁	15,5	15,4
S ₂	19,1	19,1
S ₃	22,4	22,4
S ₄	25,9	25,5

Tabla 15.- Electrodo sensible a cloruro. Prueba de adición conocida en muestras de savia.

<u>Muestra</u>	<u>Cl⁻ medido (meq./l.)</u>	<u>Cl⁻ calculado (meq./l.)</u>
S ₀	2,1	---
S ₁	6,5	6,6
S ₂	10,0	10,1
S ₃	14,0	13,8
S ₄	17,4	17,4

Tabla 16.- Electrodo sensible a potasio. Prueba de adición conocida en muestras de savia.

<u>Muestra</u>	<u>K⁺ medido (meq./l.)</u>	<u>K⁺ calculado (meq./l.)</u>
S ₀	5,2	---
S ₁	5,5	5,6
S ₂	6,0	6,0
S ₃	6,2	6,2
S ₄	6,6	6,8

Tabla 17.- Electrodo sensible a calcio. Prueba de adición conocida en muestras de savia.

<u>Muestra</u>	<u>Ca⁺⁺ medido (meq./l.)</u>	<u>Ca⁺⁺ calculado (meq./l.)</u>
S ₀	5,0	---
S ₁	5,2	6,0
S ₂	5,6	7,2
S ₃	6,4	8,2
S ₄	7,2	9,0

Tabla 18.- Electrodo sensible a sodio. Prueba de adición conocida en muestras de savia.

<u>Muestra</u>	<u>Na⁺ medido (meq./l.)</u>	<u>Na⁺ calculado (meq./l.)</u>
S ₀	1,35	---
S ₁	1,60	1,69
S ₂	1,74	1,74
S ₃	1,87	1,87
S ₄	2,18	2,18

Excepto para el electrodo sensible a calcio, las desviaciones obtenidas entre los valores medidos y los calculados teóricamente son aceptables, teniendo en cuenta los errores analíticos de preparación de las muestras y adiciones. Por lo tanto podemos medir las concentraciones de estos elementos en muestras de savia simplemente diluidas, sin realizar en ellas ningún proceso de los usuales en este tipo de muestras (desproteínización y mineralización).

En el caso del electrodo sensible a calcio hay grandes diferencias entre los valores medidos, que siempre son inferiores, y los calculados teóricamente, lo que nos hace descartar la posibilidad de la medida directa. El hecho de que los valores medidos sean siempre inferiores a los calculados nos hace pensar en algún tipo de reacción con el calcio de las sustancias orgánicas presentes en la savia, formándose complejos no ionizados totalmente.

Dada la imposibilidad de la medida con el electrodo sensible a calcio en muestras de savia simplemente diluidas, tampoco realizaremos la medida, en este tipo de muestras, con el electrodo sensible a calcio + magnesio, ya que se precisa la medida con ambos electrodos para determinar las concentraciones individuales de estos dos elementos. Estos análisis se realizarán, por lo tanto, por medio de las técnicas correspondientes de Absorción Atómica.

3.1.5. Reproducibilidad de las medidas

Se realizaron medidas, con cada uno de los electrodos, cada cinco minutos durante dos horas y se calcularon los coeficientes de variación y los intervalos de confianza al 95 % y al 99 %. Durante ese tiempo pueden analizarse unas 60 muestras.

En la tabla 20 se indican los resultados obtenidos con cada uno de los electrodos.

Tabla 20.- Reproducibilidad de las medidas con electrodos selectivos.

<u>Electrodo</u>	<u>Coefficiente de variación (%)</u>	<u>Intervalo de confianza 95 %</u>	<u>Intervalo de confianza 99 %</u>
NO_3^-	0,48	$\pm 0,16$ mV	$\pm 0,22$ mV
Cl^-	1,03	$\pm 0,23$ mV	$\pm 0,31$ mV
K^+	0,50	$\pm 0,70$ mV	$\pm 1,00$ mV
Ca^{++}	1,00	$\pm 0,17$ mV	$\pm 0,25$ mV
Na^+	0,62	$\pm 0,27$ mV	$\pm 0,38$ mV
$\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$	2,10	$\pm 0,29$ mV	$\pm 0,39$ mV

Dado que los coeficientes de variación son bastante bajos, podemos considerar la medida reproducible al menos durante dos horas después de calibrar el aparato.

3.1.6. Correlación con los métodos clásicos de análisis

Se realizaron medidas, tanto mediante electrodos selectivos de iones como por los métodos clásicos normalmente utilizados, de una serie de muestras procedentes de un cultivo hidropónico, tomadas a lo largo de todo el ciclo de cultivo.

Los métodos clásicos utilizados como comparación, para cada uno de los elementos fueron :

Nitrato

Colorimetría con fenol-disulfónico. (Descrita por Hernando y Cadahía, 1973).

Cloruro

Valoración con nitrato de plata, utilizando cromato potásico como indicador. (Descrito por Hernando y Cadahía, 1973).

Calcio y Magnesio

Espectrofotometría de Absorción Atómica, según las normas del Comité Interinstitutos (1969).

Potasio y Sodio

Espectrofotometría de Absorción Atómica, realizando las medidas por emisión, según las normas del Comité Interinstitutos (1969).

A los pares de series de medidas obtenidas por ambos métodos, para cada elemento, se les aplicó la prueba χ^2 , obteniéndose

se en todos los casos valores muy inferiores a los teóricos (dados en tablas, según el número de datos), existiendo por lo tanto una buena correlación entre los dos métodos de medida utilizados para cada elemento.

En la tabla 21 indicamos los valores obtenidos para cada electrodo.

Tabla 21.- Correlación de los métodos de los electrodos selectivos con los métodos clásicos de análisis.

<u>Electrodo</u>	<u>χ^2</u>
NO_3^-	0,003
Cl^-	0,004
K^+	0,009
Ca^{++}	0,085
Na^+	0,005
$\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$	0,076

$$\chi_{1\%}^2 \text{ (teórico) } = 32$$

3.2. Medidas indirectas con electrodos selectivos de iones

3.2.1. Método propuesto para la valoración de fosfato

Se basa en la precipitación del ión fosfato con ión lantano y la valoración posterior del exceso de éste con ión fluoruro, utilizando un electrodo sensible a éste último para detectar el punto de equivalencia (Orion, 1971).

La elección del ión lantano es debida a que forma sales muy insolubles tanto con el fosfato como con el fluoruro, siendo uno de los pocos cationes que, además, forma una sal relativamente soluble con el ión sulfato ($P_s = 3.10^{-5}$).

La valoración se lleva a cabo en un medio tamponado acético/acetato 0,02 M con el fin de conseguir un pH adecuado para la respuesta óptima del electrodo sensible a fluoruro. Así mismo se añade cloruro bórico con el fin de precipitar el ión sulfato como sulfato de bario, ya que aunque este ión forma una sal relativamente soluble con el ión lantano, su presencia en las muestras puede ocasionar cierta dispersión de los puntos del gráfico de Gran.

Para no alterar significativamente el volumen de las muestras, el agente precipitante ($(NO_3)_3La$) se prepara en un medio que contiene AcH-AcNa 1M y Cl_2Ba 0,1 M. Así, al añadir este reactivo se consiguen las condiciones anteriormente citadas para la valoración.

Electrodo sensible a fluoruro. Puesta en marcha y curvas de calibrado.

La diferencia de potencial obtenida entre dos disoluciones patrón de concentraciones 10^{-3} y 10^{-4} M fué de 55,3 mV. Siendo el valor teórico de 56 ± 1 mV, este resultado nos indica un correcto funcionamiento del electrodo

Las rectas de calibrado se prepararon con disoluciones patrones de diferentes concentraciones de ión fluoruro en dos medios diferentes : TISAB (ajustador de la fuerza iónica y el pH) y en el mismo medio en el que realizaremos posteriormente la valoración de fosfato. En la tabla 22 se indican los resultados obtenidos en ambos medios.

Tabla 22.- Curvas de calibrado del electrodo sensible a fluoruro en distintos medios.

<u>FNa (M)</u>	<u>TISAB</u>	<u>AcH-AcNa + Cl₂Ba</u>	<u>(mV)</u>
10^{-5}	110,0	111,0	
$5 \cdot 10^{-5}$	71,0	72,1	
10^{-4}	52,8	54,0	
$5 \cdot 10^{-4}$	14,1	15,5	
10^{-3}	-2,2	-1,0	
$5 \cdot 10^{-3}$	-42,1	-40,1	
10^{-2}	-58,5	-55,6	

La respuesta del electrodo fué correcta es decir, lineal, en ambos medios.

Valoración de ión fosfato

Se prepararon patrones de fosfato de concentraciones comprendidas entre $2 \cdot 10^{-5}$ y $2 \cdot 10^{-4}$ M. Se les añadió el reactivo precipitante y se procedió a su valoración con FNa $3 \cdot 10^{-2}$ M. Simultáneamente se valoran un blanco (sin fósforo) y una muestra sin fósforo ni lantano para calibrar adecuadamente el papel de Gran.

A partir del volumen de agente valorante gastado en la valoración del exceso de lantano, se calcula, por diferencia, la concentración de fosfato inicial :

$$M_{\text{PO}_4\text{H}_2} = \frac{V_{\text{La}} \cdot N_{\text{La}} - V_{\text{FNa}} \cdot N_{\text{FNa}}}{3 \cdot V_m}$$

Donde :

V_{La} = volumen de $(\text{NO}_3)_3\text{La}$ añadido a las muestras (ml.)

N_{La} = normalidad del $(\text{NO}_3)_3\text{La}$.

V_{FNa} = volumen de FNa gastado en la valoración. Viene dado por la diferencia $V = V^i - V^b$, donde V^i es el volumen interceptado en la representación de Gran por la muestra considerada y V^b corresponde al volumen interceptado por el blanco.

N_{FNa} = normalidad del FNa utilizado en la valoración.

V_m = volumen de muestra (ml.).

Los resultados obtenidos en esta primera valoración fueron poco satisfactorios debido a los grandes errores en los valores de concentración obtenidos.

Se prepararon nuevos patrones, que se valoraron por duplicado con el fin de evitar errores de manipulación y preparación. La falta de reproducibilidad en los resultados obtenidos así como la discrepancia entre los valores de concentración preparados y obtenidos nos hicieron pensar en la posibilidad de un error del método, por lo que se realizaron a continuación diversas modificaciones del método propuesto, que fueron :

1º - Dilución del agente valorante

Así se consigue un margen más amplio en los volúmenes interceptados en la representación de Gran. El punto de equivalencia se alcanza después de añadir un volumen mayor de agente valorante, por lo que disponemos de pocos puntos para construir el gráfico de Gran, cometiéndose un error mayor quizá que el que intentamos eliminar.

A la vista de los resultados obtenidos decidimos continuar trabajando con la concentración inicial de agente valorante.

2º - Añadir un exceso mayor de ión lantano

En las concentraciones más altas de fosfato se gasta, teóricamente, todo el lantano en la precipitación del fosfato y quizá sea conveniente mantener siempre un exceso de ión lantano después de la precipitación.

Para conseguir esto añadimos 3 ml. de agente precipitante (en lugar de 2 ml., que era lo que veníamos añadiendo hasta entonces).

Los resultados, que pueden observarse en la figura 15, fueron considerablemente mejores que los anteriores, siendo pequeño el error entre la concentración hallada y la teórica, por lo que decidimos continuar trabajando, a partir de ahora, en estas nuevas condiciones.

Valoraciones de fosfato en disolución nutritiva

El método ensayado está diseñado para concentraciones de fosfato hasta $2 \cdot 10^{-4}$ M, por lo que la disolución nutritiva debe ser diluida diez veces antes de la valoración.

Teóricamente, entre los iones componentes de la disolución nutritiva, el único que se encuentra en concentración suficiente para suponer interferencia es el Ca^{++} .

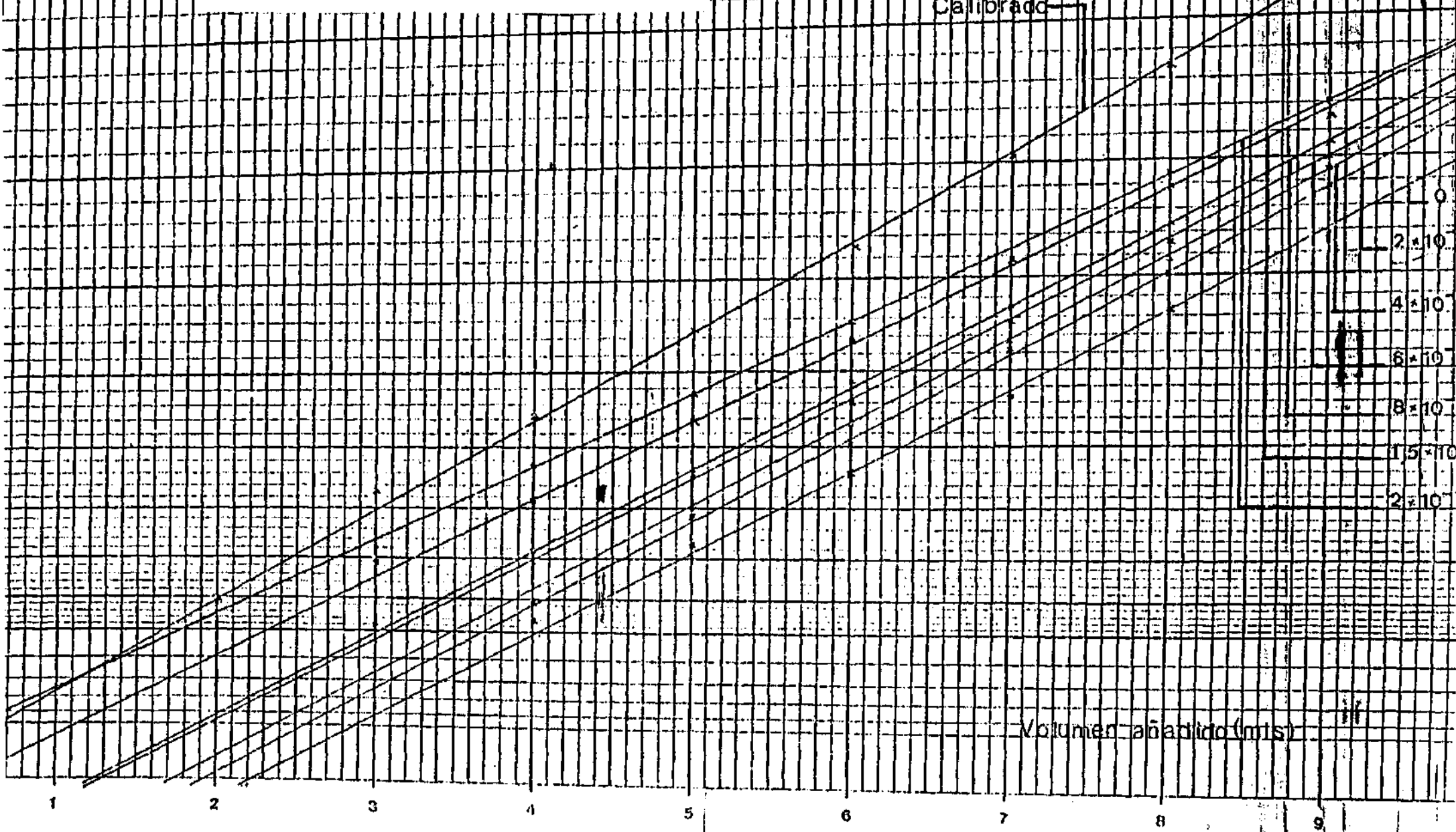
Se valoraron repetidamente disoluciones patrones preparadas con base de disolución nutritiva diez veces diluida con y sin calcio. Al llevar a cabo las representaciones de Gran de los datos obtenidos encontramos que los valores de potencial correspondientes a las disoluciones con calcio presentaron gran dispersión y las rectas correspondientes a las distintas concentraciones se entrecruzaban (cuando, al menos en teoría, deben ser paralelas).

Con el fin de estudiar más a fondo no sólo la interferencia del calcio, ya demostrada, sino también la influencia del resto

E(mV)

Figura 15.- Valoración de fosfatos.

Calibrado



Volumen añadido (mls)

de los iones que componen la disolución nutritiva, se prepararon una serie de patrones de fosfato en presencia de diferentes sales de la disolución nutritiva, en una concentración correspondiente a dilución diez de la misma, que fueron :

- $\text{NO}_3\text{K} \dagger \text{ClNa}$ (a)
- $\text{NO}_3\text{K} \dagger \text{ClNa} \dagger \text{SO}_4\text{Ca}$ (b)
- $\text{NO}_3\text{K} \dagger \text{ClNa} \dagger \text{SO}_4\text{Mg}$ (c)
- $\text{NO}_3\text{K} \dagger \text{ClNa} \dagger (\text{NO}_3)_2\text{Ca}$ (d)
- $\text{NO}_3\text{K} \dagger \text{ClNa} \dagger \text{SO}_4\text{Ca} \dagger \text{SO}_4\text{Mg}$ (e)
- Agua desionizada (f)

Los valores de potencial obtenidos al llevar a cabo las valoraciones de las muestras a, b, c, d y e resultaron irrepresentables debido a su gran dispersión. Las muestras f dieron unos resultados carentes por completo de reproducibilidad y discreparon notablemente de las concentraciones preparadas.

Estos resultados nos decidieron a estudiar, por separado, las reacciones implicadas en la valoración.

Valoración de ión lantano con ión fluoruro

Se prepararon disoluciones patrones de ión lantano en un rango de concentración de hasta $6 \cdot 10^{-4}$ M, preparadas en un medio Cl_2Ba 0,1 M y AcH-AcNa 1 M. La valoración se llevó a cabo con FNa $3 \cdot 10^{-2}$ M, realizándose una muestra de calibrado exenta de lan

tano. Se prepararon también otra serie de disoluciones de lantano en un rango de concentraciones diez veces superior al anterior, valorándose con FNa 2.10^{-1} M.

Los resultados, que se indican en la tabla 23, fueron totalmente satisfactorios, incluso para las concentraciones más altas, en las que el punto de equivalencia se alcanza tras la adición - de 5 y 6 ml. de agente valorante, disponiéndose por tanto de pocos valores para la representación gráfica.

Con el fin de estudiar la influencia de los iones que componen la disolución nutritiva, se valoraron las mismas concentraciones de lantano en las siguientes condiciones :

- En disolución nutritiva sin calcio ni fósforo
- En disolución nutritiva sin fósforo, con calcio y pasada por una resina intercambiadora, tipo Amberlita, fuertemente ácida, con el fin de eliminar el calcio.

Los resultados obtenidos con ambas series nos demostraron que la presencia de los iones que componen la disolución nutritiva no afectan a la valoración de ión lantano con ión fluoruro, pues en ambos casos los resultados fueron bastante satisfactorios, tal como se indica en la tabla 24. Por otra parte se deduce que el tratamiento de las resinas, utilizadas para eliminar el calcio, no influye apenas en los resultados.

Tabla 23.- Valoración de lantano con FNa

<u>Preparada</u>	<u>Concentración de lantano (M)</u>	
	<u>Encontrada</u>	
	<u>1</u>	<u>2</u>
0	0	0
10^{-4}	10^{-4}	10^{-4}
$2 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$
$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$
$4 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$3,9 \cdot 10^{-4}$
$5 \cdot 10^{-4}$	$4,9 \cdot 10^{-4}$	$4,9 \cdot 10^{-4}$
$6 \cdot 10^{-4}$	$5,9 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$
10^{-3}	10^{-3}	10^{-3}
$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$
$4 \cdot 10^{-3}$	$4,2 \cdot 10^{-3}$	$4,1 \cdot 10^{-3}$

Tabla 24.- Valoración de lantano con fluoruro en presencia de los iones componentes de la disolución nutritiva.

<u>Preparada</u>	<u>Concentración de lantano (M)</u>	
	<u>Encontrada</u>	
	<u>- Ca⁺⁺</u>	<u>↓ Ca⁺⁺ ↓ Resina</u>
0	0	0
10 ⁻³	0,93.10 ⁻³	0,94.10 ⁻³
2.10 ⁻³	1,87.10 ⁻³	1,92.10 ⁻³
4.10 ⁻³	3,90.10 ⁻³	3,93.10 ⁻³

Estudio de la precipitación del fosfato de lantano

a) Influencia de la concentración

Tratamos de realizar la valoración de fosfato en el rango de concentración existente en la disolución nutritiva (diez veces mayor que el estudiado hasta ahora). Se utilizaron el agente precipitante y el agente valorante en concentración diez veces mayor que la utilizada hasta ahora. Los resultados obtenidos no concor-
daron en absoluto con las concentraciones preparadas, por lo cual se desechó la posibilidad de realizar la valoración en este rango de concentración.

b) Influencia del tiempo en la precipitación del fosfato de lantano.

Se tomaron fracciones de 100 ml. de una disolución de $\text{PO}_4\text{H}_2\text{Na}$ $2 \cdot 10^{-4}$ M, se les añadió el agente precipitante y se valoraron -- transcurridos diferentes tiempos.

De los resultados obtenidos dedujimos que un tiempo de precipitación de 15 min. mejora ligeramente los resultados obtenidos, mientras que un tiempo mayor de precipitación no ofrece ninguna mejora.

c) Determinación del fósforo residual después de diferentes tiempos de precipitación.

Se llevó a cabo la precipitación de una serie de disoluciones patrones de fósforo de diferentes concentraciones, dejando transcurrir distintos intervalos de tiempo desde la adición del agente precipitante hasta la filtración de las muestras. En el líquido obtenido tras el filtrado se determinó colorimétricamente el fósforo residual (no precipitado con lantano), así como la concentración inicial de los patrones.

En la tabla 25 se muestran los resultados obtenidos. Observe_umos que queda siempre una fracción de fósforo sin precipitar, pero no es proporcional a la cantidad existente inicialmente en la muestra.

Este hecho justifica la falta de concordancia de los valores obtenidos en la valoración con las concentraciones preparadas.

Por otra parte, dada la variabilidad del valor del residuo de fósforo sin precipitar se explica la falta de reproducibilidad de los resultados.

Tabla 25.- Influencia del tiempo de precipitación y la concentración inicial de fósforo en la cantidad de fósforo residual, que no precipita con lantano.

Concentración de P (ppm.)							
Inicial		Después de la precipitación					
Preparada	Encontrada	t=15 min.		t=30 min.		t=60 min.	
3,1	3,2	1,0	0,9	1,0	1,4	1,2	1,1
9,3	9,1	1,5	1,3	1,0	2,0	1,1	1,0
15,5	15,2	4,0	4,2	3,8	4,0	3,0	2,8

d) Influencia del exceso de lantano

Se valoraron disoluciones de $\text{PO}_4\text{H}_2\text{Na}$ de concentraciones 10^{-4} y $2 \cdot 10^{-4}$ M tratadas con distintas cantidades de agente precipitante (variarnos así la cantidad de lantano en exceso después de la precipitación del fosfato).

Los resultados obtenidos, que pueden observarse en la tabla 26, mostraron que las disoluciones tratadas con mayor exceso de lantano condujeron a unos valores de concentración de fósforo más cercanos a los preparados, por lo que decidimos trabajar en estas nuevas condiciones a partir de ese momento.

Tabla 26.- Influencia del exceso de lantano en la cantidad de fosfato determinado en la valoración

<u>ml. de La³⁺</u>		<u>Concentración de PO₄H₂⁻ (M)</u>	
<u>Añadidos</u>	<u>En exceso</u>	<u>Preparada</u>	<u>Encontrada</u>
3	1	2.10 ⁻⁴	1,2.10 ⁻⁴
4	2	2.10 ⁻⁴	1,6.10 ⁻⁴
5	3	2.10 ⁻⁴	2,0.10 ⁻⁴
6	4	2.10 ⁻⁴	1,9.10 ⁻⁴
7	5	2.10 ⁻⁴	2,2.10 ⁻⁴
2	1	10 ⁻⁴	0,5.10 ⁻⁴
3	2	10 ⁻⁴	0,8.10 ⁻⁴
4	3	10 ⁻⁴	0,9.10 ⁻⁴
5	4	10 ⁻⁴	1,1.10 ⁻⁴
6	5	10 ⁻⁴	0,9.10 ⁻⁴
7	6	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴
7	5	2.10 ⁻⁴	1,8.10 ⁻⁴
7	4	3.10 ⁻⁴	2,7.10 ⁻⁴
7	3	4.10 ⁻⁴	3,7.10 ⁻⁴
7	2	5.10 ⁻⁴	4,5.10 ⁻⁴

e) Influencia del pH

Realizamos la precipitación de una serie de patrones de fosfato de concentración 2.10^{-4} M con un exceso óptimo de lantano y ajustando el pH de los mismos a distintos valores, comprendidos entre 4 y 8 (el pH al tratar con el agente precipitante es de 4,4).

Se dejaron reposar las muestras, se filtraron y se determinó colorimétricamente el fósforo residual, así como las concentraciones iniciales de los patrones.

Los resultados, expuestos en la tabla 27, indican que en ningún caso se consigue una precipitación completa del fosfato de lantano.

Tabla 27.- Influencia del pH en la precipitación del fosfato de lantano.

<u>P inicial (ppm)</u>				
<u>Preparado</u>	<u>Encontrado</u>	<u>Medio</u>	<u>pH</u>	<u>P residual (ppm.)</u>
3,1	3,0	AcH-AcNa	4,4	1,4
6,2	6,1	AcH-AcNa	4,4	0,7
6,2	6,2	Acuoso	4,0	0,5
6,2	6,1	Acuoso	6,1	0,6
6,2	6,1	Acuoso	7,2	0,7
6,2	6,1	Acuoso	8,0	0,4

Llegados a este punto y dada la gran cantidad de factores estudiados se pensó que la cantidad de fósforo residual después de la precipitación quizá no sea el único factor limitante del método, pues de ser así los datos obtenidos en las valoraciones serían más cercanos a la realidad. Quizá durante el proceso de la valoración tenga lugar una cierta solubilización del precipitado, lo que conduce a mayores errores en los resultados. En cualquier caso, el estudio del fenómeno de precipitación se halla fuera de los límites del presente estudio, que sólo se proponía adaptar el método propuesto para muestras de disolución nutritiva.

No obstante, en futuros trabajos, sería interesante considerar la posibilidad de utilizar mayor cantidad de lantano que la empleada, para facilitar la precipitación del fosfato de lantano.

3.2.2. Método propuesto para la valoración de sulfato

Se basa en la precipitación con ión plomo, utilizando un electrodo sensible a éste para detectar el punto de equivalencia.

El producto de solubilidad del sulfato de plomo en agua ($K_{ps} = 10^{-7,8}$) hace imposible determinar concentraciones inferiores a 10^{-3} M en este medio. Por ello y por la conveniencia de utilizar el electrodo sensible a plomo en disolventes orgánicos, se han diseñado una serie de métodos en los que la valoración se lleva a cabo en mezclas de disolventes orgánicos y agua. De esta manera se consigue disminuir la solubilidad del sulfato de plomo en un factor de 10^6 (Goertzen y Oster, 1972).

Inicialmente comenzamos a trabajar en una mezcla agua-isopropanol al 50 %, sin embargo no se consiguió un funcionamiento adecuado del electrodo sensible a plomo en este medio. Por esta razón se substituyó por una mezcla agua-metanol al 50 %.

Como agente valorante se ha utilizado nitrato de plomo (en metanol al 50 %) de diez a veinte veces más concentrado que la máxima concentración de sulfato a valorar. Como ISA se ha utilizado nitrato sódico 5 M.

- Puesta en marcha del electrodo de plomo

Se estudió la respuesta del electrodo en el rango de concentraciones de $5 \cdot 10^{-5}$ a 10^{-2} M. El cambio de potencial obtenido cuando la concentración de la disolución cambia en un factor de diez es de 26,6 (siendo el valor teórico de 25 ± 2 mV).

La recta de calibrado fué totalmente correcta.

- Valoración de ión sulfato

Hemos estudiado dos rangos de concentración de ión sulfato : $0 - 2 \cdot 10^{-3}$ M y $0 - 4 \cdot 10^{-4}$ M, que corresponden a diluciones 2 y 10 de la disolución nutritiva, respectivamente. No es posible realizar la valoración en el mismo rango de concentraciones de la disolución nutritiva pues no es posible preparar el agente valorante en concentración suficiente.

La valoración se lleva a cabo con $(\text{NO}_3)_2\text{Pb}$, al 50 % en metanol ($4 \cdot 10^{-2}$ M para el rango superior de concentración y $8 \cdot 10^{-3}$ M para el rango inferior de concentración).

Las medidas se toman tras adiciones consecutivas de agente valorante de 1 ml., hasta un total de 10 ml. No se toman las medidas correspondientes a las primeras adiciones pues no resultan significativas para la representación gráfica, puesto que hasta que no se ha sobrepasado el punto de equivalencia no existe plomo libre en la disolución.

Los resultados obtenidos, indicados en la tabla 28, muestran que la valoración de sulfatos, en ambos rangos de concentración, es totalmente correcta.

- Estudio de interferencias en la valoración de sulfato en muestras de disolución nutritiva.

A la vista de las posibles interferencias citadas en la bibliografía sobre el electrodo de plomo, pasamos a estudiar cada

Tabla 28.- Valoración de sulfato en dos rangos de concentración.

<u>Concentración de sulfato (M)</u>		
<u>Preparada</u>	<u>Encontrada</u>	
	<u>Valoración 1</u>	<u>Valoración 2</u>
0	0	0
$5 \cdot 10^{-4}$	$4,00 \cdot 10^{-4}$	$4,96 \cdot 10^{-4}$
10^{-3}	$0,96 \cdot 10^{-3}$	$0,93 \cdot 10^{-3}$
$1,5 \cdot 10^{-3}$	$1,46 \cdot 10^{-3}$	$1,45 \cdot 10^{-3}$
$2 \cdot 10^{-3}$	$2,04 \cdot 10^{-3}$	$2,01 \cdot 10^{-3}$
10^{-4}	$0,92 \cdot 10^{-4}$	$0,92 \cdot 10^{-4}$
$2 \cdot 10^{-4}$	$1,92 \cdot 10^{-4}$	$1,89 \cdot 10^{-4}$
$3 \cdot 10^{-4}$	$2,90 \cdot 10^{-4}$	$2,90 \cdot 10^{-4}$
$4 \cdot 10^{-4}$	$4,01 \cdot 10^{-4}$	$4,00 \cdot 10^{-4}$

una de las que están presentes en la disolución nutritiva por se parado.

Nitrato

Según la bibliografía, no existe acuerdo sobre el nivel de nitrato que puede suponer interferencia. Sin embargo, nosotros hemos realizado la valoración de sulfato en agua utilizando nitrato de plomo como valorante y nitrato sódico como ISA, siendo totalmente satisfactorios los resultados. Considerando la concentración total de nitrato a la que llegamos tras la adición de estos dos reactivos, resulta ser del orden de 200 veces superior a la concentración de nitrato aportada por la disolución nutritiva, por lo que el valor aportado por ésta resulta despreciable frente al ya existente. Pensamos, por lo tanto, que el ión nitrato no va a suponer interferencia en los valores de concentración en que se encuentra en muestras de disolución nutritiva.

Cloruro

La concentración máxima de cloruro aportada por la disolución nutritiva utilizada por nosotros es de $4 \cdot 10^{-3}$ M, por lo que en principio no va a suponer interferencia para la determinación de sulfato por este método.

De todas formas, llevamos a cabo una valoración de ión sulfato en presencia de un nivel constante de cloruro, correspondiente al máximo presente en la disolución nutritiva. Los resulta-

dos fueron totalmente correctos, lo que nos indica que el ión cloro, en las concentraciones normales en este tipo de muestras, no afecta a la valoración de ión sulfato por el método propuesto.

Calcio

El nivel de calcio existente en la disolución nutritiva ya es "a priori" una interferencia, debido al bajo producto de solubilidad del sulfato de calcio, menor aún en medio hidroalcohólico que en agua.

Al intentar la valoración de ión sulfato en presencia de la concentración de calcio que normalmente se encuentra en la disolución nutritiva, obtuvimos unas medidas de potencial muy inestables que además presentaban una dispersión total al hacer la representación de Gran, por lo que era imposible determinar la concentración de sulfato en estas condiciones.

La eliminación del calcio por medio de resinas intercambiadoras de iones, previamente a la valoración, dió resultados satisfactorios. En la fig. 16 puede observarse la representación de Gran de las valoraciones de muestras que contienen calcio tras ser pasadas por resina previamente a la valoración.

Fosfato

Al igual que en el caso del calcio, la presencia de fosfato es una clara interferencia.

El método recomendado para su eliminación es la precipitación

E (mV)

Figura 16.- Valoración de sulfatos.

Blanco

5×10^{-4}

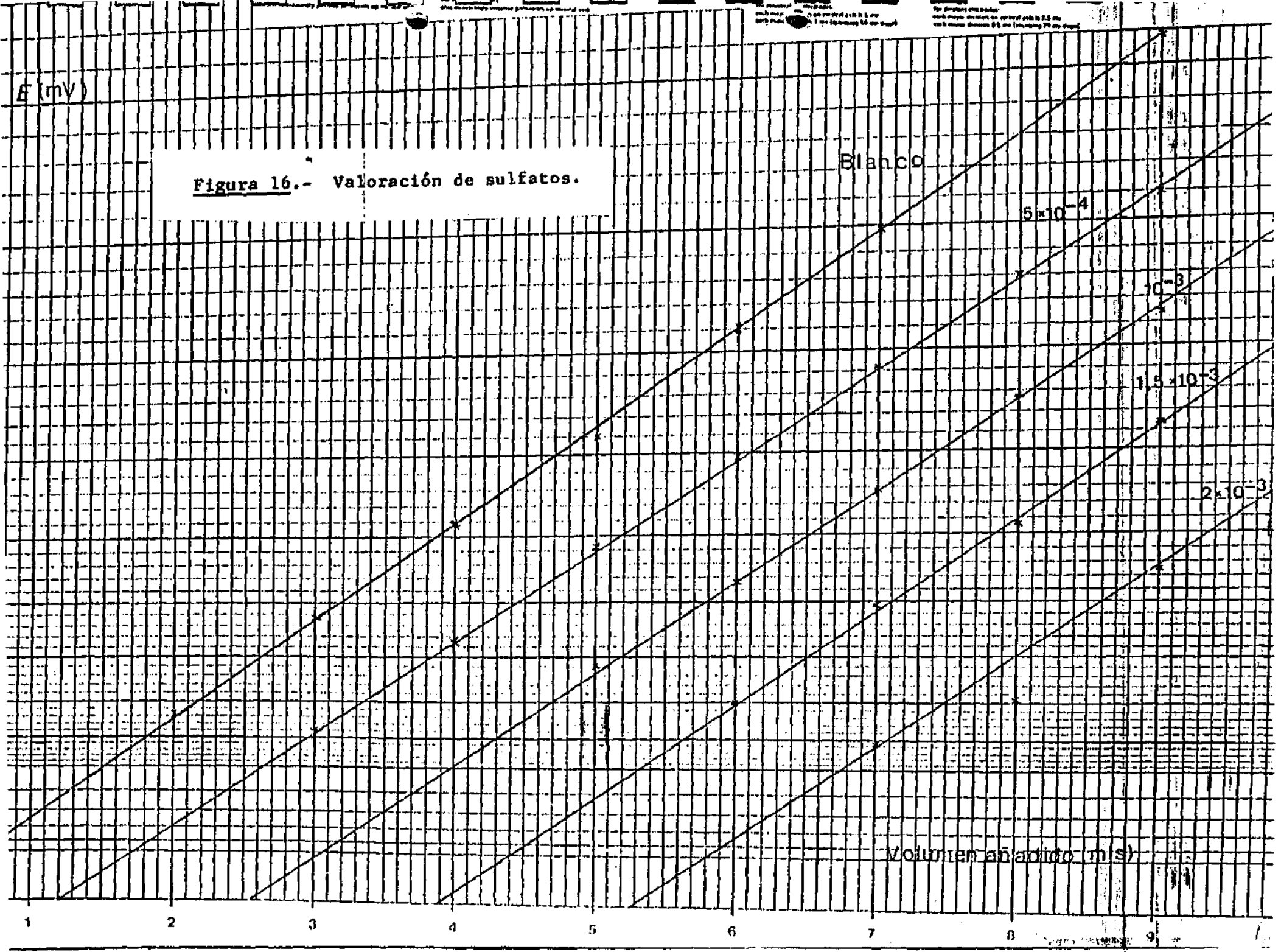
10^{-3}

1.5×10^{-3}

2×10^{-3}

Volumen añadido (ml)

1 2 3 4 5 6 7 8 9



con La^{3+} . Ya sabemos los problemas que ésta presenta, aunque - pensamos que quizá en medio hidroalcohólico fuese mas factible, porque la cantidad de fosfato que quedase sin precipitar no supu siera una interferencia para la valoración de sulfato.

Se estudió esta precipitación en medio hidoalcohólico a dife rentes valores de pH, comprendidos entre 5 y 8, determinándose el fósforo residual después de la precipitación por el método colo rimétrico, así como la concentración inicial en los patrones.

Los resultados obtenidos se indican en la tabla 29.

Tabla 29.- Precipitación del fosfato con lantano en medio hidroalcohólico a distintos pH

<u>Fósforo inicial (ppm)</u>		<u>pH</u>	<u>Fósforo residual (ppm)</u>
<u>Preparado</u>	<u>Encontrado</u>		
6,2	6,1	5,0	1,4
6,2	6,0	6,2	1,8
6,2	6,3	7,2	1,4
6,2	6,2	8,0	1,8

Las diferencias observadas para los distintos valores de pH no se consideraron significativas.

Procedimos a continuación a la valoración de una serie de

muestras de sulfato en presencia de una concentración de fosfato constante de 2.10^{-4} M (correspondiente a la que existe en la disolución nutritiva diluida diez veces). En las diversas valoraciones realizadas o bien las medidas no eran estables o los valores eran irrepresentables o las concentraciones de sulfato calculadas carecían de relación con las preparadas.

Concluimos que no era posible la valoración de sulfato, por este método, en presencia de fosfato.

- Valoración de sulfatos en disolución nutritiva exenta de fósforo.

Se prepararon patrones de SO_4Na_2 en concentraciones entre 0 y 4.10^{-3} M, en presencia de todos los iones que componen la disolución nutritiva, menos el fosfato, en su concentración máxima. Se pasaron por resina y se diluyeron convenientemente con metanol y agua para obtenerlos en un medio al 50 % en metanol. Se valoraron con $(NO_3)_2Pb$. Los resultados obtenidos, indicados en la tabla 30, fueron totalmente satisfactorios.

Deducimos, por tanto, que el comportamiento del electrodo de plomo en presencia de los iones de la disolución nutritiva es correcto, por lo que puede utilizarse en estudios de contaminación de plantas y aguas siempre que el nivel de fósforo no sea suficiente para provocar la precipitación del fosfato de plomo. La valoración de sulfato en estas condiciones también es satisfactoria, por lo que podrá llevarse a cabo en aguas de riego (que no suelen presentar fósforo), fertilizantes no fosfóricos y muestras agrícolas exentas de fósforo.

Tabla 30.- Valoración de sulfato en disolución nutritiva exenta de fósforo.

<u>Concentración de sulfato (M)</u>			
<u>Preparada</u>	<u>Encontrada</u>		
	<u>Valoración 1</u>	<u>Valoración 2</u>	<u>Valoración 3</u>
0	0	0	0
$0,5 \cdot 10^{-3}$	$0,48 \cdot 10^{-3}$	$0,49 \cdot 10^{-3}$	$0,48 \cdot 10^{-3}$
10^{-3}	10^{-3}	$0,90 \cdot 10^{-3}$	10^{-3}
$1,5 \cdot 10^{-3}$	$1,45 \cdot 10^{-3}$	$1,50 \cdot 10^{-3}$	$1,49 \cdot 10^{-3}$
$2,0 \cdot 10^{-3}$	$2,00 \cdot 10^{-3}$	$2,05 \cdot 10^{-3}$	$2,09 \cdot 10^{-3}$
$2,5 \cdot 10^{-3}$	$2,45 \cdot 10^{-3}$	$2,50 \cdot 10^{-3}$	$2,40 \cdot 10^{-3}$
$3,0 \cdot 10^{-3}$	$2,95 \cdot 10^{-3}$	$2,92 \cdot 10^{-3}$	$3,00 \cdot 10^{-3}$
$4,0 \cdot 10^{-3}$	$4,00 \cdot 10^{-3}$	$4,00 \cdot 10^{-3}$	$3,96 \cdot 10^{-3}$

3.3. Experiencia de variedades y densidades de siembra

Como ya se ha hecho constar en capítulos anteriores, la finalidad fundamental del presente trabajo corresponde a la puesta a punto de una nueva metodología que permita llevar a cabo estudios de Nutrición Vegetal en invernadero, que sean aplicables a invernaderos convencionales, que existen en nuestro país en una superficie superior a las 15.000 Ha.

Dicha metodología se refiere fundamentalmente al control del cultivo, tanto en relación al sustrato nutritivo como a la misma planta.

En lo relativo al control de planta se han considerado, sobre la base de un gran número de datos, diferentes niveles de desarrollo de planta (tanto en tiesto, Carpena, 1982, como en balsa), variedades, densidades de siembra, estudio de los balances nutrientes evolutivos durante el ciclo de cultivo (Carpena y col. 1968), determinación de los momentos más idóneos de toma de muestra para los diferentes objetivos que puedan surgir en estudios de nutrición, determinación de niveles de referencia de elementos y relaciones entre ellos para la interpretación de resultados, aplicación a estudios de fertilidad de suelos y programación de un control continuo de factores químicos de nutrición en función de la frecuencia de muestreo deducida del presente trabajo.

Los datos que se han obtenido durante varios ciclos de cultivo nos han permitido establecer una normativa de experimentación. Esta normalización del trabajo de invernadero incluye así

mismo la puesta a punto de los métodos analíticos a base de electrodos selectivos anteriormente expuestos.

Los resultados obtenidos para cada elemento nos aportan información para completar la metodología de cultivo que pretendemos en nuestro estudio.

3.3.1. Control de la disolución nutritiva

En las figuras 17 a 28 se muestran los valores obtenidos - en los análisis de cada elemento y conductividad en la disolución nutritiva a lo largo del ciclo de cultivo. Las líneas discontinuas paralelas al eje de abscisas delimitan el intervalo de concentraciones que nos propusimos mantener al iniciar el cultivo.

Hay que hacer notar que el agua que se empleó para restablecer el volumen inicial en los depósitos de disolución nutritiva no era desmineralizada, lo que nos provocó algunas alteraciones en la disolución nutritiva, tales como :

- Aumento del valor del pH. Para corregir esta alteración tuvimos que añadir ácido a la disolución nutritiva. Se añadió sulfúrico o clorhídrico según los valores de concentración de sulfato y cloruro encontrados en cada toma de muestra. Por esta razón no incluimos los gráficos de variación de estos iones en la disolución nutritiva a lo largo del ciclo de cultivo, pues no son representativos de la cantidad tomada por la planta sino que, en cierto modo, vienen obligados por la necesidad de mantener el pH de la disolución nutritiva a valores ligeramente ácidos.

NO_3^- disolución nutritiva

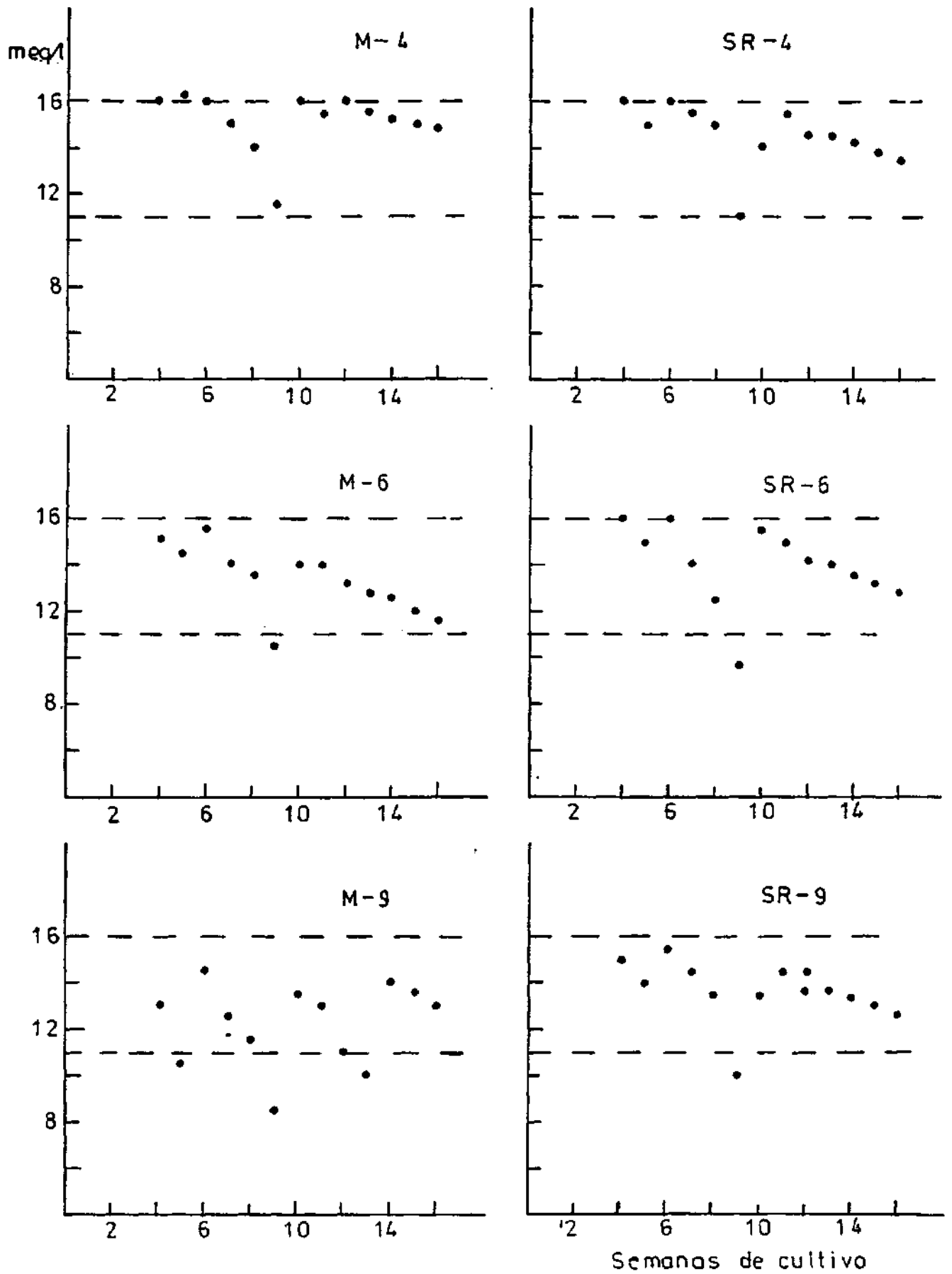


Figura 17.- Evolución de NO_3^- en disolución nutritiva.

P disolucion nutritiva

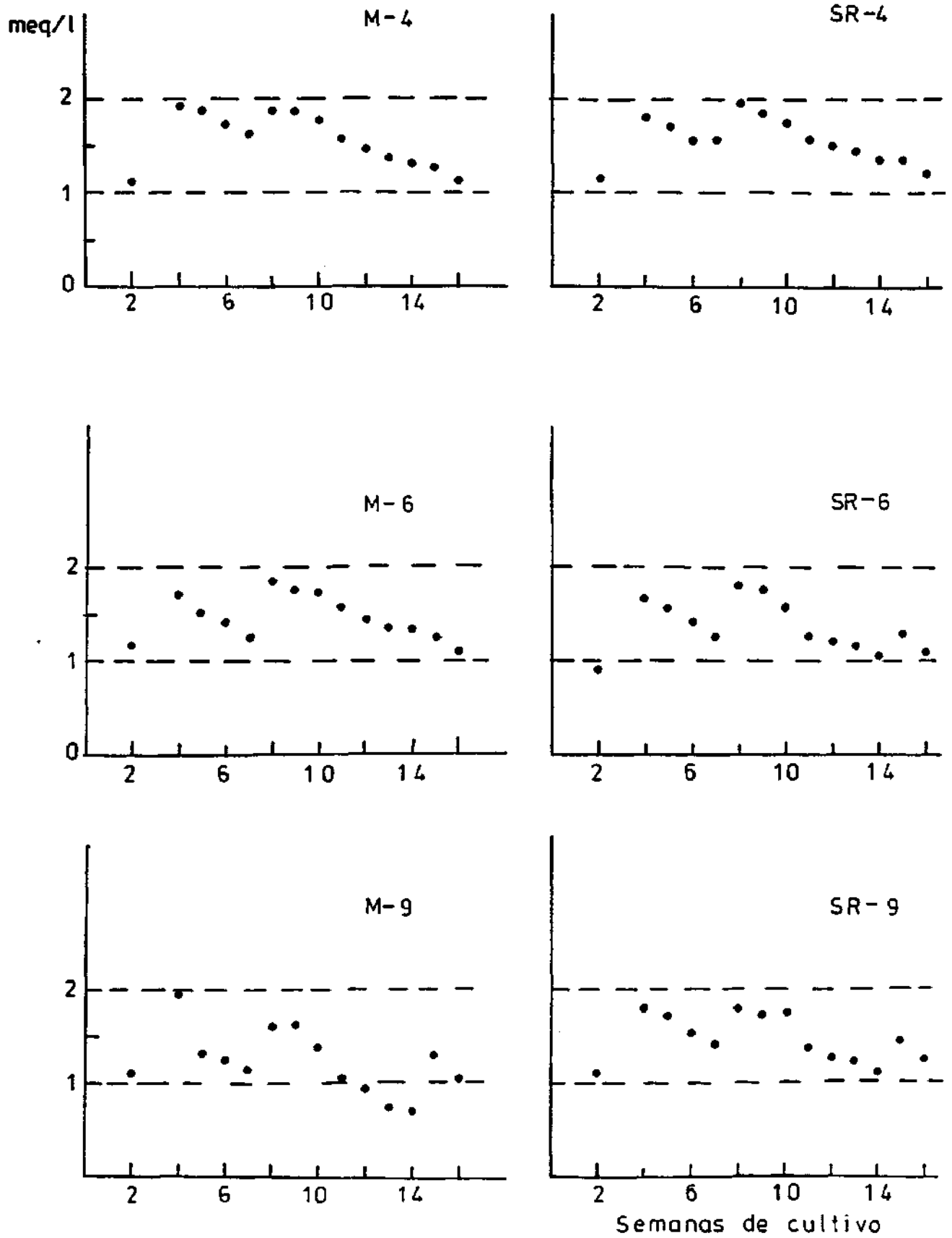


Figura 18.- Evolución del fósforo en disolución nutritiva.

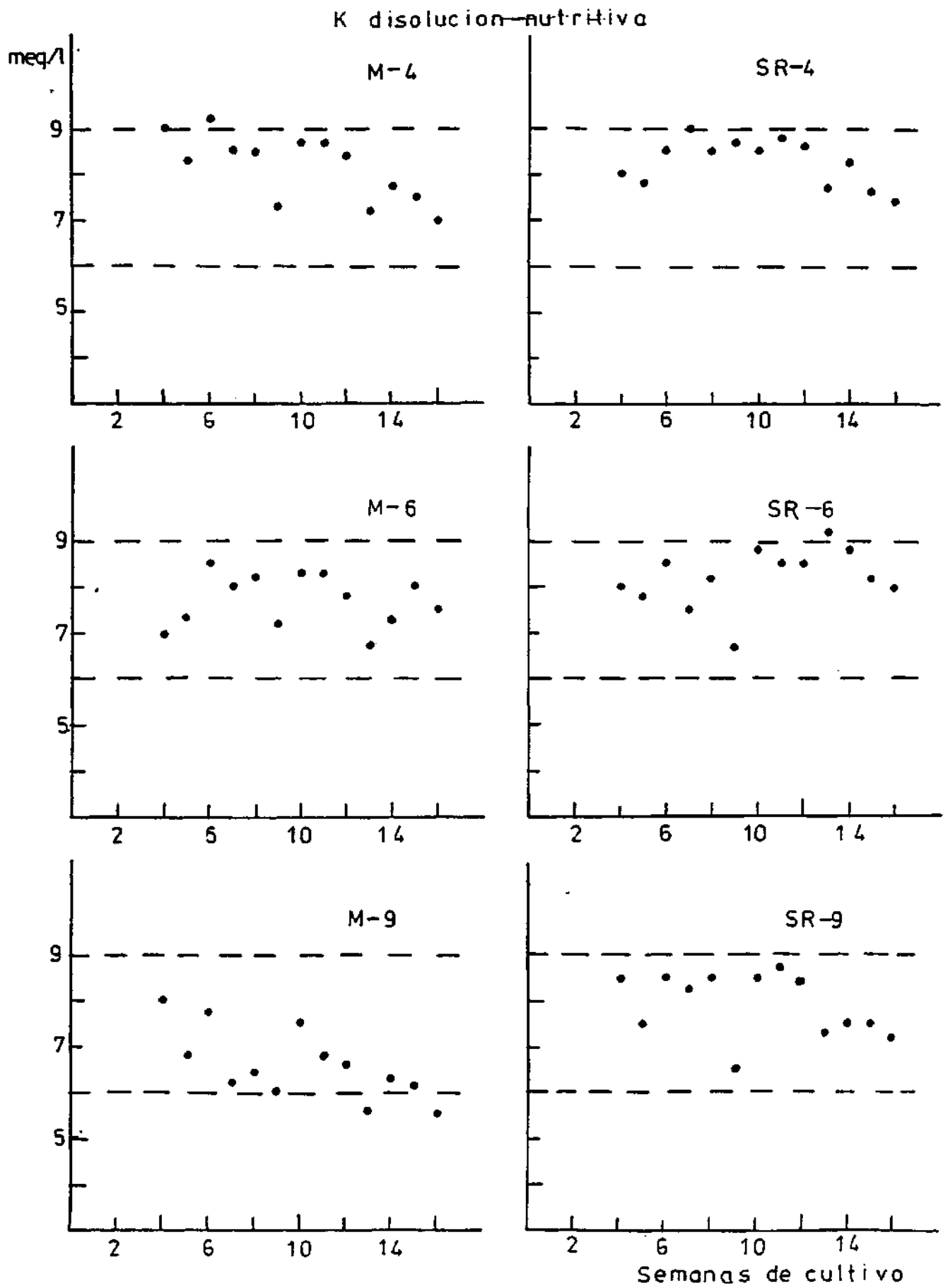


Figura 19.- Evolución de potasio en disolución nutritiva.

Ca disolución nutritiva

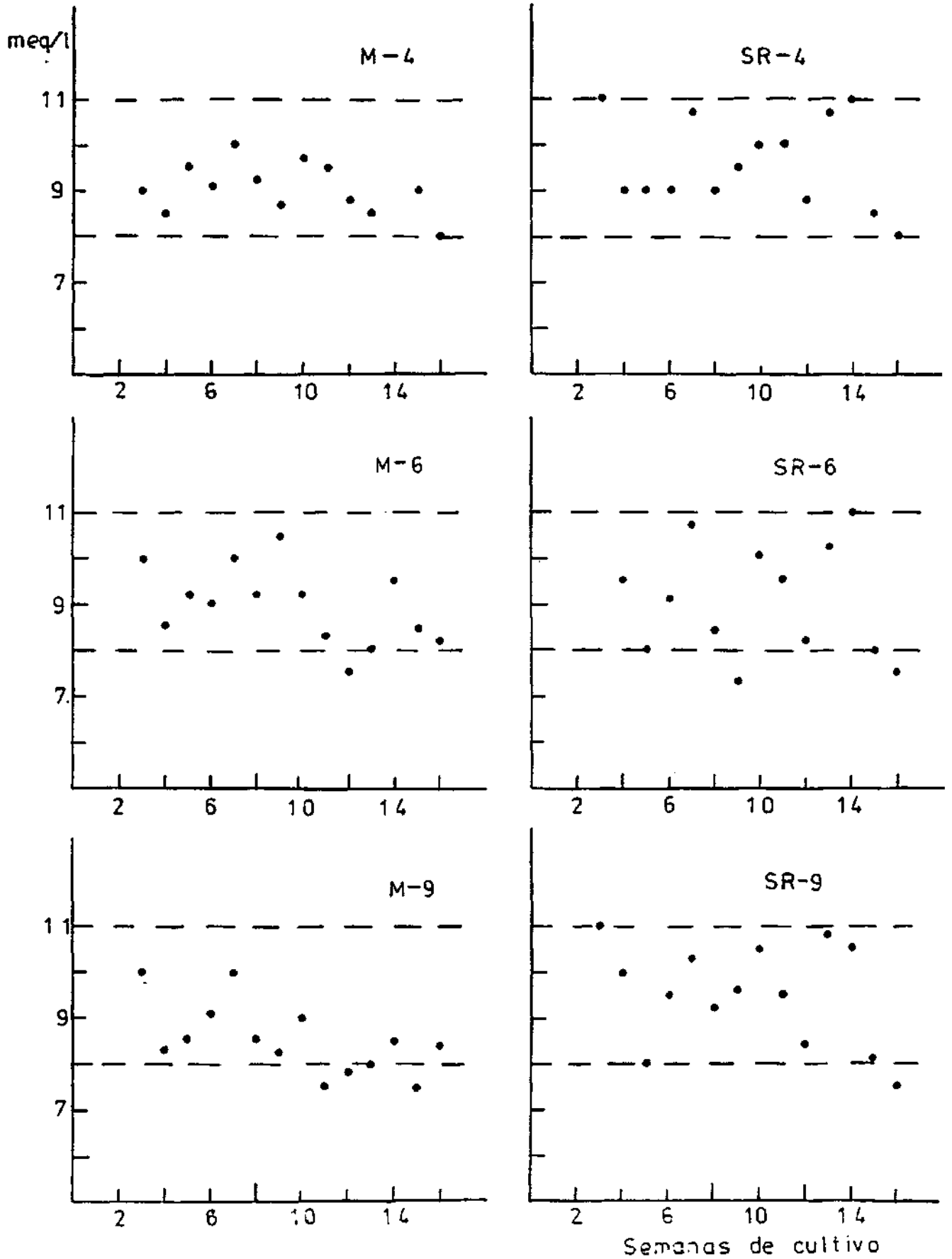


Figura 20.- Evolución de calcio en disolución nutritiva.

Mg disolución nutritiva

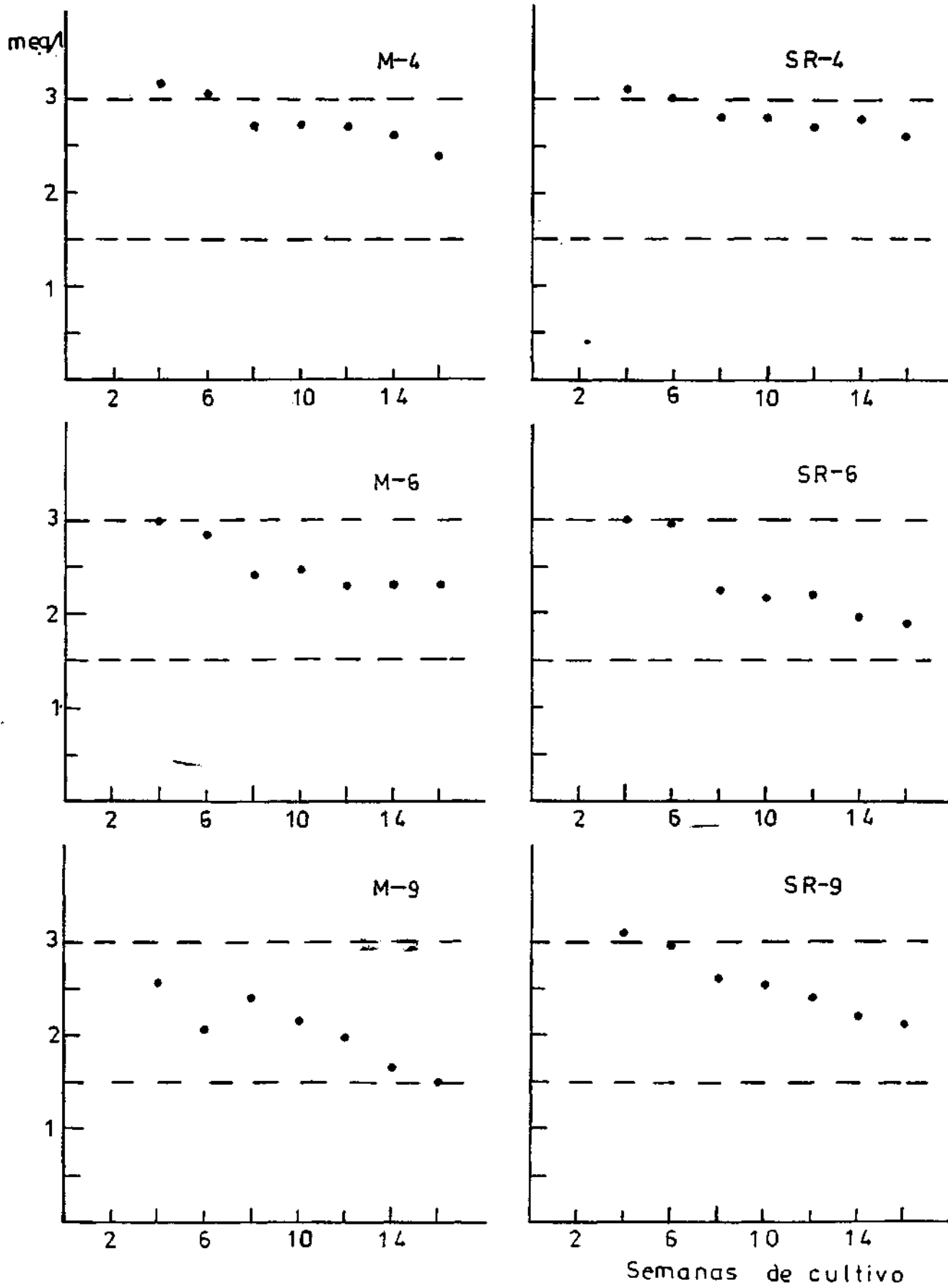


Figura 21.- Evolución de magnesio en disolución nutritiva.

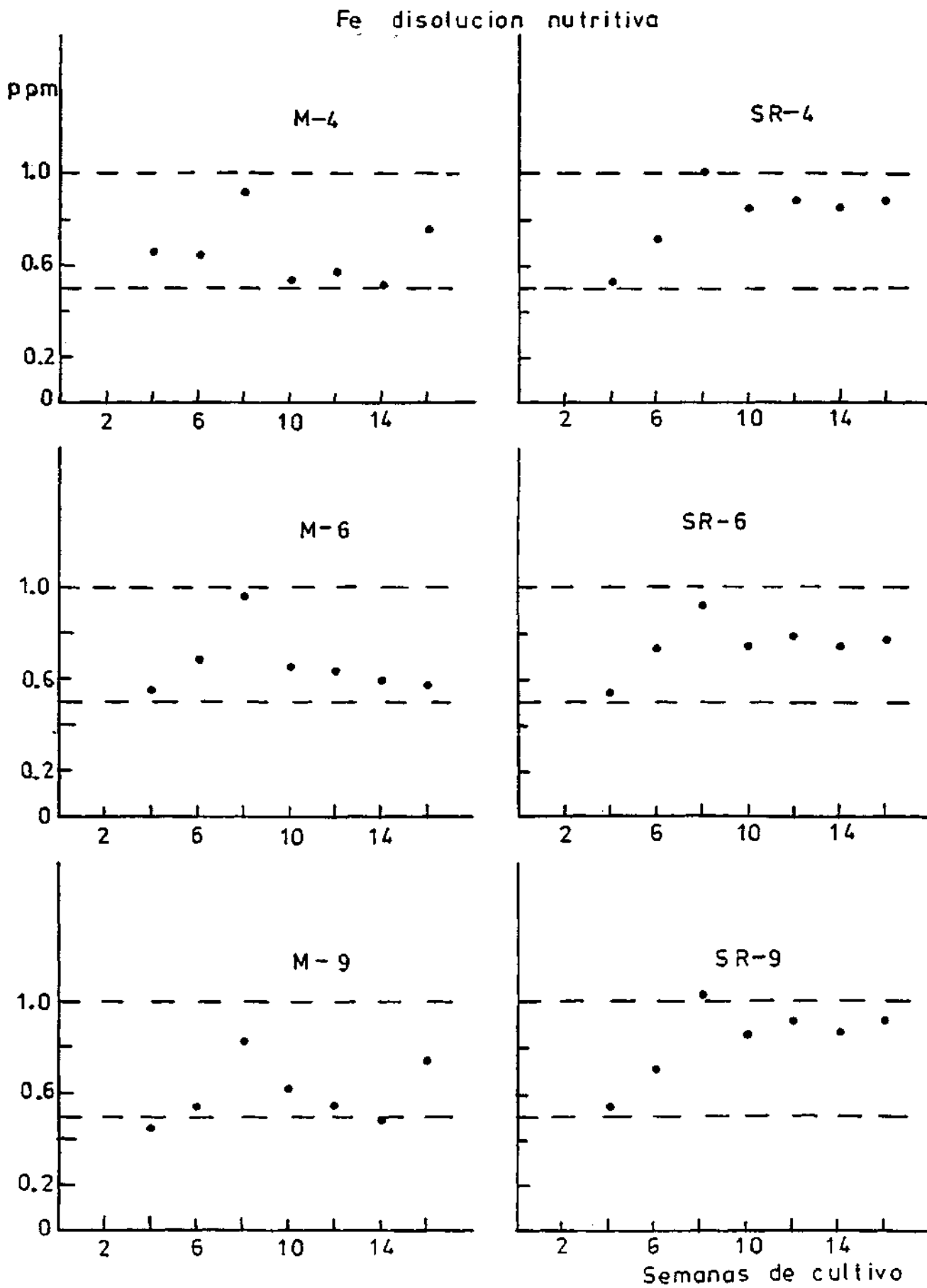


Figura 22.- Evolución de hierro en disolución nutritiva.

Mn disolución nutritiva

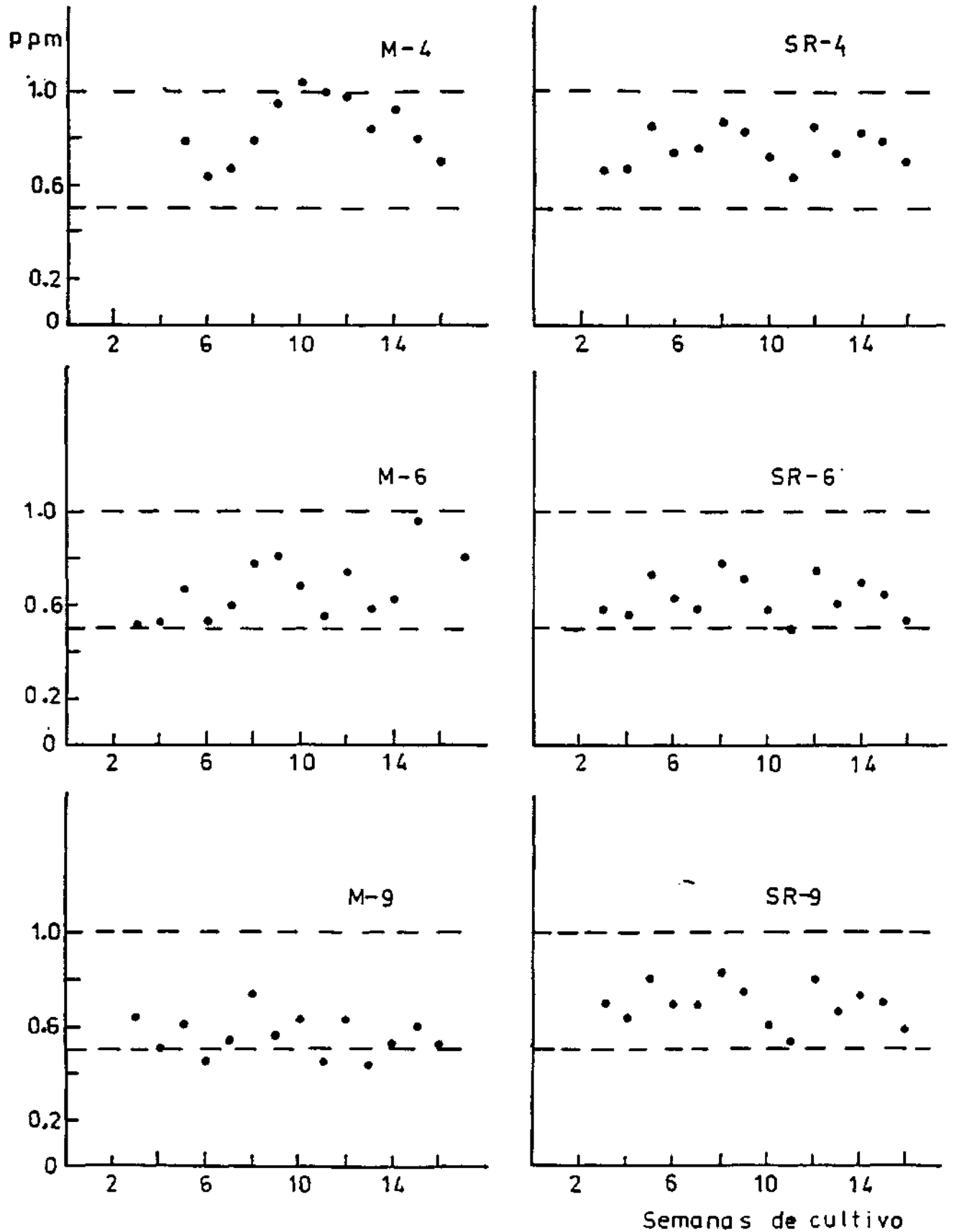


Figura 23.- Evolución de manganeso en disolución nutritiva.

Cu disolucion nutritiva

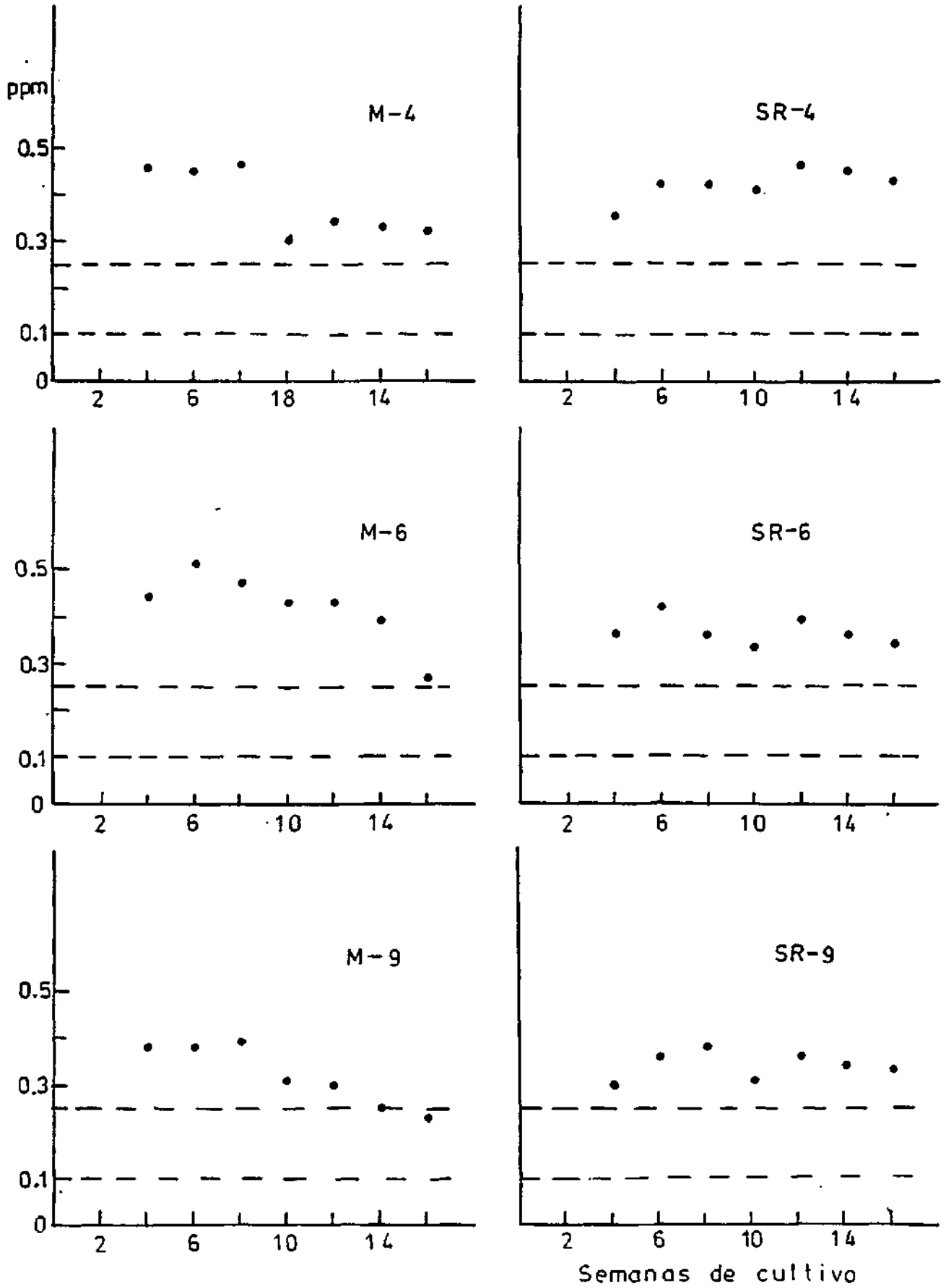


Figura 24.- Evolución de cobre en disolución nutritiva.

Zn disolucion nutritiva

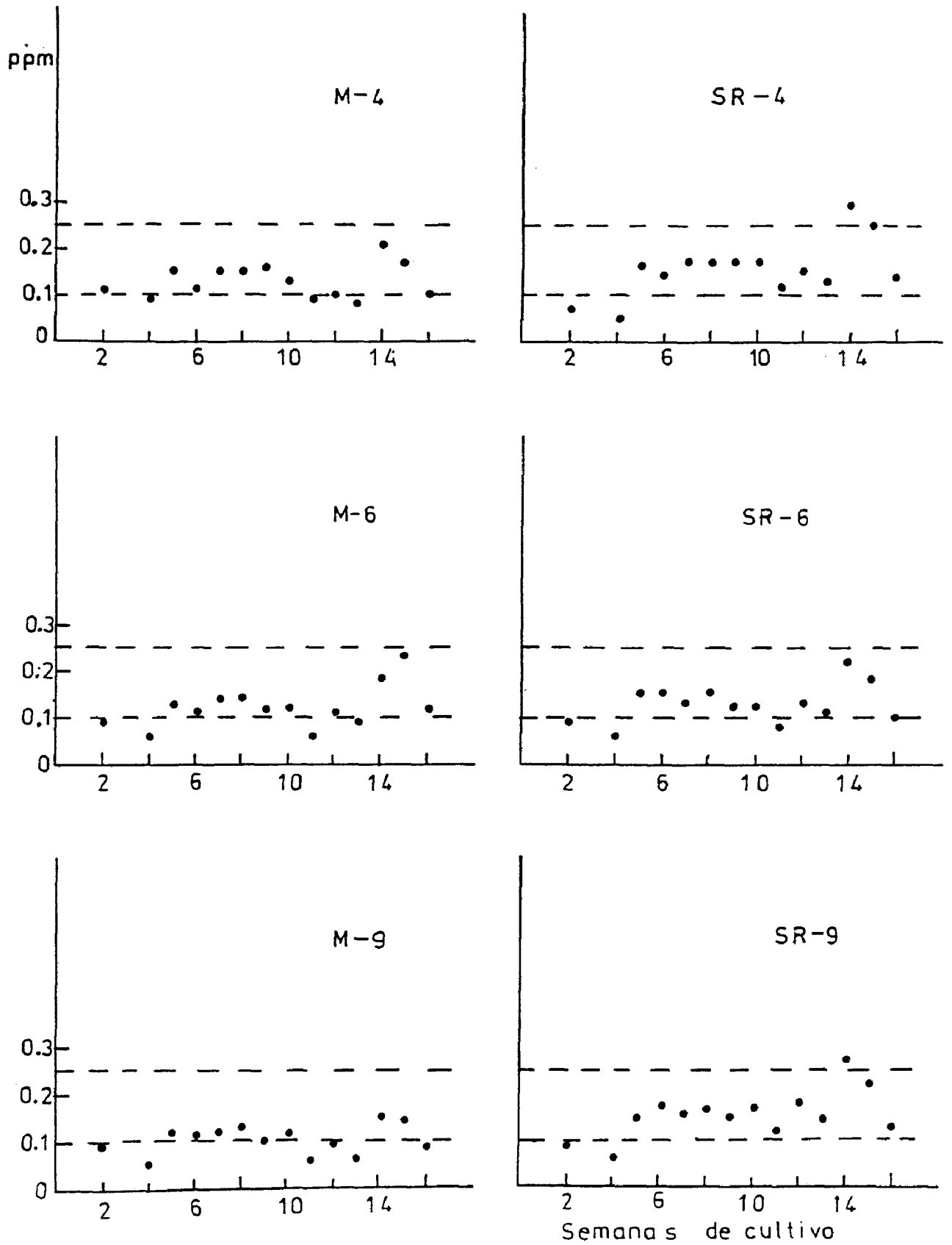


Figura 25.- Evolución de zinc en disolución nutritiva.

B disolución nutritiva

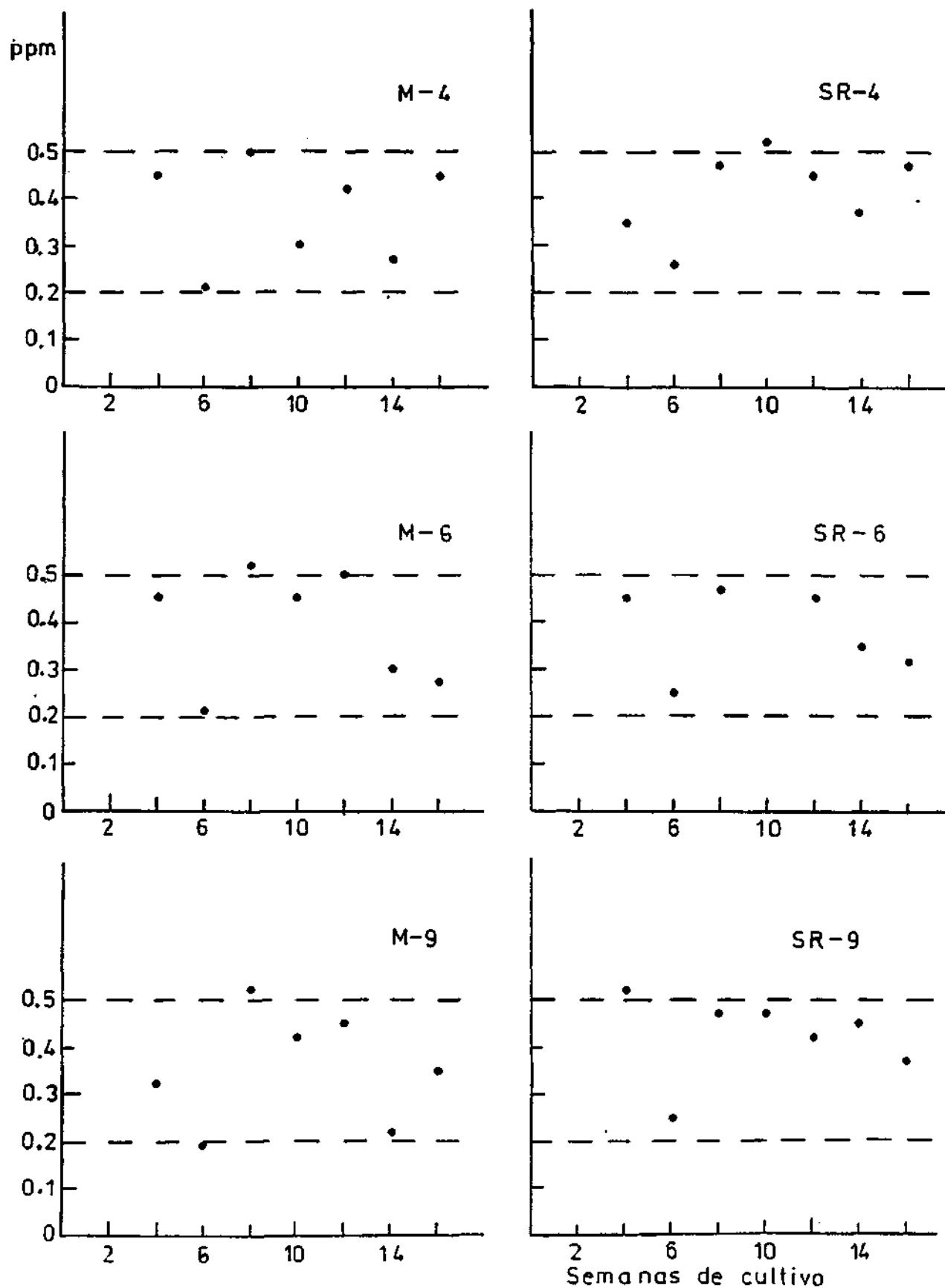


Figura 26.- Evolución de boro en disolución nutritiva.

Mo disolucion nutritiva

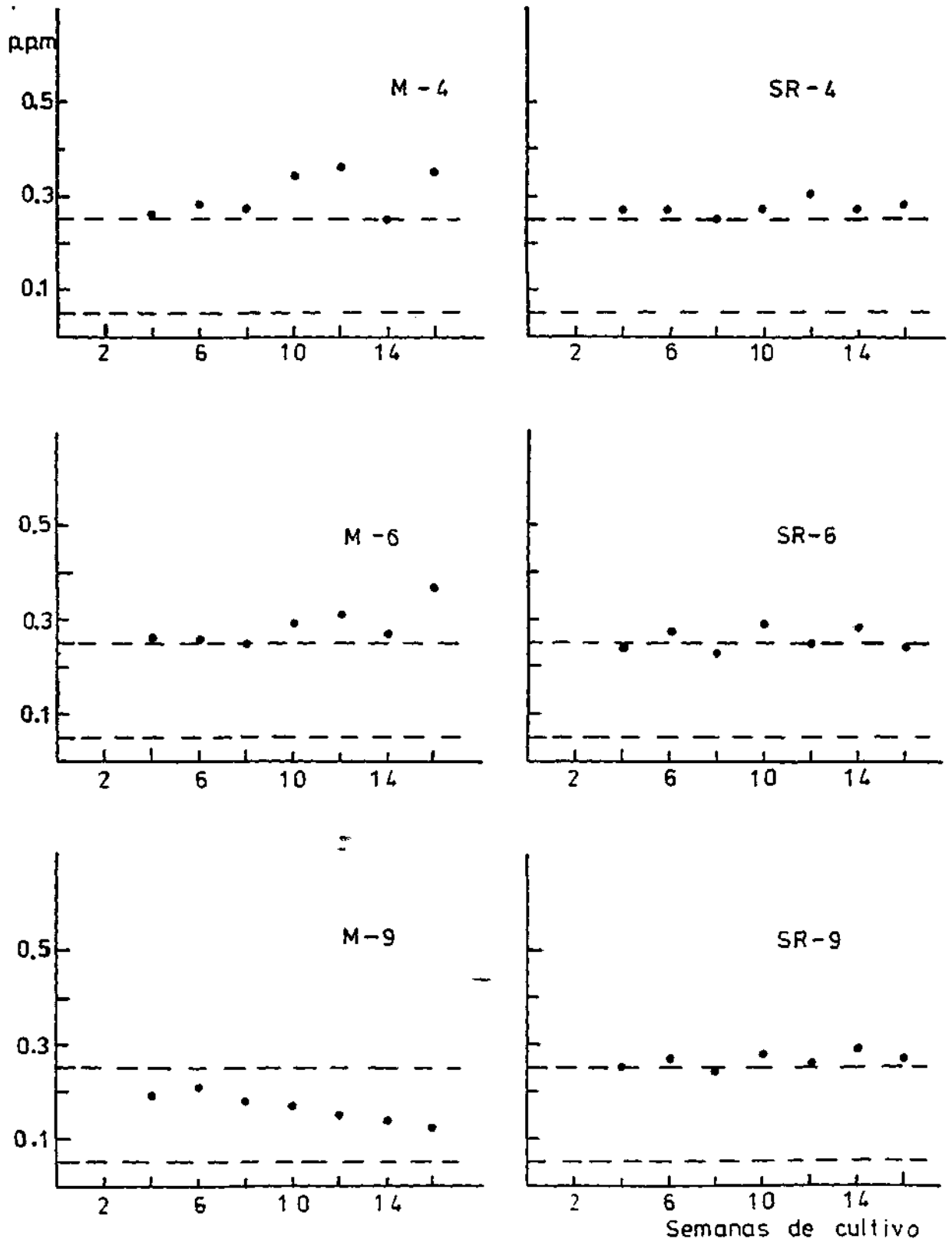


Figura 27.- Evolucion de molibdeno en disolucion nutritiva.

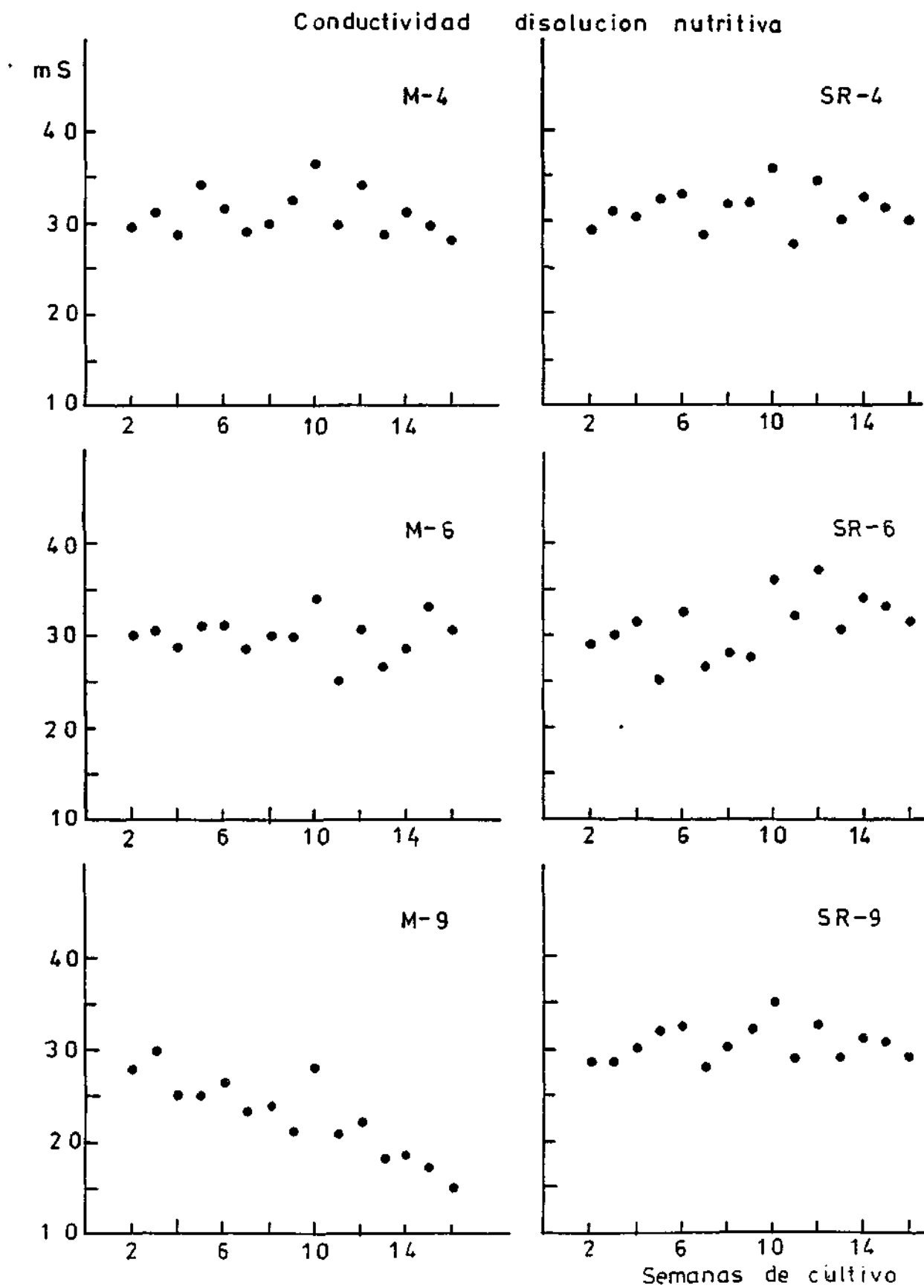


Figura 28.- Evolución de la conductividad en la disolución nutritiva.

- Para ciertos oligoelementos, como Cu y Mo, se observa que, sin realizar ninguna adición de las sales que los contienen, los valores son incluso superiores al valor máximo del intervalo que nos habíamos propuesto mantener. Estos valores deben ser consecuencia, por lo tanto, de la cantidad aportada por el agua añadida.

En general, se han logrado mantener los valores de concentración de los elementos dentro del intervalo propuesto, por lo que puede afirmarse que el control de la disolución nutritiva ha sido totalmente satisfactorio.

En cuanto a la conductividad, durante el ciclo de cultivo se observan diferencias perfectamente medibles y detectables por un conductivímetro. Esto nos indica la posibilidad de establecer un primer paso en el control mediante la medida de la conductividad de la disolución, siendo este valor el que nos indique la necesidad de realizar análisis de elementos en la disolución nutritiva.

En nuestro caso, no es fácil relacionar las adiciones realizadas con las variaciones de la conductividad por el hecho, expuesto anteriormente, de haber realizado ciertas adiciones, inevitablemente, con la enorme cantidad de agua que fué preciso añadir a lo largo del ciclo de cultivo. Sin embargo, si se añadiese agua desmineralizada para restablecer el volumen inicial de disolución, la medida de la conductividad sería un claro índice de la concentración global de la disolución y podremos fijar unos már-

genes por debajo de los cuales sería necesaria la medida de la concentración de los elementos y la corrección de aquellos que se encuentren en valores de concentración por debajo del intervalo de normalidad.

Las variaciones de la densidad de siembra 4 de las dos variedades estudiadas (M-4 y SR-4) son muy similares y, considerando que será ésta la densidad de siembra elegida para futuras experimentaciones, utilizaremos estos datos para proponer finalmente la metodología de control continuo, que sería iniciada por la medida de la conductividad, incluso de pH, combinadas con la medida de las concentraciones de elementos mediante electrodos selectivos cuando los valores de conductividad o pH obtenidos lo aconsejen.

3.3.2. Adiciones realizadas a la disolución nutritiva

En las tablas 31 a 36 se indican las adiciones de elementos realizadas, a lo largo de todo el ciclo de cultivo, a cada uno de los depósitos de disolución nutritiva. Recordemos que cada uno de ellos alimenta a cuatro balsas de cultivo, que corresponden a las cuatro repeticiones de la misma densidad de siembra de cada variedad.

Tabla 31.- Adiciones realizadas a la disolución nutritiva.

Depósito nº 1. M-4.

Semanas de cultivo	PO_4H_2K meq./l.	$(NO_3)_2Ca$ meq./l.	NO_3K meq./l.	Mn ppm.	Zn ppm.	Fe ppm.	B ppm.
3	1,5			0,73	0,14		
4				0,40			
5		2,5		0,33	0,16	0,35	
6					0,10		
7				0,37	0,13	0,36	0,37
10		2,0	2,0	0,90	0,09		
12					0,16		
14					0,12		
15						0,37	0,20

Tabla 32.- Adiciones realizadas a la disolución nutritiva.
Depósito nº 2. M-6.

Semanas de cultivo	PO_4H_2K meq./l.	$(NO_3)_2Ca$ meq./l.	NO_3K meq./l.	Mn ppm.	Zn ppm.	Fe ppm.	B ppm.
3	1,5			0,71	0,16		
4				0,49			
5		2,5		0,47	0,19	0,45	
6					0,12		
7				0,37	0,13	0,36	0,37
10			2,0		0,13		
12				0,45	0,19		
14					0,12		
15	0,4			0,37	0,06	0,37	0,20

Tabla 33.- Adiciones realizadas a la disolución nutritiva.

Depósito nº 3. M-9.

Semanas de cultivo	$\text{PO}_4\text{H}_2\text{K}$ meq./l.	$(\text{NO}_3)_2\text{Ca}$ meq./l.	NO_3K meq./l.	Mn ppm.	Zn ppm.	Fe ppm.	B ppm.
3	1,5			0,68	0,16		
4				0,36			
5		2,75		0,25	0,20	0,55	0,18
6		2,50	2,0		0,13		
7				0,55	0,13	0,46	0,37
10		2,50	4,0	0,44	0,15		
12				0,56	0,19		
14					0,12		
15	1,0			0,57	0,12	0,50	0,25

Tabla 35.- Adiciones realizadas a la disolución nutritiva.
Depósito nº 5. Sk-6.

Semanas de cultivo	PO_4H_2K meq./l.	$(NO_3)_2Ca$ meq./l.	NO_3K meq./l.	Mn ppm.	Zn ppm.	Fe ppm.	B ppm.
3	1,6			0,75	0,16		
4				0,42			
5		1,5		0,44	0,19	0,47	
6		1,0			0,10		
7				0,37	0,10	0,28	0,35
10		3,5	4,0		0,13		
12				0,50	0,17		
14					0,12		
15	0,3						

Tabla 30.- Adiciones realizadas a la disolución nutritiva.
Depósito nº 6. SR-9.

Semanas de cultivo	$\text{PO}_4\text{H}_2\text{K}$ meq./l.	$(\text{NO}_3)_2\text{Ca}$ meq./l.	NO_3K meq./l.	Mn ppm.	Zn ppm.	Fe ppm.	B ppm.
3	1,5			0,65	0,16		
4				0,30			
5		1,0		0,36	0,19	0,46	
6		2,0			0,10		
7				0,31	0,08	0,30	0,35
10		1,0	1,5		0,23		
12				0,47	0,13		
14					0,12		
15	0,4						

Las variaciones de las concentraciones de elementos en la disolución nutritiva son función del momento fenológico en que se encuentra la planta y no necesariamente iguales para cada elemento. Siempre serán un índice claro de las necesidades de la planta, sobre todo en nuestro caso en el que, al haberse mantenido las concentraciones de los elementos dentro del intervalo de normalidad preestablecido, podemos asegurar que la planta no ha sido sometida, en ningún momento, a condiciones deficientes o tóxicas de cualquiera de los elementos.

Deduciremos, por tanto, los momentos de máxima absorción para cada elemento en función de las exportaciones de la planta sobre la disolución nutritiva, según las tablas 31 y 39. Hemos tomado como referencia la variedad Marglobe, densidad de siembra 4, por ser las que recomendaremos, al final del presente trabajo, como más idóneas para estudios de problemas de nutrición en el invernadero.

Hay que tener en cuenta que, debido a una pérdida por accidente, hubo que añadir 650 litros de disolución nutritiva completa al depósito nº 1 entre las semanas de cultivo 8 y 9, con lo que se cubrieron tanto las pérdidas como las adiciones de elementos que eran necesarias en esta época.

Teniendo en cuenta todas las consideraciones anteriormente expuestas, se observan máximos de absorción de elementos en las siguientes épocas del ciclo de cultivo :

Nitrógeno : Plena floración, Fructificación y Comienzo de Maduración.

Fósforo : Botones florales, Fructificación.

Potasio : Botones florales, Fructificación y Comienzo de maduración.

Calcio : Plena floración, Fructificación y Comienzo de maduración.

Hierro : Plena floración y Fructificación.

Boro : Fructificación.

Zinc : Absorción sistemática a lo largo del ciclo de cultivo, lo que nos hace pensar en la conveniencia de aumentar la concentración de este oligoelemento en la disolución nutritiva.

El resto de elementos, por lo que se deduce de nuestros datos, no presentan máximos de absorción claros en momentos determinados, sino que son absorbidos de manera más o menos uniforme a lo largo de todo el ciclo de cultivo.

3.3.3. Balances nutrientes evolutivos en hoja y savia

En las tablas 40 a 135, incluidas en el apéndice, se indican los resultados obtenidos en cuanto a análisis foliar y de savia - para cada elemento, variedad y densidad de siembra estudiados.

En las figuras 29 a 44 se muestran los balances nutrientes evolutivos correspondientes.

En primer lugar hemos estudiado las diferencias existentes entre los balances nutrientes evolutivos de distintas variedades y de las diversas densidades de siembra de cada variedad.

En segundo lugar, de los datos obtenidos, pueden deducirse los valores de referencia, para cada variedad, que nos servirán para interpretar resultados, en cada momento fenológico del cultivo, en posteriores experiencias.

Como tercera finalidad nos proponemos recomendar las épocas de toma de muestra más idóneas para el control de elementos. En este sentido es preciso tener en cuenta las características de los dos tipos de material vegetal analizado.

En cuanto al análisis foliar son dignos de destacar los siguientes aspectos :

- Nos proporciona información sobre síntomas visuales de deficiencia o toxicidad. En este supuesto, lógicamente, se recomienda realizar la toma de muestra y el análisis cuando aparecen los primeros síntomas visuales, con el fin de

diagnosticar un determinado problema de nutrición y tenerlo en cuenta para el siguiente ciclo de cultivo, fundamentalmente.

- Nos sirve de guía para la fertilización, aún en el caso de no aparecer síntomas visuales de alteraciones nutritivas. Los valores obtenidos suelen referirse a un único muestreo anual con el fin de comprobar la influencia de la fertilización y utilizarlos para la corrección de la misma en ciclos siguientes. Para este objetivo debemos evitar el muestreo durante las fases de desarrollo de órganos, ya que suelen coincidir con cambios importantes en la composición. Nos interesa determinar, por lo tanto, la época o épocas en las que las variaciones sean menores, con el fin de que el muestreo sea lo más reproducible posible. Al mismo tiempo, en estas épocas debe reflejarse lo más fielmente posible el estado de nutrición de la planta.
- El análisis foliar clásico no nos informa sobre los momentos de máxima absorción a lo largo del ciclo de cultivo, puesto que para conocerlos habría que calcular las exportaciones correspondientes de toda la planta en cada momento fenológico.

En relación al análisis de savia, la información que nos proporciona puede resumirse de la forma siguiente :

- Nos indica el estado de nutrición de la planta en un instante dado, a diferencia del análisis foliar, que nos in-

forma del proceso nutritivo hasta el momento de la toma de muestra. Por lo tanto, el análisis de savia se realizará cuando mejor convenga para el control del estado nutricional de la planta y para las oportunas correcciones de fertilización durante el ciclo de cultivo.

Por otra parte, el análisis de savia presenta la gran ventaja de poder diagnosticar precozmente una anomalía en la nutrición incluso antes de la aparición en la hoja de los síntomas correspondientes.

Es importante matizar que, en función de los datos obtenidos, el análisis foliar y el de savia son complementarios, utilizándose cada uno para las finalidades reseñadas anteriormente.

Nosotros recomendamos el análisis de savia para el control de la fertilización realizada o de la eficacia de la disolución nutritiva utilizada, no sólo con el fin de realizar las oportunas correcciones, sino también por la posibilidad de llevar a cabo el análisis en el mismo campo o invernadero en su mayor parte con electrodos selectivos de iones.

Por último hemos realizado una comparación de los balances nutrientes evolutivos obtenidos por nosotros con los obtenidos en un cultivo realizado a nivel de tiesto (Carpena, 1982), lo cual implica un menor desarrollo de las plantas, no equiparable al de campo como en nuestro caso, pero muy interesante en el estudio de problemas de nutrición vegetal en invernaderos de investigación.

NITROGENO

En las tablas 40 a 51 se indican los resultados obtenidos en el % de nitrógeno foliar y ppm. de nitrato en savia, y en las figuras 29 y 30 los balances nutrientes evolutivos correspondientes.

N foliar

No hay diferencias apreciables en cuanto a las distintas densidades de siembra para la misma variedad. Esto es lógico si tenemos en cuenta que la relación volumen de disolución nutritiva/número de plantas es alta incluso con la mayor densidad de siembra ensayada.

La importancia de este primer resultado, que como veremos a continuación se repite para todos los elementos, reside en que, en nuestras condiciones de experimentación, no es necesario cambiar las concentraciones de los elementos en la disolución nutritiva durante los diferentes momentos fenológicos, para optimizar la disolución nutritiva.

La cantidad de plantas por unidad de superficie influirá únicamente en la frecuencia de las adiciones que serán necesarias para restablecer la cantidad de cada elemento absorbido por la planta.

Se encuentran ligeras diferencias sistemáticas entre las dos variedades cultivadas.

Los niveles de referencia pueden deducirse de los balances nutrientes evolutivos para cada variedad con el fin de interpretar los resultados en cada momento fenológico del cultivo.

En cuanto a los momentos más idóneos para la toma de muestras hay que considerar las dos finalidades fundamentales del análisis foliar :

- Confirmación de síntomas visuales de deficiencia o toxicidad, para lo que no es necesario definir "a priori" el momento de toma de muestra.

- Por otra parte, respecto a los momentos fenológicos más idóneos para la toma de muestra anual como guía de la fertilización y a la vista de los valores obtenidos (figura 29), siguiendo el primer pomo floral, las menores variaciones se obtienen entre las 6 y 11 semanas de cultivo, es decir, desde la plena floración hasta el comienzo de la maduración, en nuestras condiciones de cultivo. Por lo tanto, en este intervalo se conseguirá la máxima reproducibilidad en las tomas de muestra.

La reproducibilidad en el muestreo nos permitirá realizar el control de la nutrición en estudios comparativos entre el cultivo hidropónico optimizado y el cultivo en suelo para determinar los factores limitantes de la nutrición.

Con posterioridad a la realización del presente estudio y siguiendo un método similar de recirculación y corrección de la disolución nutritiva, se han estudiado los balances nutrientes evolutivos a nivel de tiesto (Carpena, 1982), con disoluciones

nutritivas semejantes a las que nosotros proponemos en nuestras experiencias con balsas. Con respecto al nitrógeno se han obtenido evoluciones similares y niveles sensiblemente más altos en balsas que en tiestos. En nuestro estudio se han realizado las determinaciones en una zona más amplia del ciclo de cultivo, lo que nos ha permitido acotar, con mayor número de datos, las épocas de menor variabilidad, según se ha indicado anteriormente y por otra parte disponemos de niveles de referencia aplicables en invernaderos convencionales y en el mismo campo, ya que nuestras condiciones experimentales nos han permitido un desarrollo de planta equiparable.

NO₃⁻ en savia

Los intervalos de confianza durante el ciclo de cultivo son muy estrechos, lo que demuestra la elevada reproducibilidad del método de extracción y análisis.

Las variaciones durante el ciclo de cultivo son muy acusadas, lo que nos indica una gran sensibilidad del método y que por otra parte no nos permiten establecer una época idónea de toma de muestra para el control global de fertilidad. Sin embargo, esto no representa ningún problema puesto que la información que proporciona el material savia corresponde al estado de nutrición en un momento determinado en el que, por ejemplo, puede producirse un problema de deficiencia o toxicidad. Por lo tanto, dicha variabilidad no es obstáculo para aplicar el control analítico a su finalidad fundamental, que son las correcciones de fertilización.

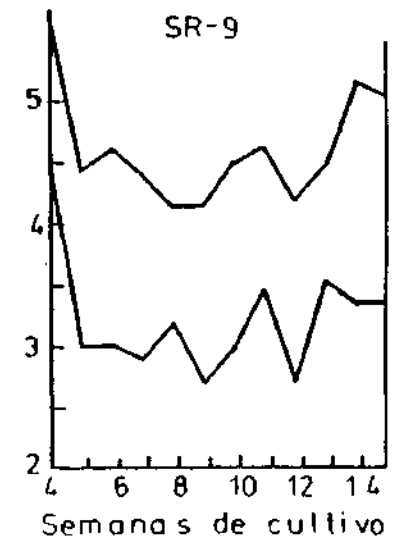
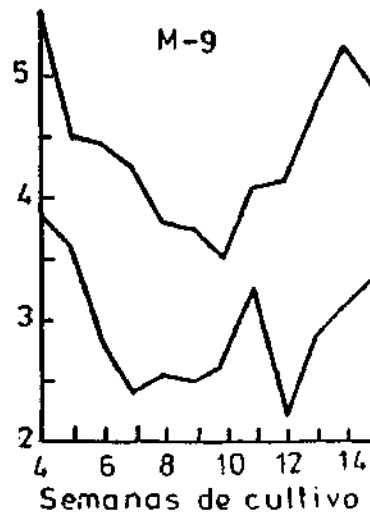
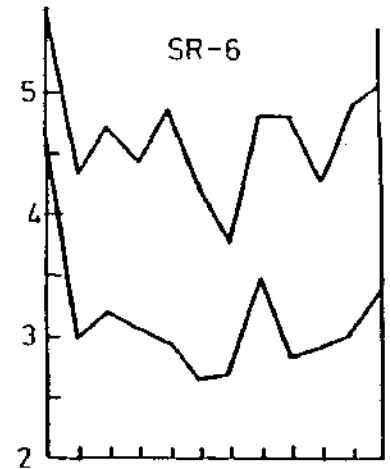
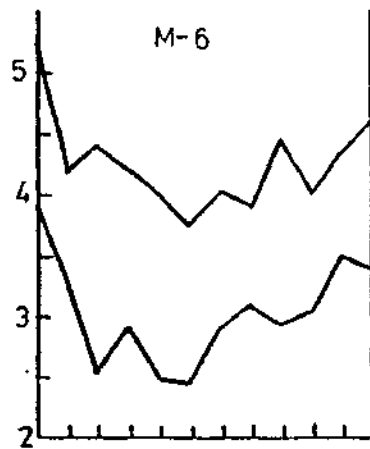
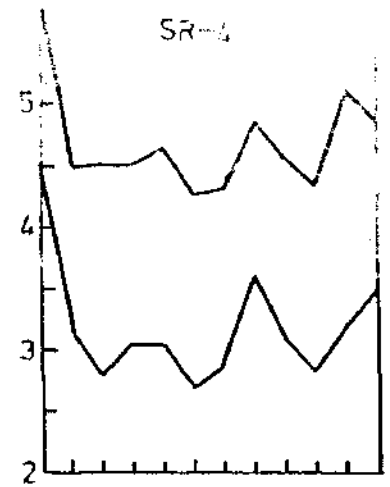


Figura 29.- Balances nutrientes evolutivos.
Nitrógeno foliar (%).

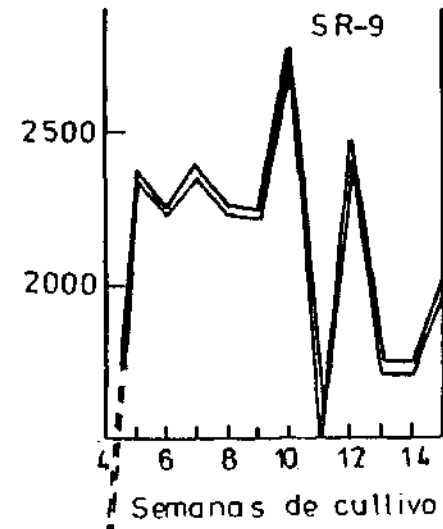
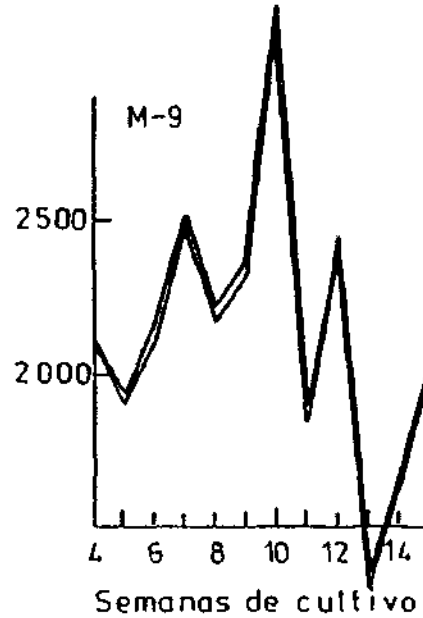
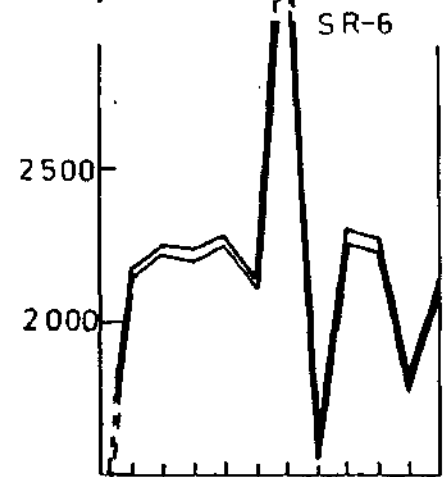
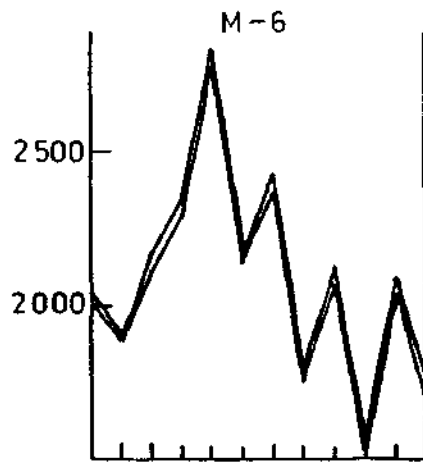
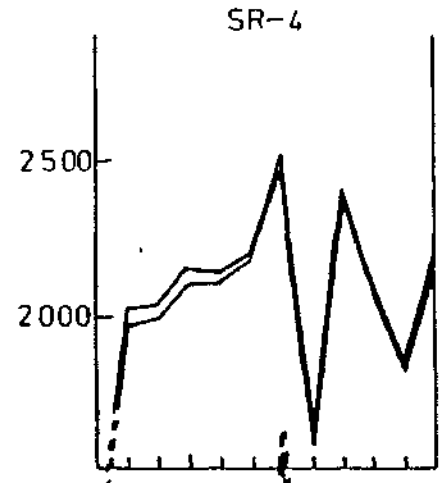
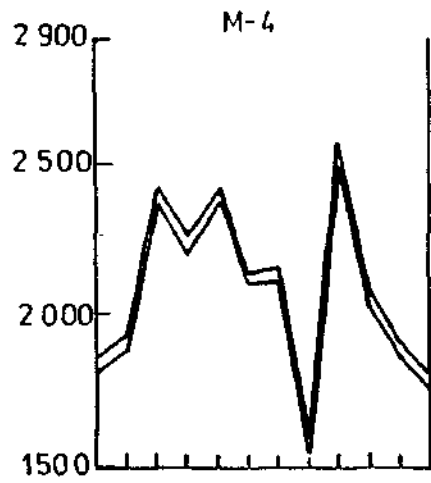


Figura 30.- Balances nutrientes evolutivos.
Nitrato en savia (ppm.)

Las evoluciones de NO_3^- son muy similares en las distintas densidades de siembra ensayadas, con alguna excepción entre la densidad 4 y el resto, para la variedad Marglobe.

Las diferencias son más notorias entre las dos variedades estudiadas.

A pesar de la gran variabilidad pueden utilizarse los datos obtenidos en los diferentes momentos fenológicos como referencia siempre que se trabaje en las mismas condiciones de nuestra experimentación.

Al comparar los niveles de nitrato en savia entre el cultivo en tiesto y el llevado a cabo en nuestro ensayo con balsas, que permiten una optimización del cultivo, se aprecian notables diferencias que llegan a ser del orden de tres veces superiores para las plantas desarrolladas en balsas.

FOSFORO

En las tablas 52 a 63 se indican los resultados obtenidos en % de fósforo foliar y ppm de fosfato en savia, y en las figuras 31 y 32 los balances nutrientes evolutivos correspondientes.

P foliar

Los resultados son similares a los comentados para el nitrógeno en lo relativo a variedades y densidades de siembra y en cuanto a comparación entre cultivos desarrollados en tiestos y balsas.

La variabilidad del intervalo de normalidad en el balance nutriente evolutivo sólo es apreciable a partir del comienzo de la maduración. La época de toma de muestra más idónea puede coincidir, por lo tanto, con la definida anteriormente para el nitrógeno.

P en savia

La interpretación de resultados es equivalente a la señalada para el nitrógeno, aunque en la comparación con el cultivo en tiestos se observan en éstos concentraciones ligeramente superiores, siendo debidas probablemente a las concentraciones ligeramente superiores de la disolución nutritiva y a que el nivel de nitrato era ligeramente inferior, lo que produce una ligera acumulación de fósforo mineral en savia (Cadahía, 1968).

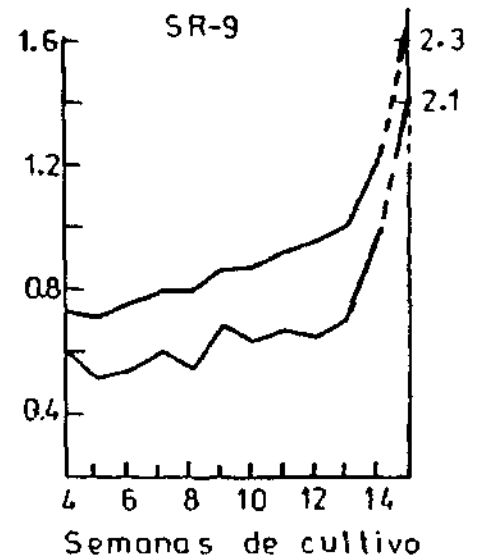
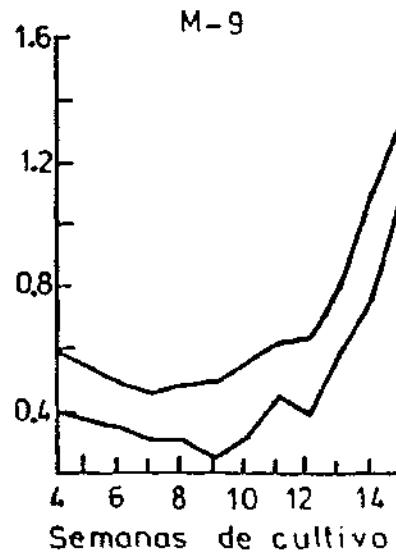
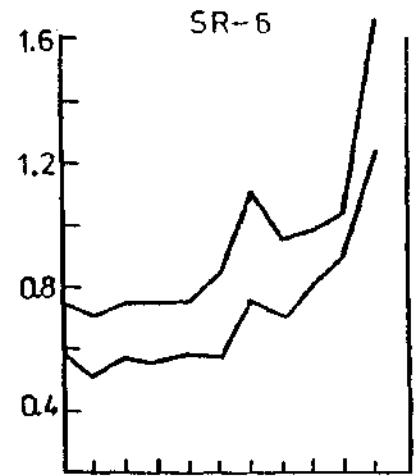
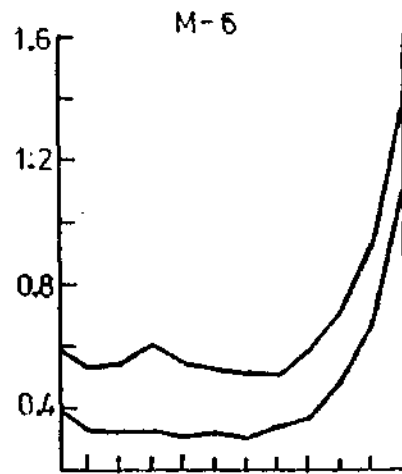
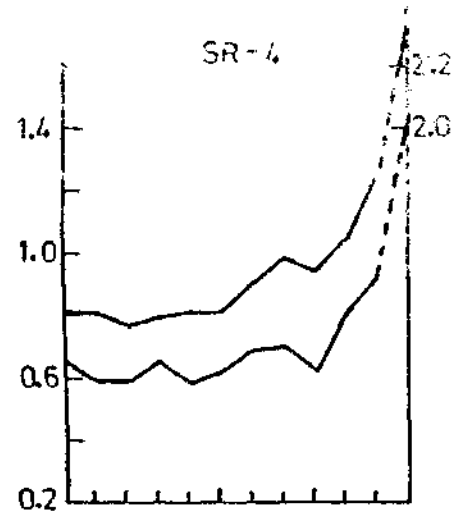
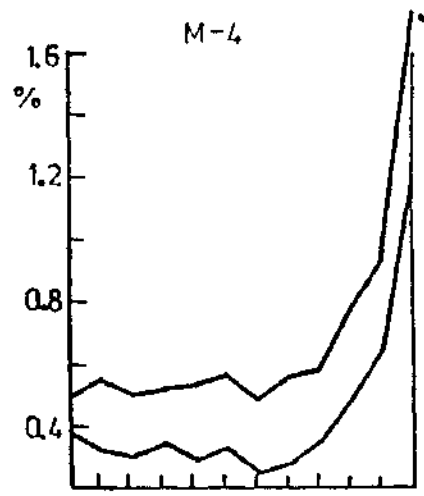


Figura 31.- Balances nutrientes evolutivos.

Fósforo foliar (%).

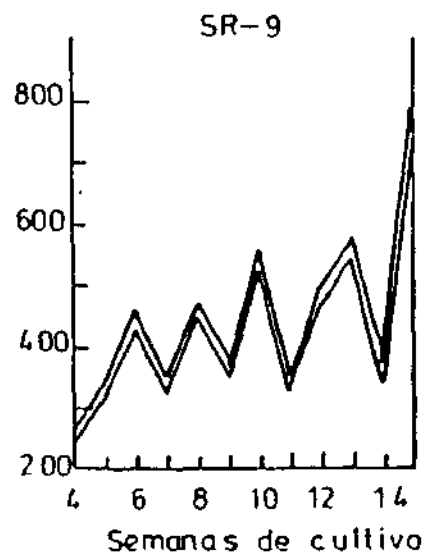
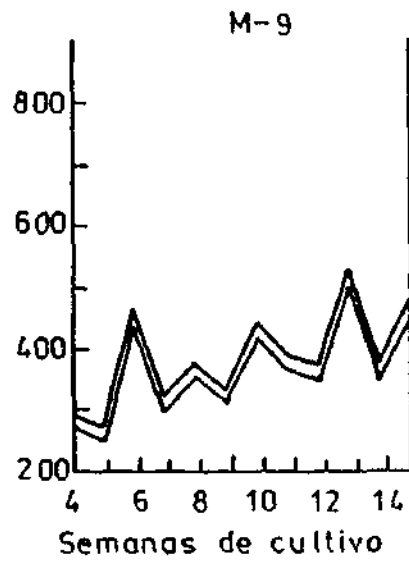
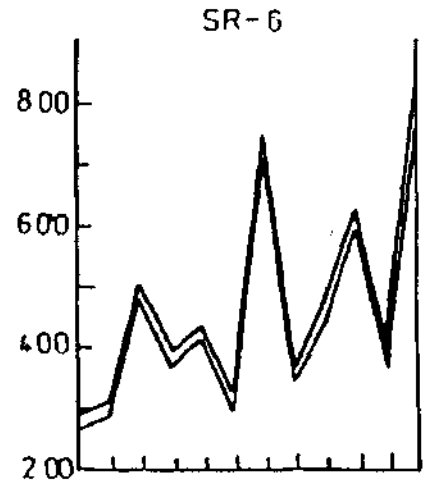
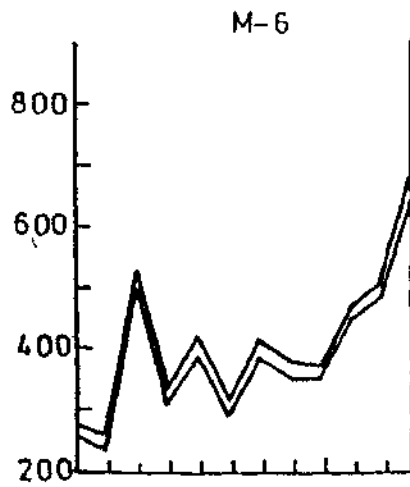
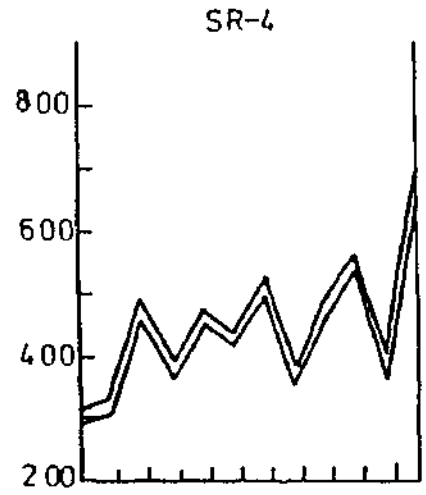
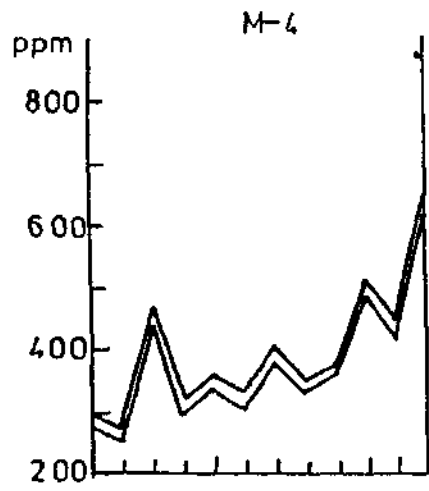


Figura 32.- Balances nutrientes evolutivos.
Fósforo en savia (ppm.)

POTASIO

En las tablas 64 a 75 se indican los resultados obtenidos en % de potasio foliar y ppm. de potasio en savia, y en las figuras 33 y 34 los balances nutrientes evolutivos correspondientes.

K foliar

No se aprecian diferencias entre densidades de siembra, y se encuentran diferencias ligeras, pero sistemáticas, entre variedades.

No se aprecian grandes variaciones en el intervalo de normalidad del balance nutriente evolutivo, salvo en un ligero aumento que coincide con la época de plena floración. Las menores variaciones se observan entre plena floración e inicio de maduración (semanas de cultivo 8 a 12), por lo que recomendamos esta época como más idónea para la realización de la toma de muestra y comparación con valores de referencia.

En la comparación de estos balances con los obtenidos en cultivo a nivel de tiesto, se observa, en primer lugar, que los valores obtenidos son mayores que en nuestro caso de cultivo en balsas. La forma general de la evolución es también bastante diferente, aunque esto pueda ser debido a la mayor frecuencia en las tomas de muestra realizadas por nosotros.

K en savia

Se observan grandes variaciones a lo largo del ciclo de cultivo, lo que nos demuestra la gran sensibilidad del método utili-

zado, pero no nos permite recomendar una época de muestreo como la más idónea para el control global de la fertilidad.

Al comparar los resultados con los valores obtenidos en cultivos a nivel de tiesto encontramos una gran similitud entre --ellos, por lo que deducimos que el tamaño del recipiente de cultivo no afecta de forma significativa a los valores en savia de este elemento.

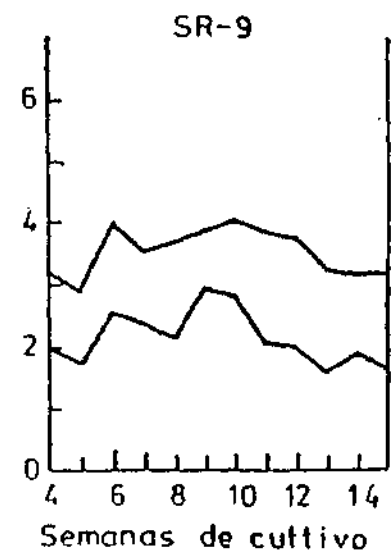
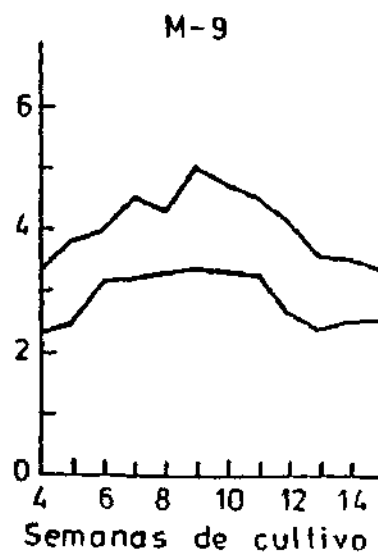
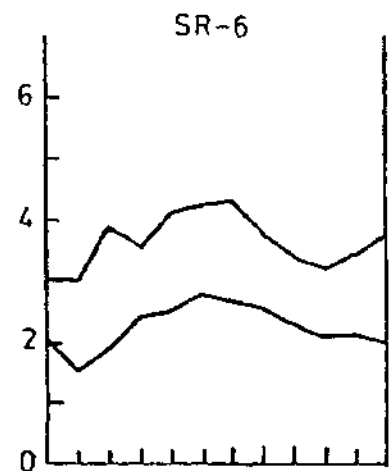
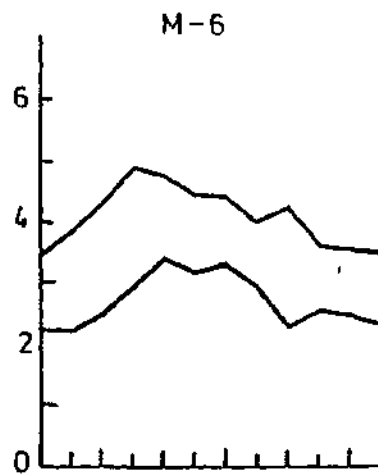
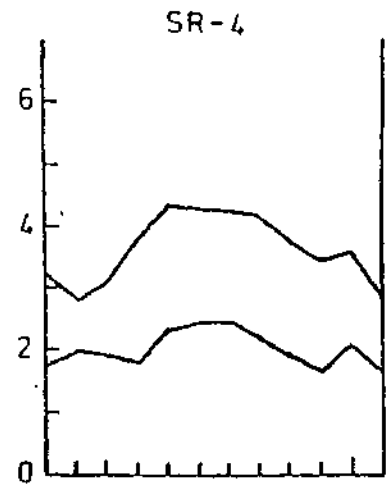
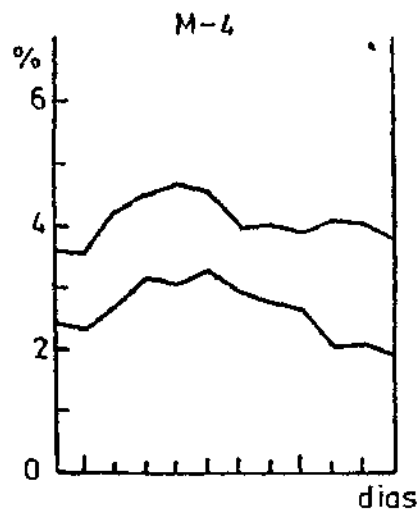


Figura 33.- Balances nutrientes evolutivos.
Potasio en hoja (%).

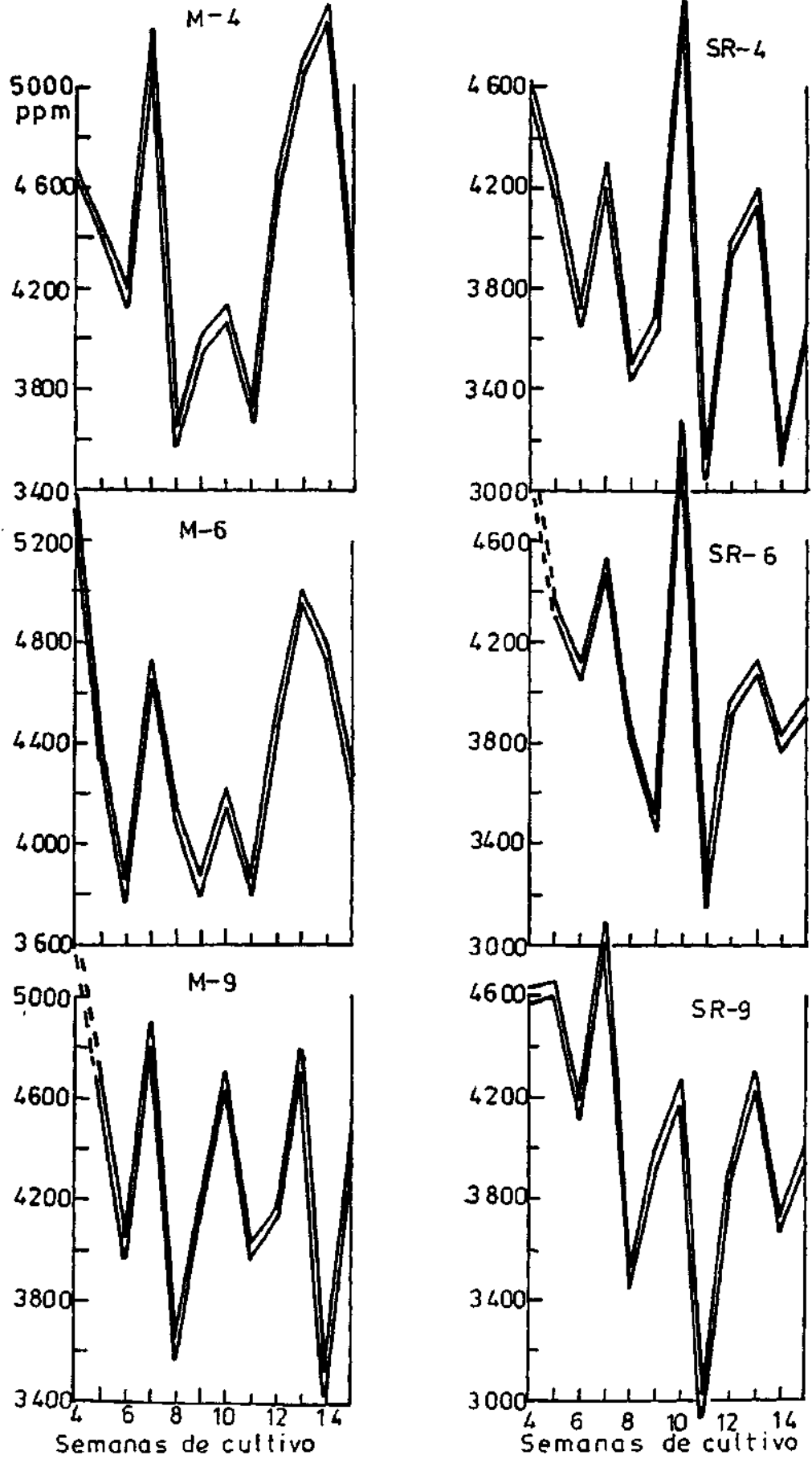


Figura 34.- Balances nutrientes evolutivos.
Potasio en savia (ppm.)

CALCIO

En las tablas 76 a 87 se indican los resultados obtenidos en % de calcio foliar y ppm. de calcio en savia, y en las figuras 35 y 36 los balances nutrientes evolutivos correspondientes.

Ca foliar

No se aprecian diferencias entre las distintas densidades de siembra, observándose ligeras diferencias sistemáticas entre variedades.

El máximo de la curva se obtiene alrededor de la plena floración (6 semanas de cultivo). La mayor constancia en los valores tiene lugar en las últimas tomas de muestra, por lo que recomendamos esta época como más idónea para el muestreo.

Al comparar estos balances con los obtenidos a nivel de tiesto, en otros trabajos, se encuentra una gran concordancia en cuanto al momento máximo de la evolución en la época de la floración, aunque es difícil la comparación de todo el balance nutriente evolutivo por tener en nuestro caso un número sensiblemente superior de tomas de muestra, que nos reflejan ciertas variaciones a lo largo del ciclo que no podemos observar en los balances a nivel de tiesto.

Ca en savia

Se observan grandes diferencias entre las dos variedades es

tudiadas, tanto en la cuantía como en la forma y época de las variaciones observadas. En la variedad Marglobe se observan dos puntos altos en la curva, correspondientes a las épocas de plena floración y plena maduración (semanas de cultivo 6-8 y 13-15), mientras que en la variedad Super-Roma aparece, además otro máximo en la época de fructificación (semanas de cultivo 8-10).

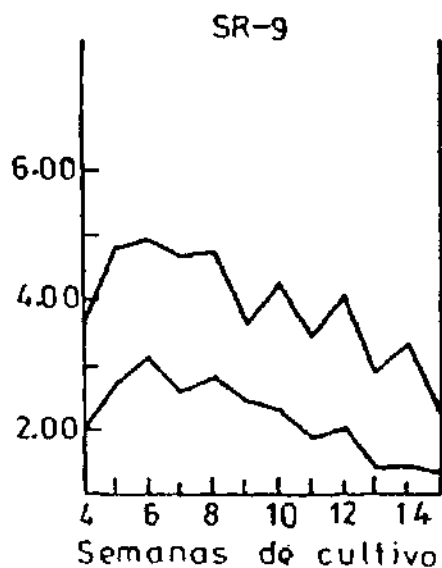
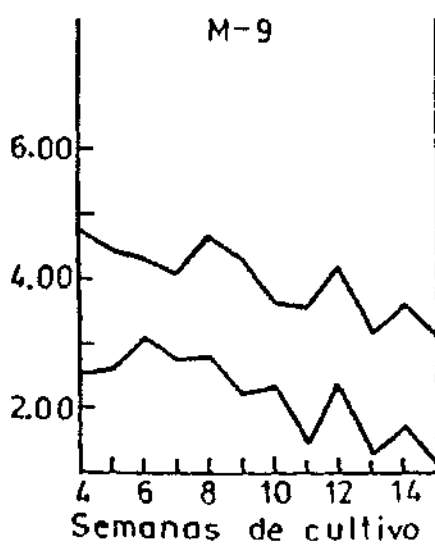
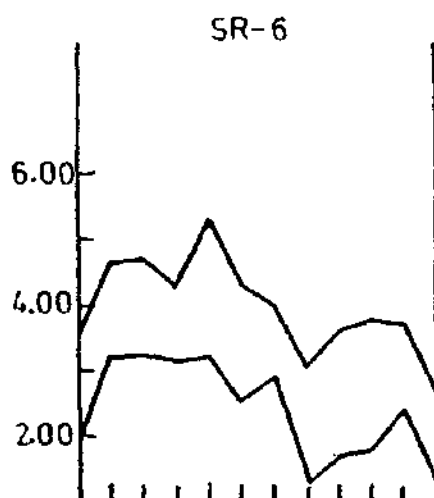
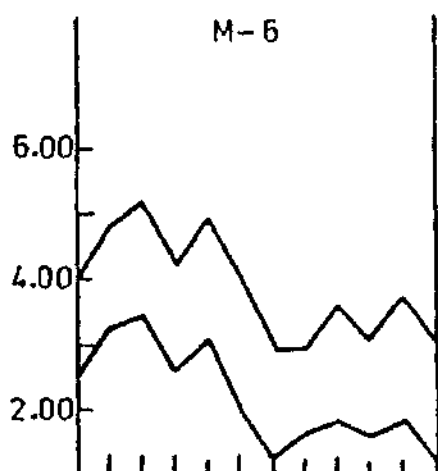
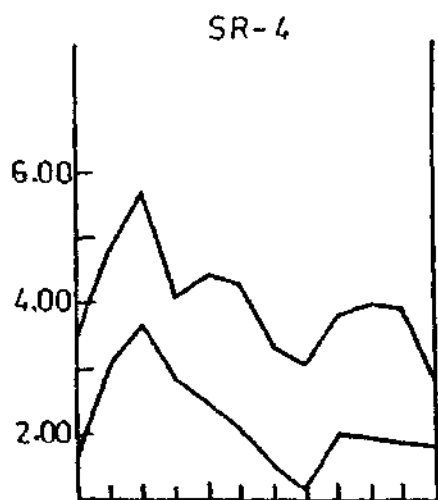
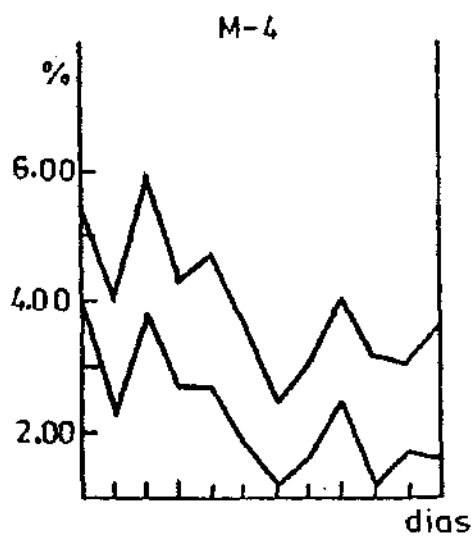


Figura 35.- Balances nutrientes evolutivos.
Calcio en hoja (%).

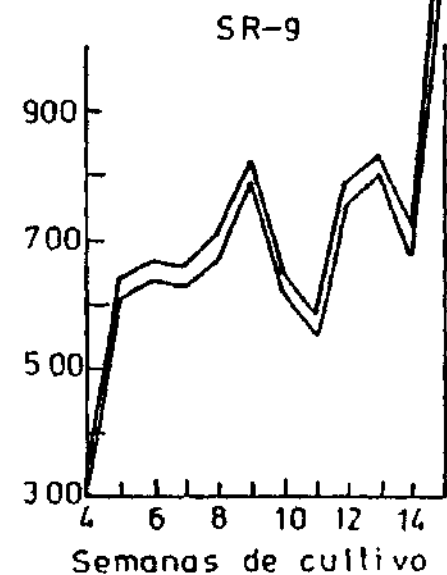
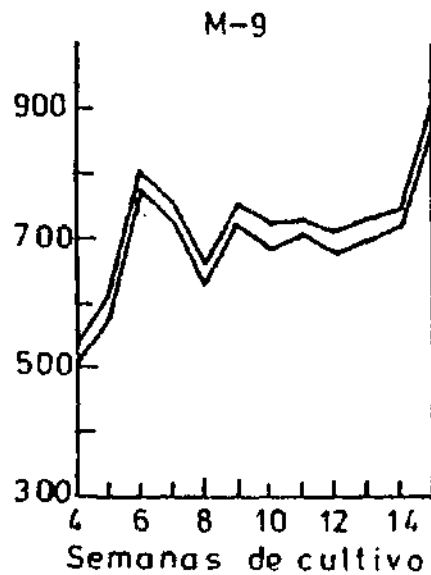
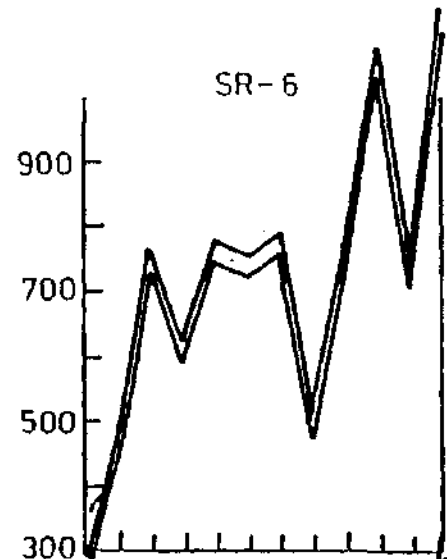
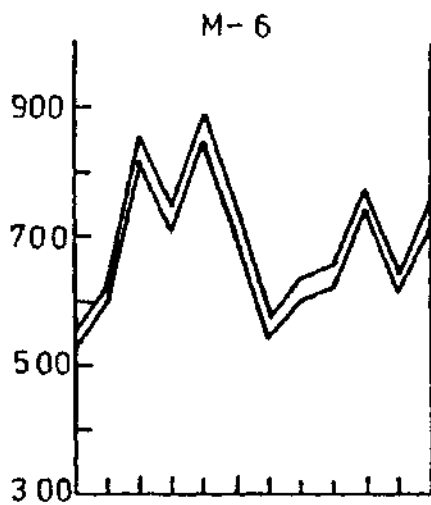
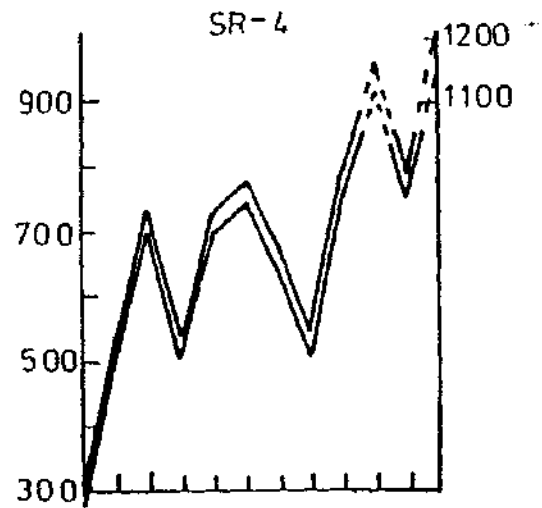
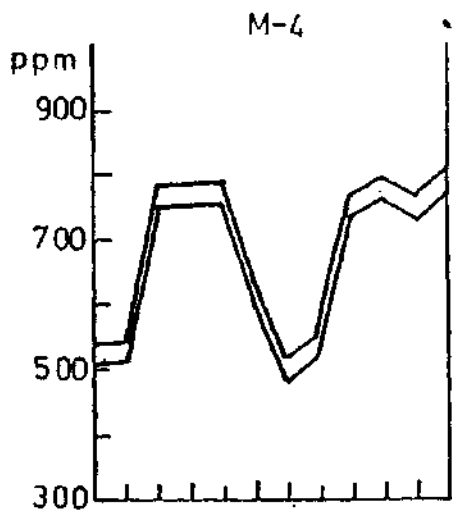


Figura 36.- Balances nutrientes evolutivos.
Calcio en savia (ppm.)

MAGNESIO

En las tablas 88 a 99 se indican los resultados obtenidos en % de magnesio foliar y ppm. de magnesio en savia, y en las figuras 37 y 38 los balances nutrientes evolutivos correspondientes.

Mg foliar

No se aprecian diferencias entre densidades de siembra, apreciándose ligeras diferencias sistemáticas entre las dos variedades estudiadas.

La evolución de los balances es muy similar a la obtenida para el calcio, situándose los valores máximos alrededor de la plena floración y la mayor igualdad entre los resultados obtenidos en las últimas tomas de muestra, por lo que recomendamos las últimas épocas del ciclo de cultivo como momento más idóneo para la toma de muestra de hoja, para el control de este elemento.

La comparación de estos balances con los obtenidos a nivel de tiesto nos hace observar que, normalmente se obtienen valores mayores a nivel de balsa, aunque es similar la tendencia general del balance nutriente evolutivo.

Mg en savia

Hay grandes diferencias entre las dos variedades de tomate ensayadas, al igual que en el caso del calcio, siendo la tendencia general de los balances obtenidos totalmente similares para los dos elementos.

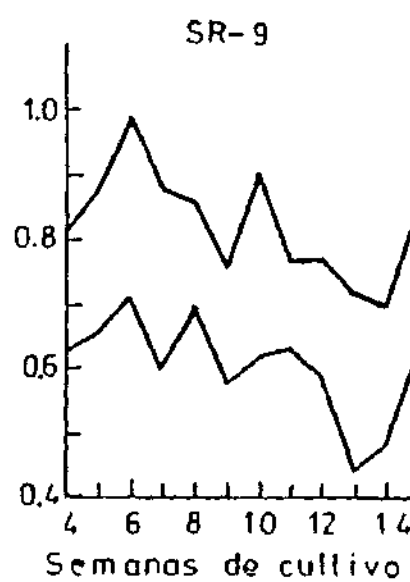
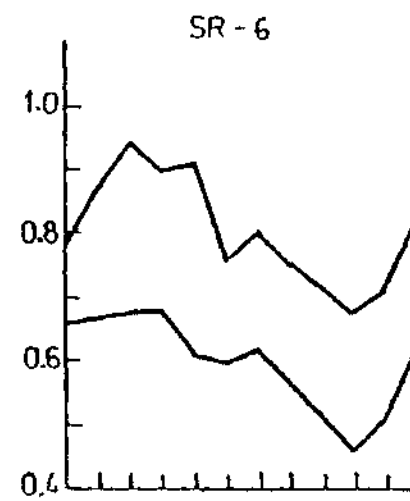
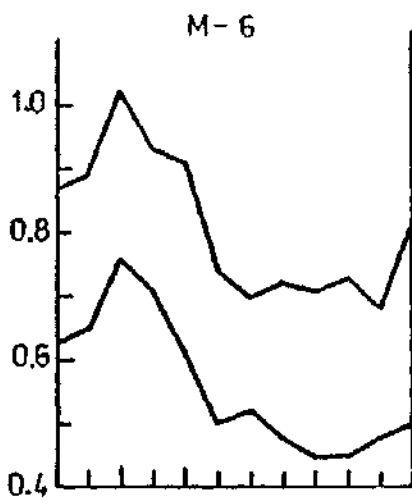
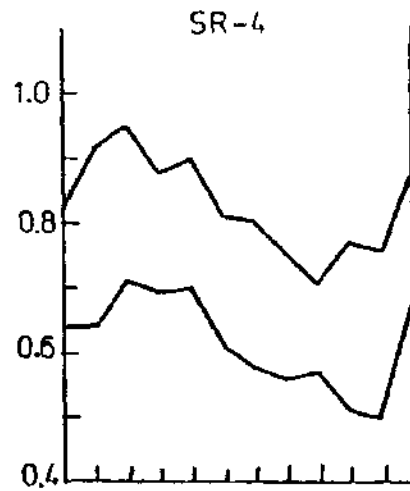


Figura 37.- Balances nutrientes evolutivos.
Magnesio en hoja (%).

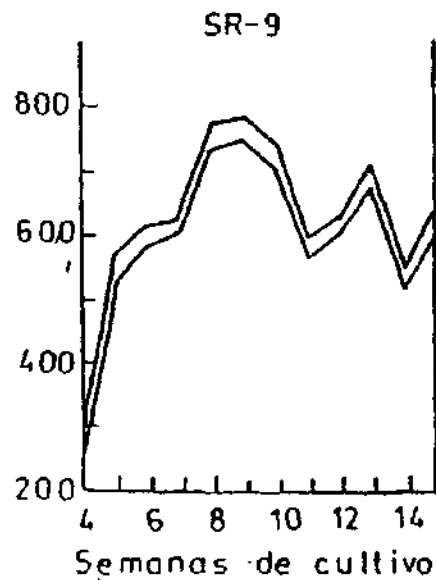
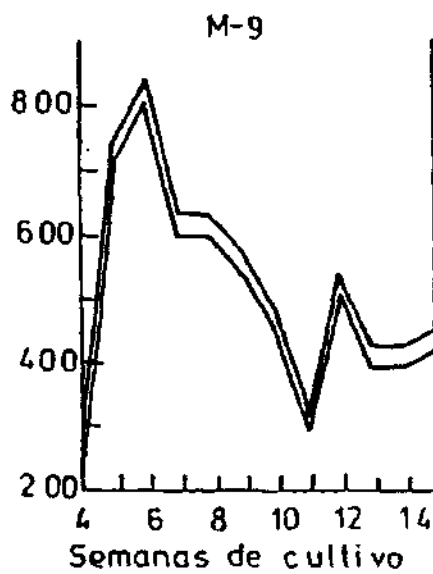
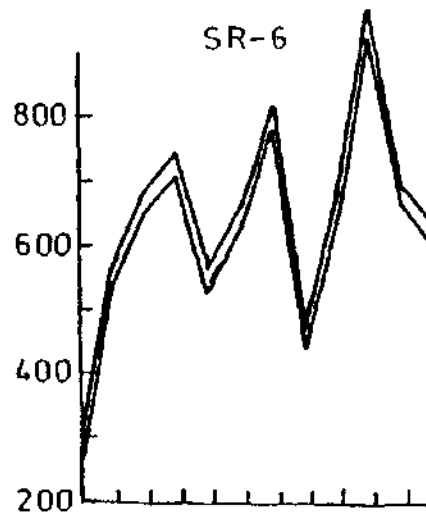
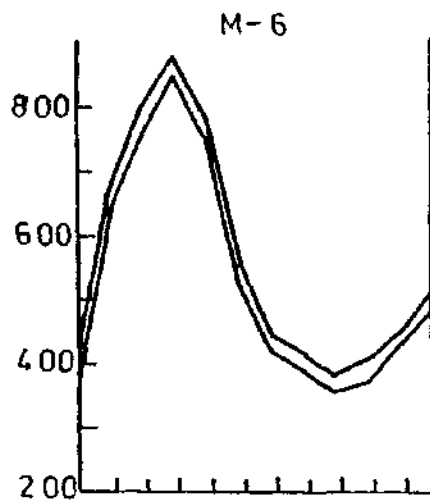
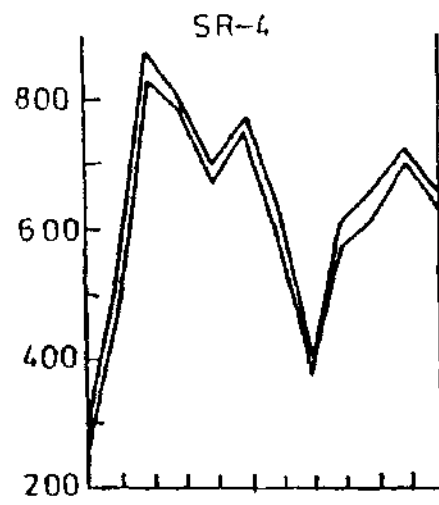
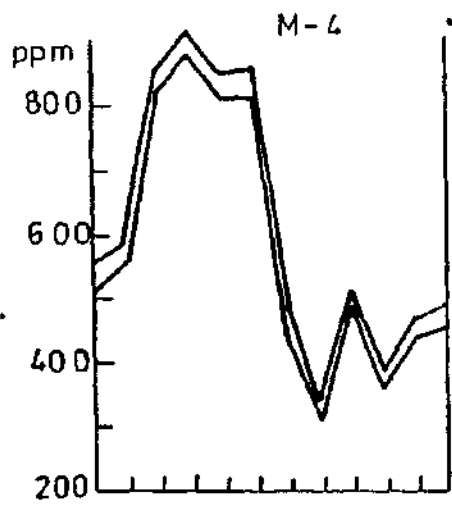


Figura 38.- Balances nutrientes evolutivos.
Magnesio en savia (ppm.).

AZUFRE

En las tablas 100 a 105 se indican los resultados obtenidos en ppm. de sulfato en savia y en la figura 39 los balances nutrientes evolutivos correspondientes.

Sulfato en savia

No se aprecian diferencias entre distintas densidades de siembra de una misma variedad, pero sí existen diferencias apreciables entre las dos variedades estudiadas.

En la variedad Marglobe observamos un valor máximo de sulfato en savia que corresponde a la época de fructificación plena (11 semanas de cultivo) y otro valor alto en la época de la maduración (14 semanas de cultivo). La mayor constancia de los resultados obtenidos se observa en los primeros estados del ciclo de cultivo, antes de la plena floración, por lo que se recomienda esta época para la realización de la toma de muestra para el control de este elemento.

En la variedad Super-Roma los valores máximos de sulfato en savia son mucho menos acusados, coincidiendo en las épocas con los de la variedad Marglobe, pero, sin embargo, no se observa una época de valores poco variables para recomendarla para la realización de la toma de muestra.

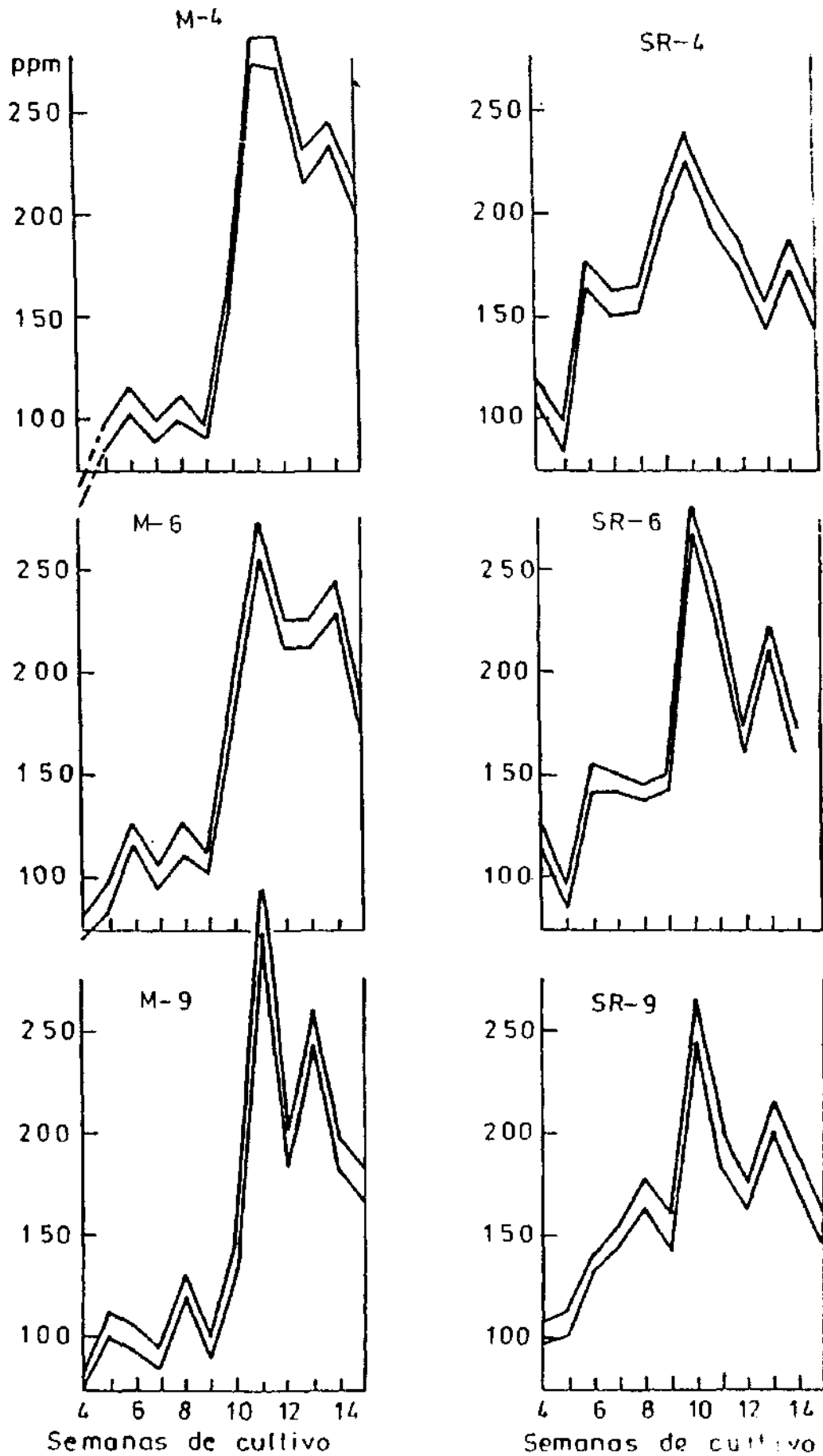


Figura 39.- Balances nutrientes evolutivos.
Sulfato en savia (ppm.).

HIERRO

En las tablas 106 a 111 se indican los resultados obtenidos en ppm. de hierro en hoja y en la figura 40 los balances nutrientes evolutivos correspondientes a cada variedad y densidad de siembra.

Fe en hoja

No se observan diferencias entre variedades y muy ligeras entre densidades de siembra.

Las menores variaciones se observan en las primeras tomas de muestra (antes de la plena floración), por lo que aconsejamos la toma de muestra para la determinación de este elemento en los primeros estadios del ciclo de cultivo.

Al comparar estos balances con los obtenidos en cultivos a nivel de tiesto se observan grandes diferencias entre ellos, no cuantitativas, pero sí en cuanto a la tendencia general de la evolución obtenida, lo que nos hace pensar que el método de cultivo tiene gran influencia en cuanto al metabolismo, en general, de este elemento.

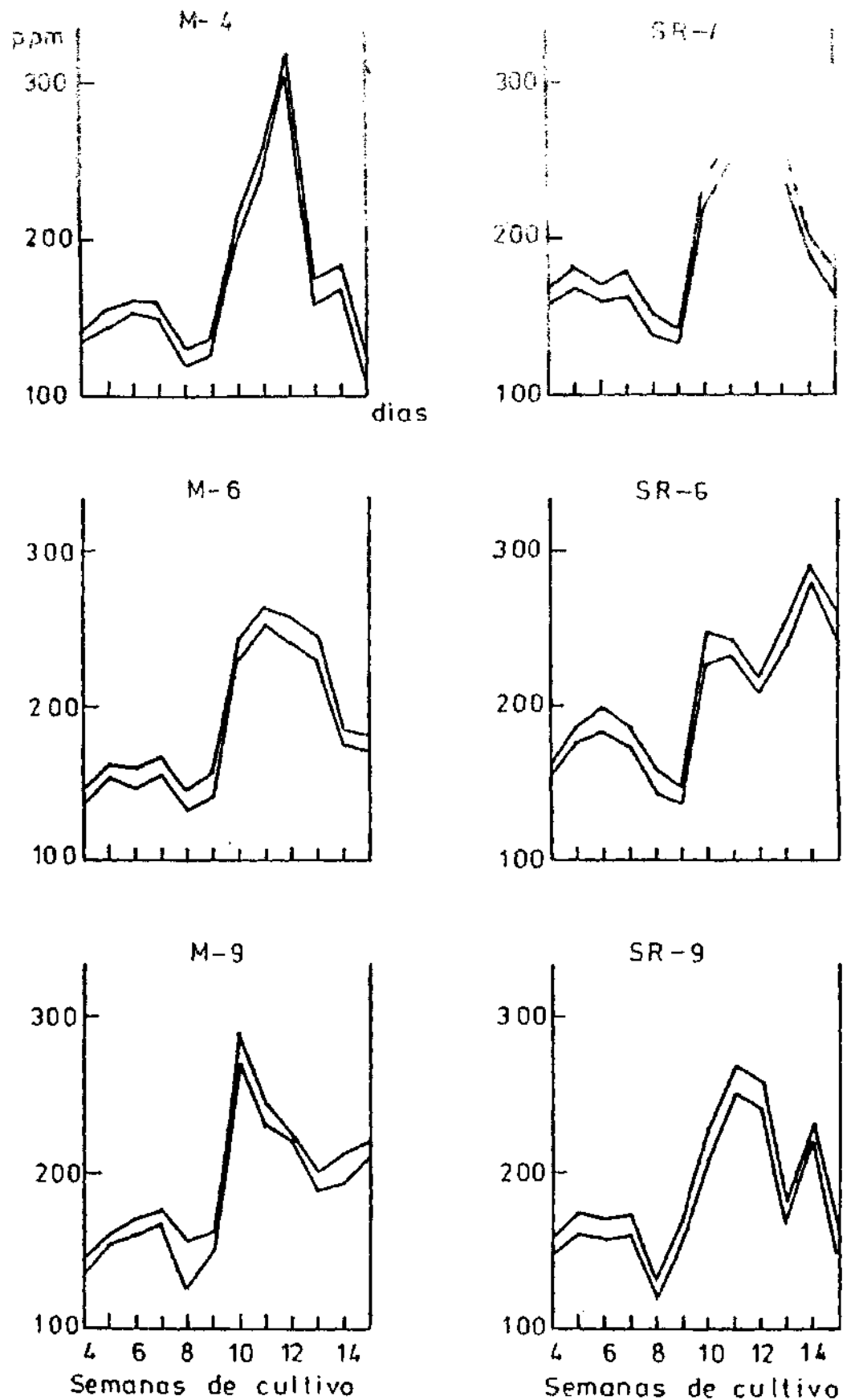


Figura 40.- Balances nutrientes evolutivos.

Hierro en hoja (ppm.).

MANGANESO

En las tablas 112 a 117 se indican los resultados obtenidos en ppm. de manganeso en hoja y en la figura 41 los balances nutrientes evolutivos correspondientes.

Mn en hoja

No se aprecian diferencias entre densidades de siembra, pero sí existen en cuanto a variedades, tanto cualitativa como -- cuantitativamente.

La mayor constancia de los valores se aprecia entre las tomas de muestra de 6-7 semanas de cultivo, correspondientes a la plena floración, época que recomendamos para el muestreo.

Los balances obtenidos con cultivos a nivel de tiesto son totalmente diferentes, pero hay que tener en cuenta que en éstos últimos se mantuvo la disolución nutritiva con un nivel bastante más bajo de manganeso que en nuestro caso.

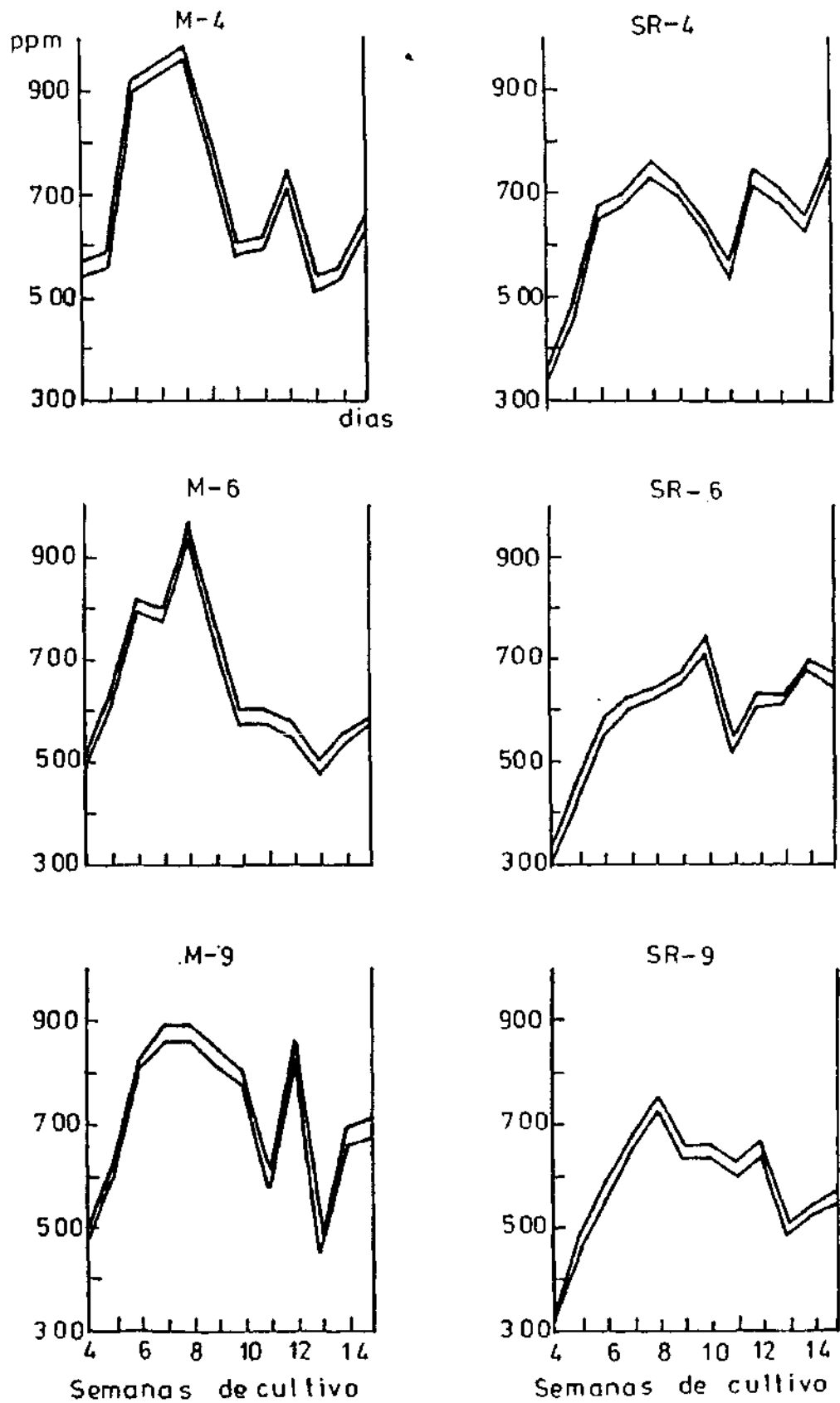


Figura 41.- Balances nutrientes evolutivos.
Manganeso en hoja (ppm.).

COBRE

En las tablas 118 a 123 se indican los resultados obtenidos en ppm. de cobre en hoja y en la figura 42 los balances nutrientes evolutivos correspondientes.

Cu en hoja

No se aprecian diferencias entre densidades de siembra, aunque los valores obtenidos en la variedad Super-Roma son superiores, sistemáticamente, a los obtenidos en la variedad Marglobe.

La mayor constancia en los valores se aprecia a partir de las 7 semanas de cultivo (después de la plena floración), por lo que recomendamos realizar el muestreo, para este elemento, a partir de este momento del ciclo de cultivo.

Comparando estos balances con los obtenidos con cultivos a nivel de tiesto, observamos una tendencia general similar pero - unos valores siempre superiores en el caso del cultivo en balsa.

En cualquier caso, para este elemento, es difícil dar niveles de referencia, ya que siempre se verán afectados por el empleo de productos insecticidas y fungicidas, que aportan cantidades - apreciables de este elemento a la planta, dadas las bajas concentraciones que precisa realmente.

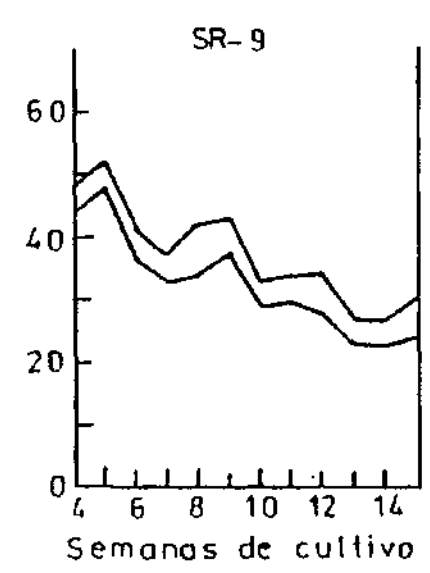
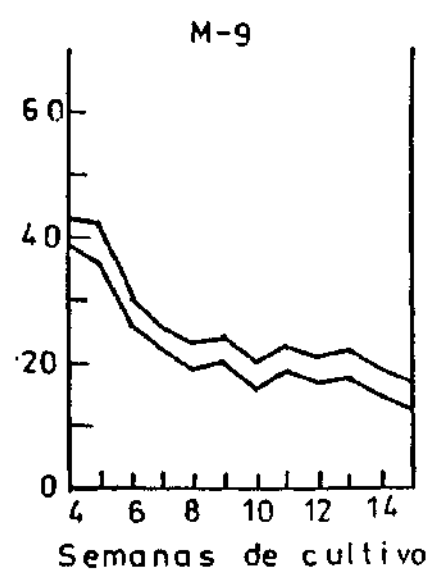
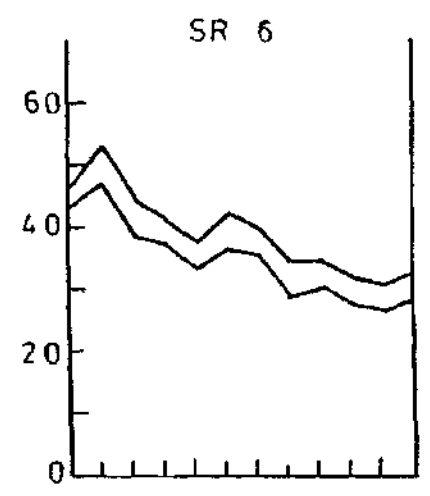
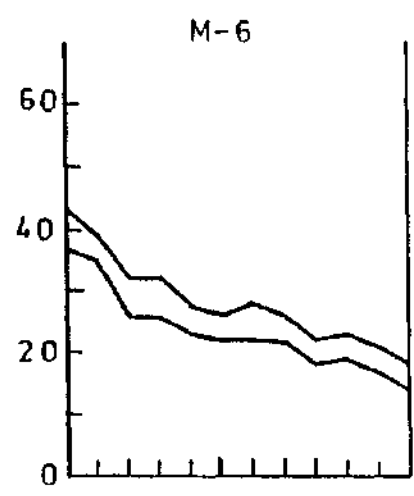
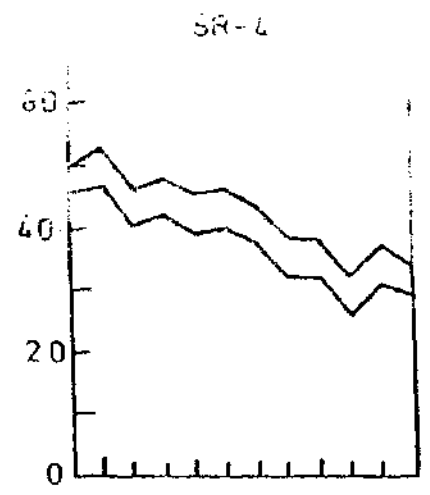
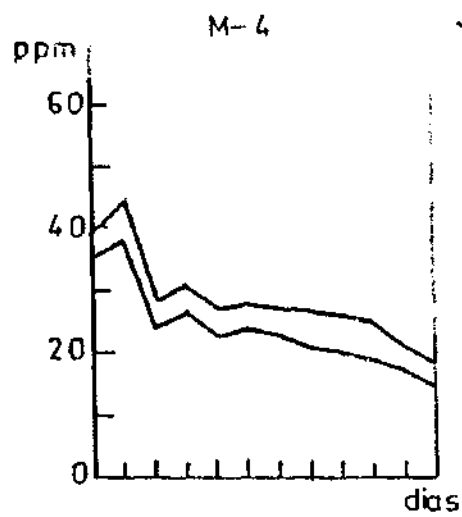


Figura 42.- Balances nutrientes evolutivos.
Cobre en hoja (ppm.).

ZINC

En las tablas 124 a 129 se indican los valores de ppm. de zinc en hoja obtenidos y en la figura 43 los balances nutrientes evolutivos correspondientes.

Zn en hoja

Los balances evolutivos son netamente diferentes para las dos variedades estudiadas, aunque no se aprecian diferencias entre densidades de siembra de una misma variedad.

La mayor constancia de valores se produce en las épocas cercanas a la plena floración (6-7 semanas de cultivo) y a las de la plena maduración (13-14 semanas de cultivo), siendo las épocas que recomendamos como más idóneas para el muestreo.

Los balances evolutivos obtenidos son similares a los obtenidos en el cultivo a nivel de tiesto, aunque presentan, en general, valores absolutos superiores.

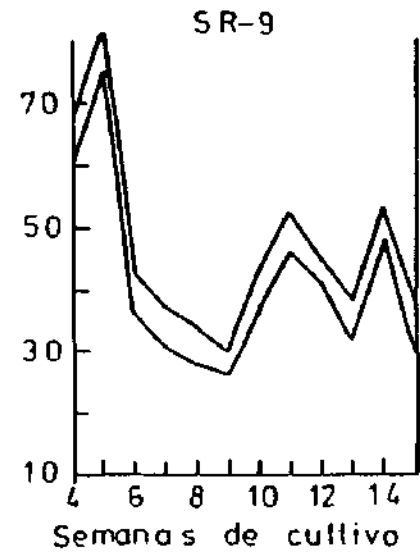
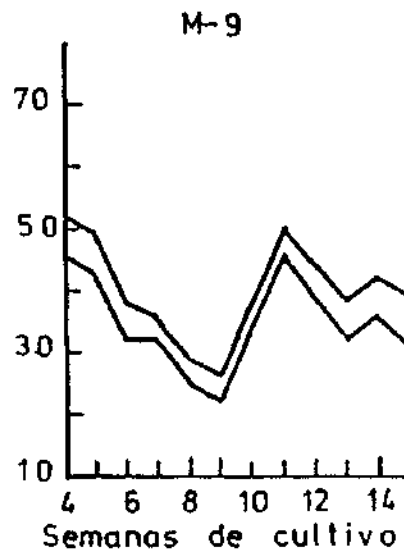
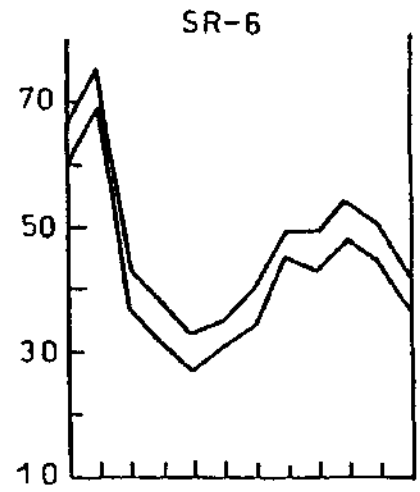
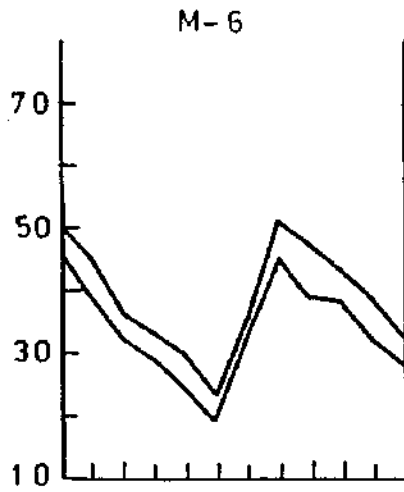
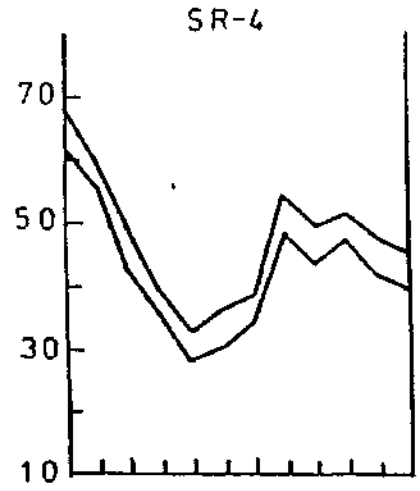
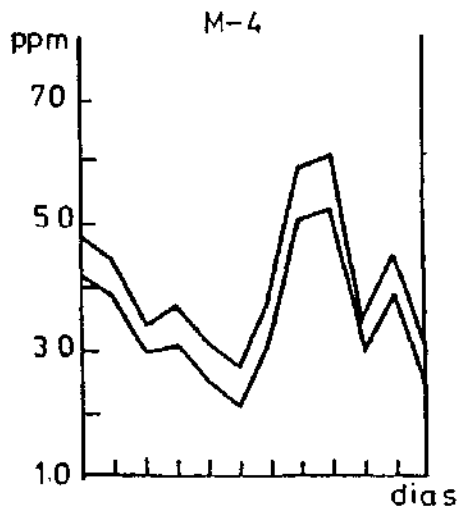


Figura 43.- Balances nutrientes evolutivos.
Zinc en hoja (ppm.).

BORO

En las tablas 130 a 135 se indican los valores obtenidos en ppm. de boro en hoja y en la figura 44 los balances nutrientes - evolutivos correspondientes.

B en hoja

No hay diferencias entre densidades de siembra pero se encuentran grandes diferencias, cuali y cuantitativas, entre variedades, mostrando en general valores absolutos mayores la variedad Super-Roma.

En la variedad Marglobe la mayor constancia en los valores se encuentra hasta la toma de muestra correspondiente a las 8 semanas de cultivo, es decir, hasta el inicio de la fructificación, mientras que en la variedad Super-Roma sólo se encuentra una cierta constancia en los valores en las tomas de muestra correspondientes a las 7-9 semanas de cultivo, es decir, entre la plena floración y el inicio de la fructificación, encontrándose valores cada vez más altos a partir de este momento, lo que no ocurre en la variedad Marglobe, que muestra un máximo al inicio de la maduración y luego se mantiene aproximadamente en este valor.

Los balances obtenidos con cultivos a nivel de balsa son similares, en cuanto a este elemento, a los obtenidos en cultivos a nivel de tiesto.

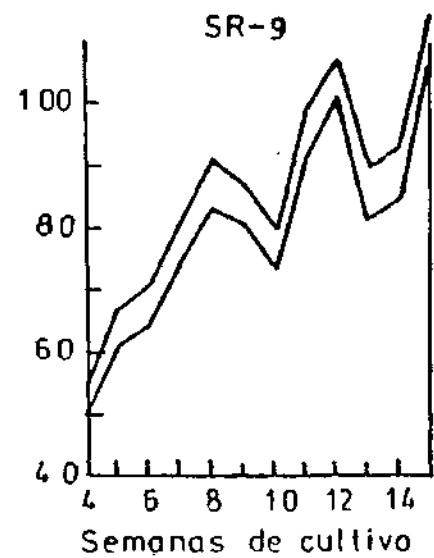
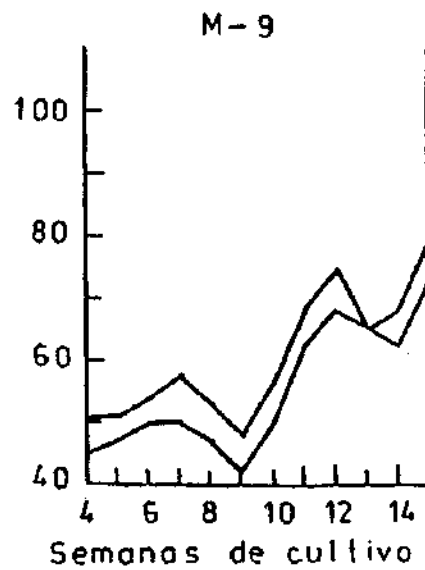
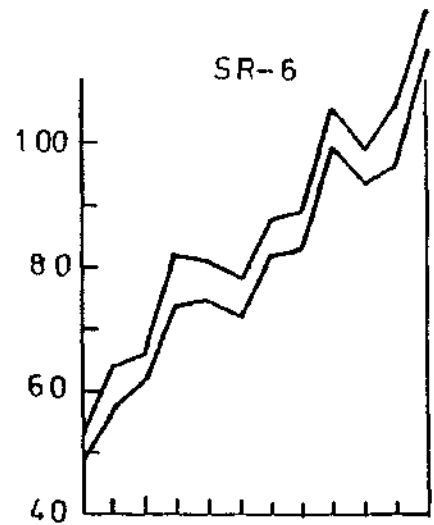
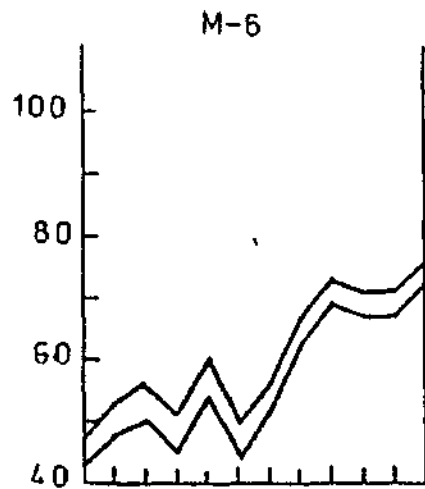
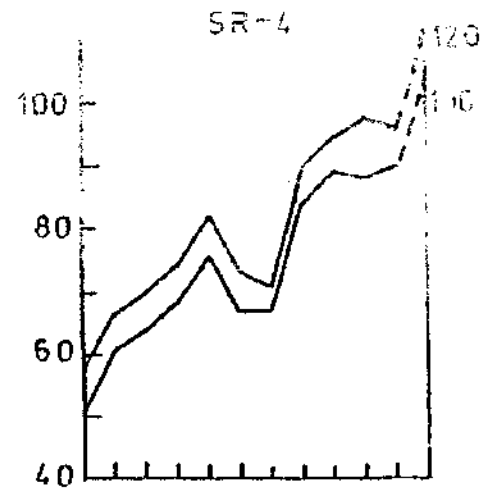
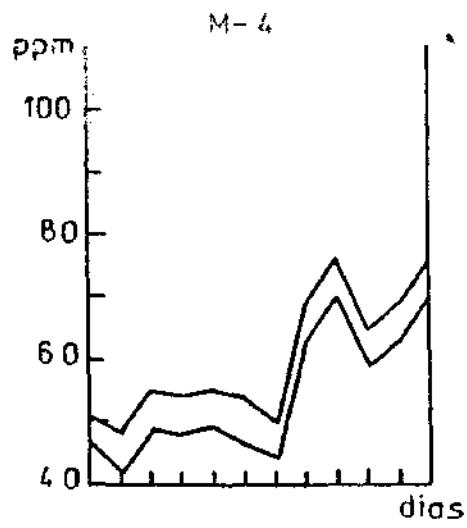


Figura 44.- Balances nutrientes evolutivos.
Boro en hoja (ppm.).

Rendimientos

En las figuras 45 y 46 se indican los rendimientos obtenidos, para cada variedad y cada densidad de siembra, en : nº frutos/planta, peso de frutos/planta y peso de frutos/balsa, así como el peso medio de los frutos (figura 45), por ser índice de la calidad de los frutos obtenidos en cada caso.

El nº de frutos/planta, para las dos variedades estudiadas, es menor a medida que aumenta la densidad de siembra. Dado que la nutrición de las plantas ha sido prácticamente idéntica en todos los casos, pensamos que puede ser debido a la menor luminosidad recibida por las plantas cuanto mayor es la densidad de siembra.

El peso medio de los frutos no presenta grandes diferencias para las distintas densidades de siembra de la misma variedad, aunque sí entre las dos variedades estudiadas, lo que es lógico si tenemos en cuenta que la variedad Marglobe se utiliza para consumo en fresco (frutos de mayor tamaño) y la variedad Super-Roma para conserva.

El peso de frutos/planta (figura 46) decrece al aumentar el número de plantas por balsa, lógicamente, al igual que sucedía con el nº de frutos/planta. Comparando estos resultados con los obtenidos en peso total de frutos/balsa, deducimos que no es rentable el cultivo a las mayores densidades de siembra, puesto que el mayor gasto de nutrientes no es compensado en igual medida -

por el aumento obtenido en el peso total de frutos/balsa.

Concluimos, por lo tanto, recomendando la densidad de --
siembra 4 como más idónea, tanto para experimentación como pa-
ra explotación industrial ya que en ella es más favorable la re
lación rendimiento/consumo.

Figura 46.- Rendimientos

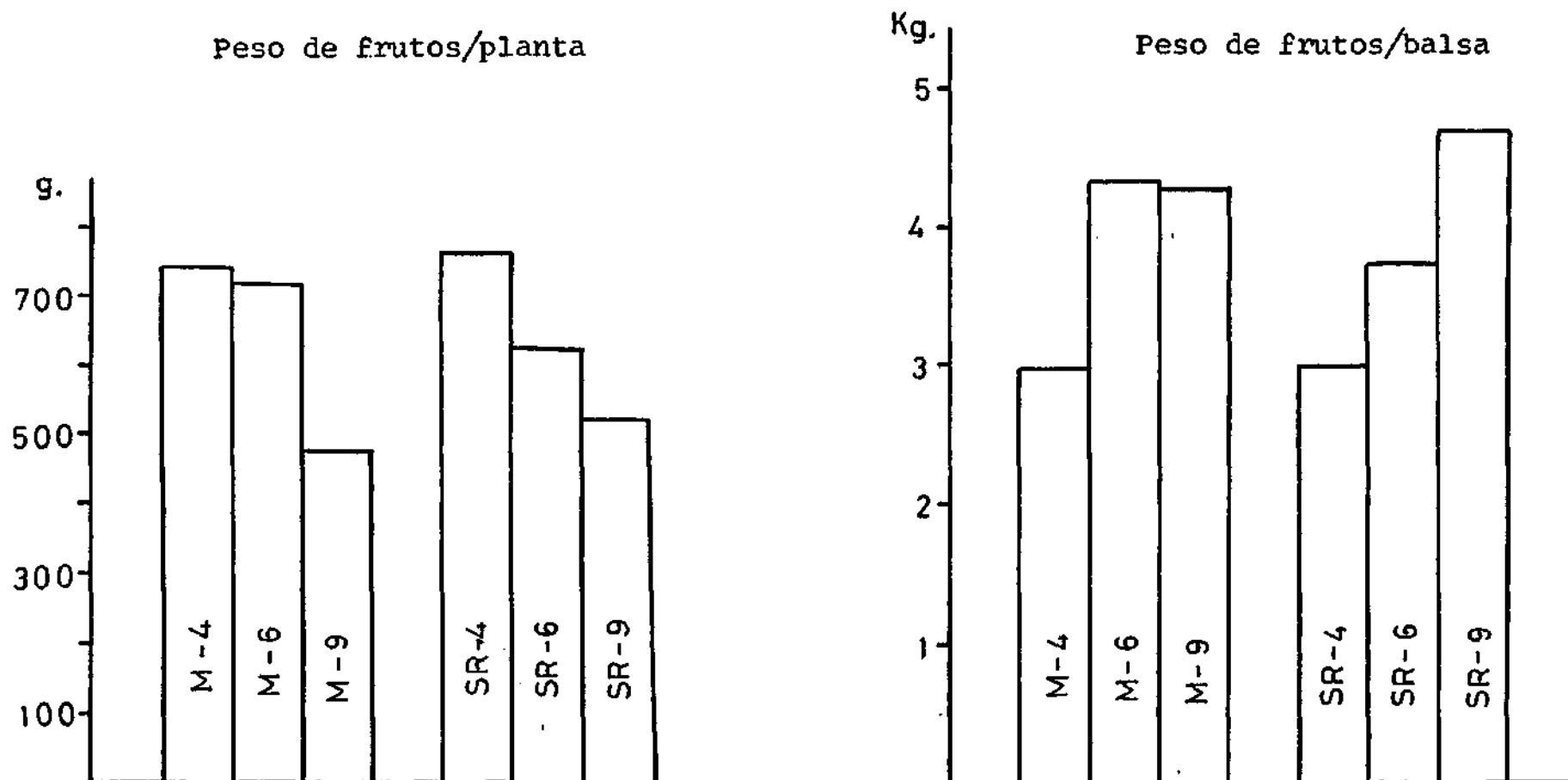
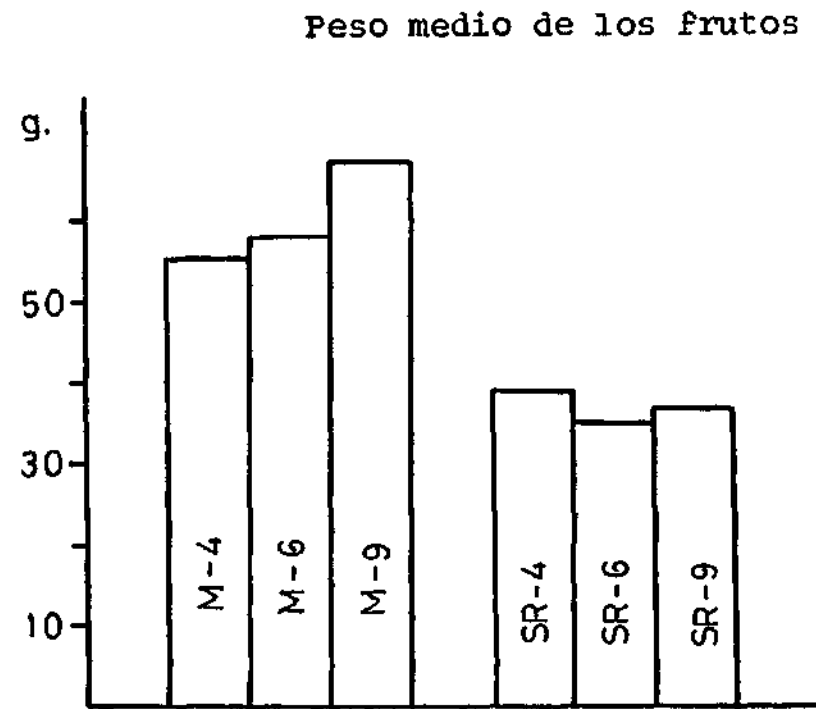
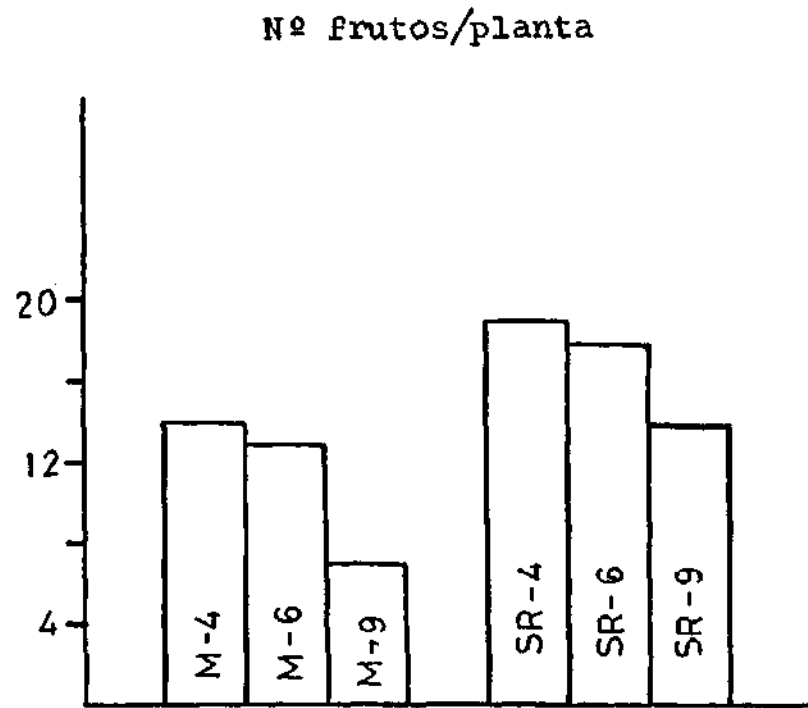


Figura 45.- Rendimientos



3.4. Balance de nutrientes en disolución nutritiva

La obtención del balance de las necesidades nutritivas se realizó en una segunda experiencia de invernadero, llevada a cabo en las condiciones indicadas anteriormente en el apartado de Materiales y Métodos.

En la tabla 37 indicamos las fechas de control de la disolución nutritiva en esta experiencia. Se observa que se redujo notablemente el número de tomas de muestra de disolución nutritiva respecto a la experiencia anterior, en función de los resultados obtenidos en la primera.

Tabla 37.- Fechas de control de la disolución nutritiva

- 1- Plena floración (5 semanas de cultivo)
- 2- Dos semanas después de plena floración (7 semanas)
- 3- Una semana después de plena fructificación (9 semanas)
- 4- Una semana antes del comienzo de maduración (11 semanas)
- 5- Comienzo de maduración (12 semanas)
- 6- Una semana después de plena maduración (16 semanas)

De los datos obtenidos durante la experiencia en relación con las correcciones a la disolución nutritiva, pueden sacarse conclusiones importantes, como las fechas de adición de elemen-

tos y la cantidad de elemento o sustancia a añadir a la disolución nutritiva. También puede realizarse una comparación de la cantidad de elemento tomado por la planta durante el ciclo de cultivo y la fertilización tradicional que se realiza en el suelo (Peñalosa, 1982).

En las tablas 38 y 39 se describe el balance de nutrientes en disolución nutritiva. Los datos se refieren a 1.000 l. de disolución nutritiva (un depósito), que alimentaban a 12 plantas dispuestas en tres balsas. Indicamos la media de los datos obtenidos para dos depósitos, situados cada uno de ellos en una cámara distinta del invernadero, de forma que los datos puedan servir para futuras experiencias realizadas en las mismas condiciones.

Tabla 38.— Balance de nutrientes/1.000 l. de disolución nutritiva (12 plantas)

Nomenclatura

Ecuación general : $K \cdot X_{abc} + K' \cdot X'_{abc} + \dots =$ Cantidad de elemento gastado (g.)

<u>a (Elemento)</u>	<u>b (Compuesto)</u>	<u>c (Epoas de adición)</u>	<u>K (coeficientes de transformación)</u>
1 N	1 NO ₃ K	1 Plena floración	0,129 : NO ₃ K ----- N
	2 (NO ₃) ₂ Ca.3H ₂ O		0,139 : (NO ₃) ₂ Ca.3H ₂ O ---- N
2 P	1 PO ₄ H ₂ K	2 2 semanas después	0,228 : PO ₄ H ₂ K ----- P
		de plena floración	
3 S	1 SO ₄ Mg.7H ₂ O		0,130 : SO ₄ Mg.7H ₂ O ----- S
4 Ca	1 (NO ₃) ₂ Ca.3H ₂ O	3 1 semana después de	0,184 : (NO ₃) ₂ Ca.3H ₂ O ---- Ca
		plena fructificación	
5 K	1 NO ₃ K		0,387 : NO ₃ K ----- K
	2 PO ₄ H ₂ K	4 1 semana antes del	0,287 : PO ₄ H ₂ K ----- K
		comienzo maduración	
6 Mg	1 SO ₄ Mg.7H ₂ O		0,099 : SO ₄ Mg.7H ₂ O ----- Mg
7 Mn	1 SO ₄ Mn.H ₂ O	5 comienzo de madura	0,325 : SO ₄ Mn.H ₂ O ----- Mn
		ción	
8 Zn	1 SO ₄ Zn.7H ₂ O		0,182 : SO ₄ Zn.7H ₂ O ----- Zn
9 B	1 BO ₃ H ₃	6 1 semana después de	0,175 : BO ₃ H ₃ ----- B
		plena maduración	
0 Fe	1 Rexene-Fe		0,068 : Rexene-Fe ----- Fe

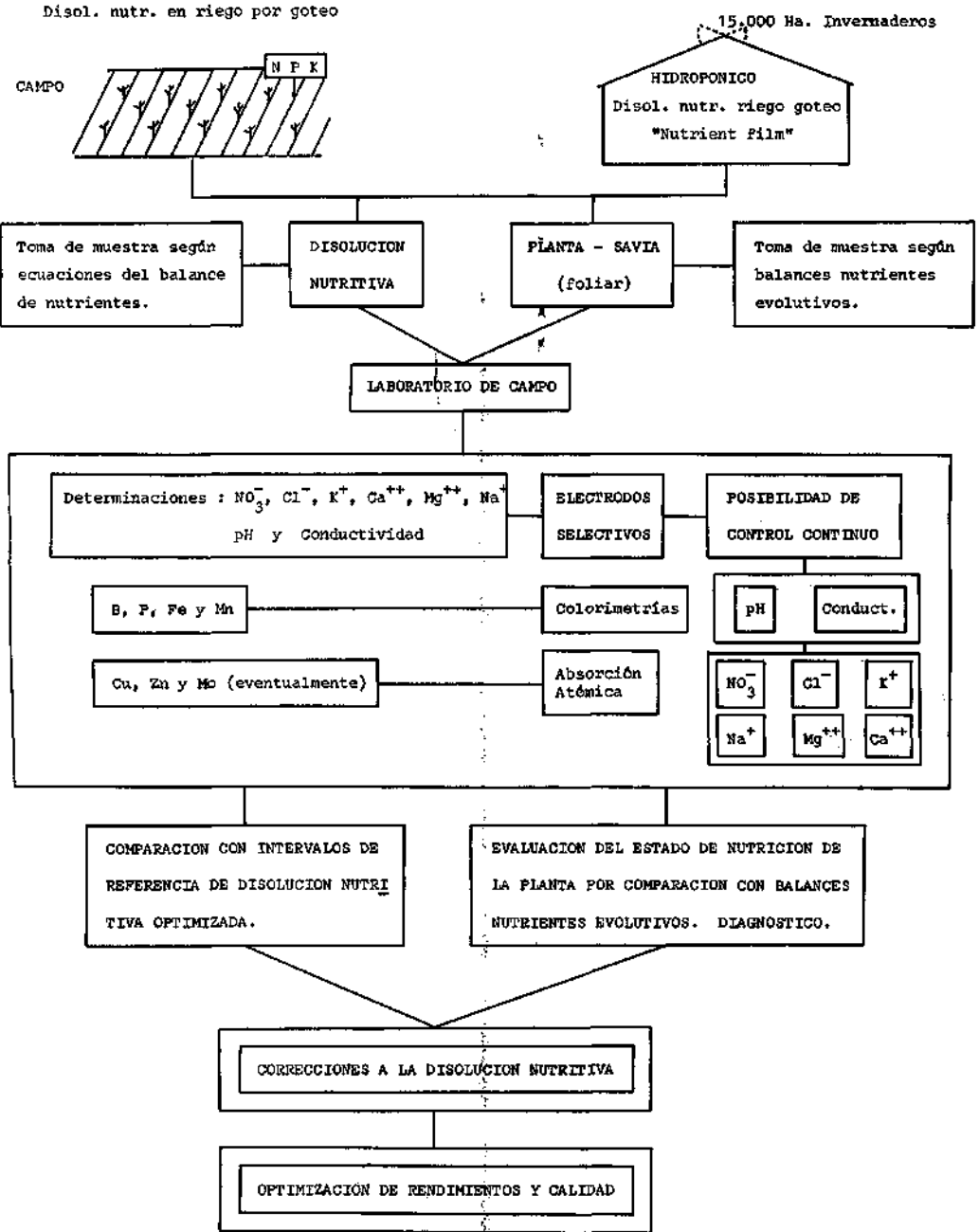
Tabla 39.- Ecuaciones de las adiciones realizadas a la disolución nutritiva.

<u>N</u>	$0,129.278,3 a_{1_2} b_{2_1} c_{1_1} \dagger 0,139.251,3 a_{1_1} b_{1_1} c_{2_2} \dagger 0,129.294,4 a_{1_1} b_{1_2} c_{2_2}$ $\dagger 0,139.91,6 a_{1_1} b_{1_1} c_{3_3} \dagger 0,129.338,8 a_{1_1} b_{1_2} c_{3_3} \dagger 0,139.167,6 a_{1_1} b_{1_1} c_{5_5}$ $= 211,1 \text{ gr. de N (NO}_3^-)$
<u>P</u>	$0,228.76,2 a_{2_1} b_{1_1} c_{1_1} \dagger 0,228.196,9 a_{2_1} b_{1_1} c_{3_3} = 62,2 \text{ gr de P (PO}_4\text{H}_2^-)$
<u>S</u>	$0,130.35,9 a_{3_1} b_{1_1} c_{2_2} \dagger 0,130.203,3 a_{3_1} b_{1_1} c_{3_3} = 31,1 \text{ gr. de S (SO}_4^-)$
<u>Ca</u>	$0,184.278,3 a_{4_1} b_{1_1} c_{1_1} \dagger 0,184.294,4 a_{4_1} b_{1_1} c_{2_2} \dagger 0,184.338,0 a_{4_1} b_{1_1} c_{3_3}$ $\dagger 0,184.180,7 a_{4_1} b_{1_1} c_{5_5} = 200,8 \text{ gr de Ca}$
<u>K</u>	$0,287.76,2 a_{5_2} b_{2_1} c_{1_1} \dagger 0,387.251,3 a_{5_1} b_{1_1} c_{2_2} \dagger 0,387.91,6 a_{5_1} b_{1_1} c_{3_3}$ $\dagger 0,287.196,0 a_{5_2} b_{2_1} c_{3_3} \dagger 0,387.167,6 a_{5_1} b_{1_1} c_{5_5} = 275,9 \text{ gr de K}$
<u>Mg</u>	$0,099.35,9 a_{6_1} b_{1_1} c_{2_2} \dagger 0,099.203,3 a_{6_1} b_{1_1} c_{3_3} = 23,6 \text{ gr de Mg}$
<u>Mn</u>	$0,325.1,53 a_{7_1} b_{1_1} c_{5_5} = 0,50 \text{ gr de Mn}$
<u>Zn</u>	$0,228.0,44 a_{8_1} b_{1_1} c_{1_1} \dagger 0,228.0,42 a_{8_1} b_{1_1} c_{3_3} \dagger 0,228.0,28 a_{8_1} b_{1_1} c_{5_5}$ $\dagger 0,228.0,55 a_{8_1} b_{1_1} c_{6_6} = 0,39 \text{ gr de Zn}$
<u>B</u>	$0,175.2,04 a_{9_1} b_{1_1} c_{1_1} = 0,36 \text{ gr de B}$
<u>Fe</u>	$0,068.20,57 a_{0_1} b_{1_1} c_{1_1} \dagger 0,068.12,11 a_{0_1} b_{1_1} c_{2_2} \dagger 0,068.6,08 a_{0_1} b_{1_1} c_{4_4}$ $= 2,65 \text{ gr de Fe.}$

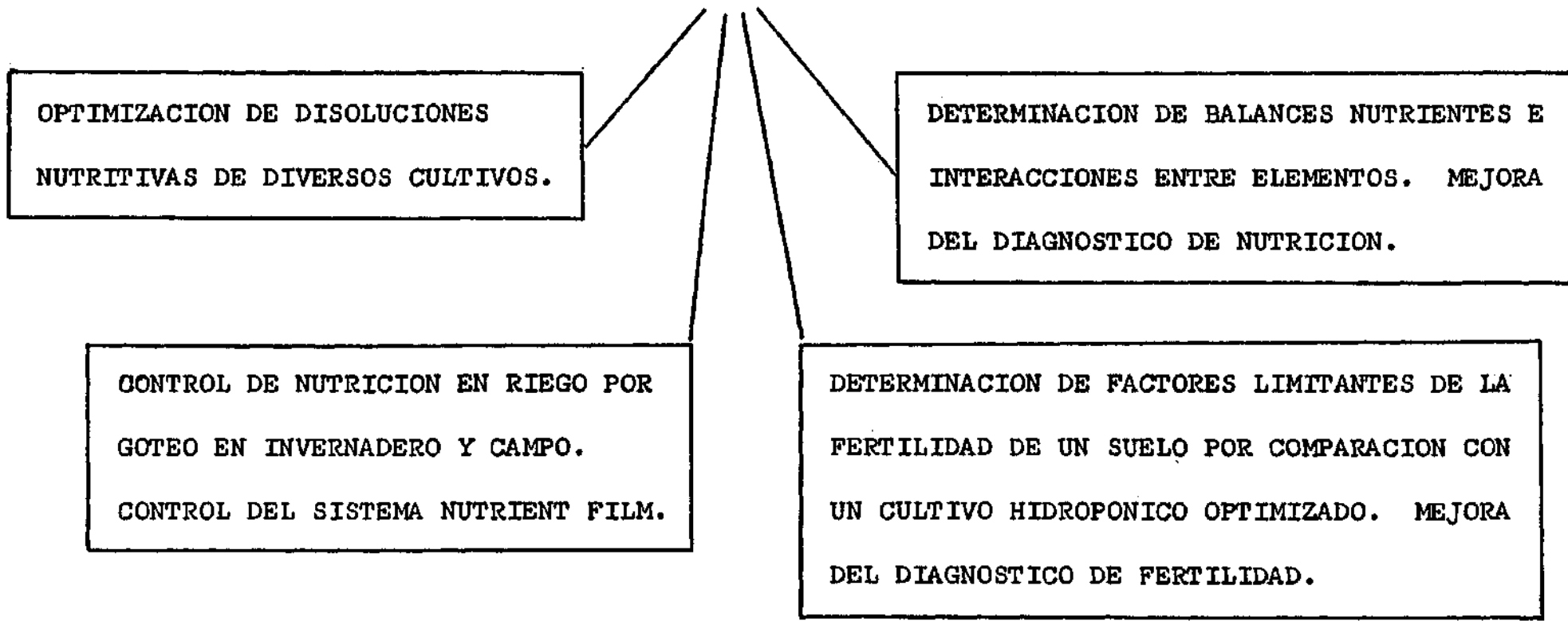
METODOLOGIA PROPUESTA PARA
EL CONTROL DE FACTORES QUIMICOS
DE NUTRICION.

METODOLOGIA PROPUESTA PARA EL CONTROL DE FACTORES QUIMICOS DE NUTRICION

POSIBILIDADES DE APLICACION EN CAMPO E INVERNADERO



POSIBILIDADES DE APLICACION EN CAMPO E INVERNADERO. CONTINUACION DEL TRABAJO.



OPTIMIZACION DE DISOLUCIONES
NUTRITIVAS DE DIVERSOS CULTIVOS.

CONTROL DE NUTRICION EN RIEGO POR
GOTEO EN INVERNADERO Y CAMPO.
CONTROL DEL SISTEMA NUTRIENT FILM.

DETERMINACION DE FACTORES LIMITANTES DE LA
FERTILIDAD DE UN SUELO POR COMPARACION CON
UN CULTIVO HIDROPONICO OPTIMIZADO. MEJORA
DEL DIAGNOSTICO DE FERTILIDAD.

DETERMINACION DE BALANCES NUTRIENTES E
INTERACCIONES ENTRE ELEMENTOS. MEJORA
DEL DIAGNOSTICO DE NUTRICION.

C O N C L U S I O N E S

1ª.- Puede realizarse la medida directa de las concentraciones de elementos en disolución nutritiva, mediante electrodos selectivos de iones, sin necesidad de añadir ISA, excepto en el caso del electrodo sensible a sodio. Las sales que componen la disolución nutritiva actúan como ajustadoras de la fuerza iónica.

2ª.- Los electrodos selectivos son aplicables a muestras de disolución nutritiva y savia, en las condiciones que proponemos, con buena reproducibilidad y sin problemas de interferencias. Esta aplicación nos permite resolver el problema del control de la nutrición de una forma rápida, simple, exacta, y por lo tanto rentable, pudiendo realizarse en el mismo invernadero, tanto si es de tipo convencional como de investigación.

3ª.- Las medidas indirectas con electrodos selectivos de iones (F^- y Pb^{++}) permiten la determinación de fluoruro y sulfato para problemas de contaminación, aguas, fertilizantes y otras muestras agrícolas que no contengan fósforo.

Su aplicación a los materiales que hemos considerado presenta la dificultad de la precipitación del fosfato de lantano, que quizá pueda resolverse con la adición de mayor exceso de lantano, lo que mejoraría la precipitación.

4ª.- Se ha dado una normativa, mediante ecuaciones del balance de elementos en disolución nutritiva, para efectuar las correcciones de la misma, que será aplicable a ciclos de cul-

tivo realizados en condiciones semejantes a las del presente estudio. La secuencia de correcciones nos permite conocer los momentos de máxima absorción de elementos por parte de la planta.

5ª.- Hemos conseguido utilizar la misma disolución nutritiva durante todo el ciclo de cultivo, realizando las oportunas correcciones de las concentraciones de elementos. Por lo tanto es factible su utilización rentable en una explotación comercial de cultivos bajo cubierta.

6ª.- Con la metodología propuesta se ha conseguido mantener la disolución nutritiva, durante todo el ciclo de cultivo, dentro de los intervalos de normalidad preestablecidos. Por lo tanto, esto nos permitirá conocer los balances nutrientes evolutivos de elementos y realizar estudios de interacciones con mayor exactitud.

7ª.- Se han obtenido, mediante análisis exhaustivos, sobre la base de un gran número de determinaciones, los balances nutrientes evolutivos en hoja y savia de cada uno de los elementos, que nos servirán de referencia para la interpretación de resultados y para fijar épocas de muestreo.

8ª.- Los balances nutrientes evolutivos de bioelementos no se ven modificados de forma apreciable por la densidad de siembra en que se ha llevado a cabo el cultivo.

- 9a.- Las dos variedades de tomate estudiadas presentan balances nutrientes evolutivos distintos, cuali y cuantitativamente, por lo que su utilización como niveles de referencia será aplicable únicamente a plantas de la misma variedad.
- 10.- Se han comparado los balances nutrientes evolutivos obtenidos en cultivos paralelos con distinto desarrollo de planta, según el recipiente utilizado para el cultivo. Se ha observado que, normalmente, se obtienen valores absolutos mayores en los cultivos en balsa que en los cultivos en tiesto, - aunque la tendencia general de los balances sea similar en - ambos casos.
- 11a.- Se propone un esquema de la metodología de control - completa de nutrición, tanto en el sustrato como en la planta, para ser aplicada en el mismo invernadero, ya sea para explotación comercial o para trabajos de investigación.

B I B L I O G R A F I A

ADAMSON, R.M.; MAAS, E.F. (1972). "Soilless culture for green house tomatoes". Canada Agriculture, 16, (2), 30-31.

ADAMSON, R.M.; MAAS, E.F. (1976). "Amount and kind of growth media in soilless greenhouse tomato production". Hort. Science, 11, (3), 212-3.

ALIEV, E.A. (1970). "Nutrient solutions for growing seedlings in soilless culture". Fiziol. Rast., 17, 182-8.

ALPI, A.; TOGNONI, F. (1975). "Cultivo en invernadero". Ed. Mundi-Prensa.

ALTARES, M. (1979). "Control directo de potasio con electrodos selectivos de iones. Disolución nutritiva y muestras vegetales en un cultivo hidropónico". Tesina de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid.

ANDERLINI (1976). "El cultivo del tomate". Ed. Mundi-Prensa.

BAGINSKAS, B.P.; GEGUZHIS, S.S. (1974). "Nutrient absorption by tomato plants in hydroponics". Khimiya v. Sel'skom Khozyaistve, 12, (12), 18-20.

BAILEY, P.L. (1980). "Analysis with ion-selective electrodes". J.J. Bouma, ed. Heyden International Topics in Science. 2nd. ed.

BARRY, R. (1976). "Greenhouse crops". American Vegetable Grower, 24, (8), 34-36.

BONDARENKO, L.O. (1973). "The effect of continuous use of soil substitutes on tomato yield in hydroponic culture under glass". Ovocnivnitstvo i Bashtannitstvo, Resp. Mizhvid. Temat. Nauk. Zb., 15, 43-48.

BRAAT, A.D.W.; GODE, L. (1978). "Electrodos específicos para iones." II Seminario Orion Research Inc. Madrid.

BROOKING, I.R. (1976). "Soilless potting media for controlled environment facilities". New Zealand Journal of Experimental Agriculture, 4, (2), 203-208.

BUCK, R.P. (1976). "Ion-selective electrodes". Anal. Chem., 48, 23-R.

BUCK, R.P. (1978). "Ion-selective electrodes". Anal. Chem., 50, 17-R.

CADAHIA, C. (1968). "Nuevo procedimiento para el estudio de la absorción y transformación de nitrógeno y fósforo en plantas". An. Edaf. Agrob. XXVII. 113-126.

CADAHIA, C. (1973). "Determinación simultánea de nitrógeno y fosfato en suelos y plantas por un sistema autoanalizador". Anal. Edaf. Agrob., XXXII, 480.

CADAHIA, G. y CARPENA, O. (1982). "Soil fertility evaluation by comparasion with a hydroponic culture under controlled conditions" Proc. Ninth International Plant Nutrition Colloquium. Warwick University. Coventry. U.K.

CANTLIFFE, D.J.; MAC DONALD, G.E.; PEAK, N.H. (1970). "Plant Sciences". New York's food and life Sciences. Nº 3 Bulletin.

CARLETON ELLIS; SWANEY, M.W. (1968). "Cultivo hidropónico de las plantas". Ed. Interciencia.

CARLSON, R.M.; KEENEY, D.R. (1971). "Instrumental methods for analysis of soils and plants tissues". Ed. L.M. Walsh. Soil Science Society of America. Chap. 3.

CARPENA, O.; ALCARAZ, C. y LEON, A. (1968). "Balance nutriente del limonero Verna". II Coloquio Europeo y Mediterráneo del control de la fertilización de las plantas cultivadas. Sevilla. España.

CARPENA, O. (1981). "Control continuo de la nutrición vegetal". Conferencia de clausura del IX Curso Internacional de Fertilidad de suelos y nutrición vegetal.

CARPENA, R. O. (1982). "Influencia del boro en la nutrición y metabolismo de la planta de tomate". Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid.

COMER, J. (1977). "Ion-selective electrodes, what they are and how to use them". M.S.E. Scientific Instruments.

COMITE INTERINSTITUTOS PARA EL ESTUDIO DE TECNICAS ANALITICAS. (1969). "Métodos de referencia para la determinación de elementos minerales en vegetales". Anal. Edaf. Agrob., XXVIII, 409-430.

COOPER, A.J. (1975). "Crop production in recirculating nutrient solution". Scientia Horticulturae, 3, (3), 251-258.

COOPER, A.J.; CHARLESWOTH, R.R. (1977). "Nutritional control of a nutrient film tomato crop". Scientia Horticulturae, 7, 189-195.

DURST, R.A. (1969). "Analytical techniques of ion-selective electrodes" in "Ion-selective electrodes" Chap. 11. Durst ed., N.B.S. Spec. Publ. nº 314. Washington D.C.

FERNANDEZ, M. (1981). "Determinación directa de calcio en disolución nutritiva y material vegetal con electrodo selectivo". Tesina de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid.

FRANT, M.S.; ROSS, J.W. (1969). "Potentiometric titrations of sulphate using an ion-selective lead electrode.

GARCIA, M.L. (1981). "Aportaciones de los electrodos selectivos de plomo y fluoruro a las determinaciones directas e indirectas (fosfato y sulfato) en muestras agrícolas." Tesina de Licenciatura.

Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid.

GOERTZEN, J.O.; OSTER, J.D. (1972). "Potentiometric titration of sulphate in water and soil extracts using a lead electrode". Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 36, (4), 691-693.

GRAN, G. (1950). "Determination of the equivalent point in potentiometric titrations". Acta Chem. Scand., 4, 559.

GRAN, G. (1952). "Determination of the equivalent point in potentiometric titrations". The Analyst, 77, (11), 661.

HERNANDO, V.; GADAHIA, C. (1973). "El análisis de savia como índice de fertilización". Manuales de Ciencia actual nº 7. CSIC. Madrid.

HEWITT, E. (1966). "Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition". Ed. C.A.B.

HULANICKI, A.; LEWANDONOSKI, R.; LEWESTAM, A. (1976). "Elimination of ionic interferences in the determination of sulphates in water using the lead sensitive ion-selective electrode". Analyst, 101, 939-942.

HURD, R.G.; THORNLEY, J.H.M. (1974). "An analysis of the growth of young tomato plants in water culture at different light integrals and CO₂ concentrations. I. Physiological aspects." Ann. Bot., 38,

375-378.

HUTERWAL, G.O. (1977). "Hidroponía. Ed. Albatros. Buenos Aires.

KORYTA, J. (1972). "Theory and applications of ion-selective electrodes". Anal. Chem. Acta, 61, 329.

KORYTA, J. (1977). "Theory and applications of ion-selective electrodes". Anal. Chem. Acta, 91, (II), 1-86.

KRIZEK, D.T.; KLUETER, H.H.; BAILEY, W.A. (1969). "From seed to flower fast in controlled environments". Agric. Res., Wash., 17, (9), 3-4.

LACHICA, M. (1965). "Métodos analíticos utilizados en la Estación Experimental del Zidín". An. Edaf. Agrob., XXIV, 589-610.

MAAS, E.F.; ADAMSON, R.M. (1971). "Soilless culture of commercial greenhouse tomatoes". Publication Canada Department of Agriculture nº 1460.

MC CALL, W.W.; NAKAGAWA, Y. (1970). "Growing plants without soil". Cric. Hawaii coop. Ext. Serv., 440, 20.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION (1981). "Los cultivos forzados en Almería". Servicio de Publicaciones Agrarias. Madrid.

MOLNAR, B. (1973). "Modern greenhouse cultivation of vegetables in Hungary". Zöldsegetermesztes, 5, 3-14.

MOODY, G.J.; THOMAS, J.D.R. (1971). "Selective ion sensitive electrodes". Merrow Publishing Co., Watford, England.

MORF, W.E.; LINDNER, E.; WILHELM, S. (1975). "Theoretical - treatment of the dynamic response of ion-selective membrane electrodes". Anal. Chem., 47, 9, 1596.

ORION RESEARCH INC. (1970). Newsletter, 2, 5.

ORION RESEARCH INC. (1971). Newsletter, 3, 2.

ORION RESEARCH INC. (1978). II Seminario sobre electrodos específicos para iones. Madrid.

PEÑALOSA, J.M. (1982). "Evaluación de la fertilidad de un suelo por comparación con un cultivo hidropónico optimizado". Tesina de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid.

PEREZ MELIAN, G. (1976). "Contribución al estudio de la hidroponia. Cultivo hidropónico de pepinos (Cucumis Sativus, L.)". Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid.

PEREZ MELIAN, G.; LUQUE, A.; CARPENA, O. (1977). "Estudio -

comparativo del cultivo hidropónico de tomates sobre cuatro sustratos diferentes en relación al número de riegos". An. Edaf. Agrob., XXXVI, 5-6, 535-564.

PETER, D.G.; HAYES, J.M.; HIEFTJE, G.M. (1974). "Chemical separations and measurements". Saunders Golden Series, W.B. Saunders Co., Philadelphia.

PUNGOR, E.; TOTH, K. (1969). "Selectivity of ion-specific membrane electrodes". Anal. Chem. Acta, 47, 291-297.

RECHNITZ, G.A. (1967). "Ion-selective electrodes". Chem. Eng. News, 45, (25), 146.

ROBERTS, A.C.; LOPEZ FANJUL, C. (1974). "Apuntes de estadística elemental." I.N.I.A.

ROSS, J.W. (1969). "Solid state and liquid membrane ion-selective electrodes". Chapter 2. R.A. Durst ed., N.B.S. Spec Publ. n^o 314. Washington D.C.

RYAN, T.H.; FLEET, B. (1975). "Response times of ion-selective electrodes. Thier measurement and interpretation". Proc. Anal. Div. Chem. Soc., 12, 53.

SASAKI, K.; ITAGI, T. (1974). "Studies on the stablishment of hydroponics for fruiting vegetables. I. The characteristics and meme

thos of using different hydroponics apparatus". Bulletin of the - Kanagawa Horticultural Experiment Station nº 22, 63-70.

SCHWARZ, M.; VAADIA, Y. (1969). "Limestone gravel as growth - medium in hydroponics". Plant and soil, 31, 122-128.

SERRANO, Z. (1979). "Invernaderos. Instalación y manejo". Publicaciones de extensión agraria. Madrid.

SHTEFAN, V.K. (1975). "Prospects of applying nutrition diagnosis in vegetable protected cultivation". Trudy Tsentral'nogo Instituta Agrokhim. Obsluzh. S. Kh., nº 3, 23-27.

SIDLAUSKAS, A. (1973). "Selection of substrats for growing tomatoes hydroponically". Trudy Litovskogo N II Zemledeliya, 16, 237-244.

SPITHOST, L.S. (1975). "The relationship between plant quality and yield of glasshouse tomatoes". Neth. J. Agric. Sci., 23, 248-258.

STEVENSON, M.R.; FISHER, K.J. (1975). "Effect of container size and peat source on growth and yield of the tomato". New Zealand Journal of Experimental Agriculture, 3, (2), 157-160.

STOUGHTON, R. H. (1969). "Soilless cultivation and its application to commercial horticultural crop production". FAO, PL, FVC/

1, 1969, 61.

TAKANO, T.; KAWAZOE, F. (1973). "Balanced nutrient solutions for vegetable crops determined by Homes method of systematic variation". Scientific Reports of the Faculty of Agriculture, Meijo University, nº 9, 7-15.

TARREGA, D.D. (1979). "Control directo de nitrato y cloruro - en un cultivo hidropónico con electrodos selectivos de iones". Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma - de Madrid.

VENDILO, G.G.; GLUCOV, N.M. (1970). "On the method of correcting the nutrient solution during hydroponic vegetable culture". Himijasel'Hoz, 8, (12), 14-16.

A P E N D I C E

Tabla 40

% N foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 4.

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	4,35	4,00	3,11	3,89	3,25	3,10	3,14	3,58	3,68	3,38	4,04	3,94
	2	3,96	4,28	3,51	3,53	3,80	3,05	3,14	3,70	3,46	3,59	4,11	4,72
	3	3,99	4,72	3,59	3,67	3,40	3,25	3,51	3,68	3,38	3,59	3,96	4,15
	4	4,30	4,84	3,01	3,35	3,00	3,15	3,09	3,61	3,53	3,88	4,18	4,58
Media		4,15	4,46	3,30	3,61	3,36	3,13	3,22	3,64	3,51	3,61	4,07	4,34
Intervalo de confianza		4,84	5,44	4,12	4,34	4,25	3,57	3,91	3,98	4,05	4,30	4,54	5,29
		3,46	3,48	2,48	2,88	2,47	2,69	2,53	3,30	2,97	2,92	3,60	3,39

Tabla 41

% N foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 6.

		Muestreos											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	4,59	3,84	3,01	3,35	3,40	2,90	3,62	3,42	3,57	3,63	4,04	4,01
	2	4,84	3,72	3,78	3,67	3,20	3,00	3,35	3,51	3,72	3,56	3,89	3,80
	3	4,51	3,60	3,78	3,78	3,45	3,25	3,57	3,56	3,50	3,50	3,89	4,15
	4	4,40	3,75	3,35	3,47	2,90	3,25	3,35	3,49	4,05	3,41	3,89	4,08
Media		4,58	3,72	3,48	3,56	3,23	3,10	3,47	3,49	3,71	3,52	3,92	4,01
Intervalo de confianza		5,24	4,19	4,43	4,22	3,99	3,76	4,04	3,87	4,47	3,99	4,33	4,61
		3,92	3,25	2,53	2,90	2,47	2,44	2,90	3,11	2,95	3,05	3,51	3,41

Tabla 42

% N foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 9.

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	4,27	3,97	3,99	3,61	3,15	3,05	3,14	3,61	3,24	3,50	3,67	3,98
	2	4,77	4,06	3,70	3,33	3,35	3,00	2,98	3,70	3,68	4,31	4,70	4,15
	3	4,84	4,00	3,35	3,55	2,95	3,05	3,03	3,58	3,02	3,78	3,82	3,91
	4	4,84	4,17	3,57	2,79	3,20	3,35	2,93	3,75	2,76	3,56	4,41	4,47
Media		4,68	4,05	3,65	3,32	3,16	3,11	3,02	3,66	3,17	3,78	4,15	4,12
Intervalo de confianza		5,50	4,49	4,44	4,27	3,79	3,74	3,46	4,07	4,15	4,73	5,23	4,88
		3,86	3,61	2,86	2,37	2,53	2,48	2,58	3,25	2,19	2,83	3,07	3,36

Tabla 43

% N foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 4.

		Muestras											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	5,20	3,90	3,54	3,61	3,54	3,38	3,88	4,33	3,75	3,39	3,95	4,42
	2	5,17	3,80	3,43	3,70	3,89	3,38	3,37	4,28	3,65	3,87	4,16	4,20
	3	5,06	4,01	4,11	3,72	3,75	3,85	3,47	4,25	4,16	3,39	4,71	3,98
	4	5,56	3,57	3,56	4,11	4,17	3,29	3,62	3,95	3,72	3,72	3,88	4,13
Media		5,25	3,82	3,66	3,78	3,84	3,47	3,58	4,20	3,82	3,59	4,17	4,18
Intervalo de confianza		5,98	4,48	4,51	4,51	4,63	4,26	4,31	4,83	4,55	4,35	5,12	4,84
		4,52	3,16	2,81	3,05	3,05	2,68	2,85	3,57	3,09	2,83	3,22	3,52

Tabla 44

% N foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 6.

		Muestreos											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	4,97	3,37	3,97	3,67	3,61	3,12	3,11	3,98	3,52	3,81	4,19	4,23
	2	5,11	3,67	4,08	3,72	4,38	3,75	3,17	4,05	4,19	3,54	3,54	4,16
	3	5,25	3,80	3,59	3,61	3,61	3,34	3,27	4,15	3,45	3,34	3,81	4,56
	4	5,11	3,83	4,13	4,06	4,03	3,53	3,42	4,40	4,12	3,69	4,37	3,98
	Media	5,11	3,66	3,94	3,76	3,90	3,43	3,24	4,14	3,82	3,59	3,97	4,23
Intervalo de confianza		5,61	4,35	4,70	4,45	4,85	4,22	3,81	4,80	4,80	4,28	4,92	5,08
		4,61	2,97	3,18	3,07	2,95	2,64	2,67	3,48	2,84	2,90	3,02	3,38

Tabla 45

% N foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 9.

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	5,28	3,96	4,13	3,34	3,75	3,34	3,83	3,90	3,45	4,10	3,87	4,35
	2	5,09	3,75	3,48	3,89	3,68	3,73	3,93	4,15	3,79	4,11	4,24	4,27
	3	5,09	3,80	3,78	3,61	3,54	3,19	3,39	3,93	3,25	3,93	4,40	3,77
	4	4,86	3,44	3,81	3,78	3,75	3,43	3,78	4,18	3,31	3,93	4,66	4,49
Media		5,08	3,73	3,80	3,65	3,68	3,42	3,73	4,04	3,45	4,01	4,29	4,22
Intervalo de confianza		5,71	4,46	4,59	4,41	4,15	4,15	4,49	4,64	4,21	4,48	5,18	5,07
		4,45	3,00	3,01	2,89	3,21	2,69	2,97	3,44	2,69	3,54	3,40	3,37

Tabla 46

ppm NO_3^- en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 4 .

		Muestreos											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	1736	1876	2240	1960	2240	2044	2137	1568	2538	2053	1792	1652
	2	1876	1848	2576	2128	2464	2240	2296	1540	2408	2184	1885	1624
	3	1876	1848	2576	2590	2520	2100	1932	1568	2744	2016	2184	1904
	4	1820	2065	2184	2226	2296	2100	2184	1512	2464	2053	1680	1960
Media		1827	1909	2394	2226	2380	2121	2137	1547	2538	2053	1885	1785
Intervalo de confianza		1840	1925	2417	2255	2398	2136	2159	1555	2559	2070	1906	1806
		1814	1893	2371	2197	2362	2106	2115	1539	2517	2036	1864	1764

Tabla 47

ppm NO₃⁻ en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 6 .

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	2016	1820	2184	2212	3080	2170	2450	1792	2464	1484	2184	1960
	2	1876	1904	2240	2184	2744	1904	2170	1680	1848	1316	2128	1624
	3	1960	1918	1904	2310	2660	2380	2744	1736	2296	1530	2072	1624
	4	2156	1960	2296	2576	2744	2156	2240	1848	1820	1792	1904	1736
Media		2002	1900	2156	2320	2807	2152	2401	1764	2107	1530	2072	1736
Intervalo de confianza		2019	1912	2177	2341	2829	2174	2427	1778	2136	1555	2091	1758
		1985	1888	2135	2299	2807	2130	2375	1750	2078	1505	2053	1714

Tabla 48

ppm NO_3^- en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 9 .

		Muestreos											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	2100	2016	1960	2464	2184	2548	3080	1960	2520	1260	1652	2128
	2	2100	1820	2296	2548	2450	2380	3500	1904	2240	1372	1680	2128
	3	2100	1932	1960	2576	2100	2240	2744	1848	2520	1306	1680	1848
	4	2100	1918	2352	2408	2072	2240	3360	1848	2408	1288	1596	2034
Media		2100	1921	2142	2499	2201	2352	3171	1890	2422	1306	1652	2034
Intervalo de confianza		2100	1935	2165	2513	2222	2371	3200	1902	2440	1319	1663	2054
		2100	1907	2119	2485	2180	2333	3142	1879	2404	1294	1641	2014

Tabla 49

ppm NO_3^- en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 4 .

		Muestreos											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	1249	1997	1820	2184	2128	2212	2997	1568	2408	2128	1904	2184
	2	1400	2072	1960	2132	1932	2240	2940	1456	2296	1960	1736	2184
	3	1288	1736	2128	2310	2240	2072	2856	1624	2436	2072	1848	2352
	4	1120	2184	2128	1904	2170	2212	3136	1680	2408	2128	1848	1960
Media		1264	1997	2009	2132	2117	2184	2997	1582	2387	2072	1834	2170
Intervalo de confianza		1281	2021	2028	2155	2135	2198	3016	1598	2400	2088	1847	2190
		1247	1973	1990	2109	2099	2170	2978	1566	2394	2056	1821	2150

Tabla 50

ppm NO_3^- en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 6 .

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	1288	2072	2240	2212	2310	2123	3304	1624	2436	2296	1736	2128
	2	1204	2156	2184	2128	2016	2030	3220	1568	2016	2016	1960	2184
	3	1204	2016	2240	2380	2268	2128	3500	1736	2464	2296	1792	2016
	4	1456	2380	2296	2128	2450	2212	3500	1372	2184	2408	1680	2072
Media		1288	2156	2240	2212	2261	2123	3381	1575	2275	2254	1792	2100
Intervalo de confianza		1305	2178	2252	2229	2282	2138	3400	1595	2298	2275	1811	2114
		1271	2134	2228	2195	2240	2108	3362	1555	2252	2233	1773	2086

Tabla 51

ppm NO_3^- en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 9 .

		Muestras											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	997	2356	2184	2156	2072	2268	2800	1400	2240	1726	1904	1848
	2	1120	2450	2240	2296	2324	2352	2940	1736	2464	1848	1848	2072
	3	1232	2296	2240	2492	2324	2184	2590	1540	2520	1792	1624	1848
	4	1116	2324	2296	2576	2240	2128	2660	1484	2576	1540	1540	2184
Media		1116	2356	2240	2380	2240	2233	2747	1540	2450	1726	1729	1988
Intervalo de confianza		1133	2370	2251	2402	2259	2249	2767	1559	2469	1746	1750	2009
		1099	2342	2229	2358	2221	2217	2727	1521	2431	1706	1708	1967

Tabla 52

% P foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad :4.

		Muestreos											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	0,42	0,38	0,40	0,40	0,41	0,45	0,30	0,35	0,47	0,63	0,89	1,40
	2	0,43	0,43	0,34	0,47	0,46	0,49	0,41	0,43	0,42	0,63	0,71	1,47
	3	0,44	0,41	0,41	0,43	0,42	0,44	0,41	0,37	0,42	0,54	0,74	1,23
	4	0,44	0,50	0,43	0,41	0,33	0,37	0,35	0,51	0,52	0,72	0,81	1,23
Media		0,43	0,43	0,40	0,43	0,41	0,44	0,37	0,42	0,46	0,63	0,79	1,47
Intervalo de confianza		0,48	0,54	0,49	0,51	0,52	0,55	0,48	0,55	0,57	0,78	0,93	1,73
		0,38	0,32	0,30	0,34	0,29	0,33	0,25	0,28	0,35	0,48	0,64	1,20

Tabla 53

% P foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 6

		Muestreos											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	0,51	0,38	0,37	0,51	0,43	0,45	0,39	0,38	0,43	0,59	0,85	1,18
	2	0,50	0,41	0,45	0,41	0,45	0,36	0,42	0,43	0,48	0,65	0,68	1,32
	3	0,49	0,48	0,47	0,38	0,44	0,45	0,35	0,45	0,43	0,53	0,78	1,48
	4	0,43	0,42	0,39	0,54	0,34	0,41	0,45	0,40	0,54	0,57	0,81	1,14
Media		0,48	0,42	0,42	0,46	0,42	0,42	0,40	0,42	0,47	0,59	0,78	1,23
Intervalo de confianza		0,58	0,52	0,53	0,60	0,53	0,52	0,50	0,50	0,58	0,70	0,91	1,36
		0,39	0,32	0,31	0,32	0,30	0,31	0,30	0,33	0,36	0,47	0,65	1,10

Tabla 54

% P foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad :9.

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	0,46	0,44	0,43	0,40	0,44	0,38	0,45	0,57	0,47	0,68	0,83	1,26
	2	0,55	0,50	0,45	0,41	0,38	0,39	0,39	0,52	0,53	0,75	0,92	1,22
	3	0,51	0,47	0,40	0,40	0,38	0,32	0,45	0,55	0,48	0,65	1,06	1,18
	4	0,51	0,47	0,44	0,36	0,43	0,46	0,52	0,59	0,61	0,74	0,94	1,22
Media		0,51	0,47	0,43	0,39	0,41	0,39	0,45	0,56	0,52	0,71	0,94	1,22
Intervalo de confianza		0,60	0,55	0,50	0,47	0,50	0,51	0,57	0,64	0,65	0,81	1,11	1,32
		0,41	0,39	0,36	0,32	0,32	0,27	0,34	0,47	0,40	0,60	0,77	1,12

Tabla 55

% P foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad :4.

		Muestreos											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	0,72	0,64	0,66	0,70	0,64	0,66	0,74	0,86	0,77	0,95	1,08	2,12
	2	0,72	0,68	0,65	0,74	0,67	0,70	0,77	0,92	0,68	0,84	1,12	2,33
	3	0,71	0,76	0,72	0,72	0,77	0,75	0,84	0,72	0,75	0,91	0,97	2,20
	4	0,77	0,72	0,70	0,75	0,66	0,73	0,82	0,89	0,93	0,98	1,15	2,10
	Media	0,73	0,70	0,68	0,73	0,69	0,71	0,79	0,85	0,78	0,92	1,08	2,19
Intervalo de confianza		0,81	0,81	0,77	0,80	0,81	0,81	0,90	0,99	0,94	1,04	1,23	2,34
		0,65	0,59	0,59	0,65	0,58	0,61	0,69	0,70	0,62	0,80	0,92	2,02

Tabla 56

% P foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad :6.

		Muestreos											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	0,69	0,58	0,63	0,68	0,64	0,76	0,84	0,87	0,87	0,99	1,48	2,00
	2	0,63	0,57	0,62	0,63	0,64	0,61	1,09	0,88	0,93	0,99	1,58	2,16
	3	0,69	0,64	0,68	0,60	0,69	0,77	0,92	0,74	0,87	0,96	1,20	2,32
	4	0,66	0,63	0,70	0,69	0,69	0,69	0,87	0,82	0,90	0,95	1,55	2,37
	Media	0,67	0,61	0,66	0,65	0,67	0,71	0,93	0,83	0,89	0,97	1,45	2,21
Intervalo de confianza		0,75	0,70	0,75	0,75	0,75	0,84	1,10	0,95	0,98	1,04	1,66	2,42
		0,58	0,51	0,56	0,55	0,58	0,57	0,76	0,70	0,81	0,90	1,24	2,01

Tabla 57

% P foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 9.

		Muestras											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	0,68	0,58	0,61	0,68	0,63	0,79	0,80	0,78	0,72	0,89	1,16	2,33
	2	0,69	0,67	0,70	0,70	0,76	0,75	0,70	0,73	0,83	0,74	1,08	2,24
	3	0,65	0,64	0,70	0,70	0,69	0,83	0,74	0,89	0,94	0,97	1,03	2,26
	4	0,68	0,61	0,63	0,77	0,67	0,78	0,84	0,83	0,78	0,85	1,13	2,21
	Media	0,68	0,63	0,66	0,71	0,68	0,79	0,77	0,81	0,82	0,86	1,10	2,26
Intervalo de confianza		0,74	0,72	0,77	0,81	0,81	0,88	0,89	0,94	0,97	1,02	1,22	2,38
		0,61	0,53	0,55	0,61	0,56	0,70	0,64	0,68	0,66	0,71	0,98	2,13

Tabla 58

ppm P en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 4 .

		Muestras											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones.	1	242	222	433	270	306	255	400	362	367	525	485	630
	2	320	303	452	307	393	362	390	330	360	475	420	625
	3	256	265	467	348	350	277	350	325	350	497	430	600
	4	312	257	458	308	350	372	430	362	390	490	410	665
Media		282	261	452	308	350	316	392	344	367	497	436	630
Intervalo de confianza		292	270	459	318	360	328	401	351	374	505	445	639
		272	252	445	298	340	304	383	337	360	489	427	621

Tabla 59

ppm P en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 6 .

		Muestreos											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	256	262	500	348	446	312	420	375	330	465	460	560
	2	248	217	500	307	345	277	360	312	365	455	540	610
	3	286	283	542	307	440	325	450	412	380	445	475	790
	4	276	238	492	323	377	285	350	367	358	455	491	653
	Media	266	250	508	321	402	299	395	367	358	455	491	653
Intervalo de confianza		273	259	516	328	413	307	406	378	366	460	501	481
		259	241	500	314	391	291	384	356	350	450	481	636

Tabla 60

ppm P en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 9 .

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	276	275	467	340	340	355	420	400	385	540	340	510
	2	300	280	442	298	383	270	435	337	350	518	380	375
	3	276	235	450	315	372	320	445	400	360	490	310	461
	4	272	257	453	298	365	330	440	375	365	525	430	500
	Media	281	262	453	313	365	319	435	378	365	518	365	461
Intervalo de confianza		287	269	459	320	373	328	441	387	372	526	376	475
		275	255	447	306	357	310	429	369	358	508	354	447

Tabla 61

ppm P en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 4 .

		Muestreos											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	282	321	475	340	460	380	420	380	410	575	390	730
	2	325	335	525	413	460	447	540	375	485	610	390	655
	3	308	270	425	343	427	405	565	312	455	525	355	540
	4	308	358	475	427	493	470	508	380	550	490	390	750
	Media	306	321	475	381	460	425	508	362	475	550	378	669
Intervalo de confianza		313	332	486	392	469	435	522	371	487	562	385	684
		299	310	464	370	451	415	494	353	463	538	371	654

Tabla 62

ppm P en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 6 .

		Muestreos											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	316	280	492	372	410	305	733	375	470	610	360	850
	2	258	302	475	333	426	295	670	362	400	555	420	710
	3	258	275	467	457	453	330	740	337	525	630	385	870
	4	277	353	533	372	417	310	790	362	425	645	375	825
	Media	277	302	492	383	426	310	733	359	455	610	385	814
Intervalo de confianza		286	312	502	394	433	317	745	365	467	621	394	827
		268	292	482	372	419	303	721	353	442	599	376	801

Tabla 63

ppm P en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 9 .

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	239	334	558	350	460	395	510	325	450	630	365	730
	2	246	313	408	328	447	372	580	325	440	490	360	775
	3	250	313	458	343	463	325	460	312	480	635	325	790
	4	245	377	358	340	483	380	615	412	550	510	410	805
Media		245	334	445	340	463	368	541	343	480	566	365	775
Intervalo de confianza		249	344	458	345	470	376	554	354	492	570	375	785
		241	324	432	335	456	359	528	332	468	552	355	765

Tabla 64

% K foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 4.

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	3,18	2,84	3,46	3,94	3,96	3,76	3,26	3,18	3,28	3,20	2,84	2,42
	2	2,84	2,88	3,14	3,76	4,04	4,12	3,40	3,54	3,28	3,04	3,54	2,94
	3	3,08	2,92	3,54	4,04	3,90	3,92	3,46	3,38	3,38	3,34	3,10	3,22
	4	2,98	3,18	3,74	3,64	3,46	3,80	3,50	3,32	3,06	2,60	2,74	2,72
Media	3,02	2,95	3,47	3,84	3,84	3,90	3,40	3,35	3,25	3,04	3,05	2,82	
Intervalo de confianza		3,62	3,57	4,26	4,51	4,64	4,53	3,91	3,96	3,83	4,03	4,00	3,74
		2,42	2,33	2,68	3,17	3,04	3,27	2,89	2,74	2,67	2,05	2,10	1,90

Tabla 65

% K foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 6.

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	2,84	3,04	3,04	3,50	4,18	3,74	3,92	3,64	3,82	3,16	3,16	2,80
	2	2,78	3,42	3,86	4,40	4,18	4,00	3,96	3,52	3,32	3,20	2,98	2,28
	3	2,76	2,80	3,36	3,72	3,86	3,62	3,66	3,38	3,04	2,94	3,02	2,90
	4	3,10	2,88	3,34	4,14	4,07	3,90	3,90	3,38	2,96	3,18	2,88	3,12
Media		2,87	3,03	3,40	3,94	4,07	3,81	3,86	3,48	3,28	3,12	3,01	2,90
Intervalo de confianza		3,47	3,85	4,32	4,92	4,73	4,44	4,43	4,02	4,26	3,66	3,55	3,50
		2,27	2,21	2,48	2,96	3,41	3,18	3,29	2,94	2,30	2,58	2,47	2,30

Tabla 66

% K foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 9.

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	2,76	2,94	3,50	3,98	3,66	4,34	4,02	3,80	3,76	3,12	2,94	3,04
	2	2,98	3,40	3,60	4,00	3,94	4,50	3,90	4,12	3,32	3,14	3,04	2,95
	3	2,80	3,14	3,56	3,92	3,78	3,72	3,80	3,74	3,32	2,90	3,02	2,90
	4	2,86	3,16	3,64	3,58	3,82	3,98	4,28	3,90	3,26	2,90	3,16	2,92
Media		2,85	3,16	3,57	3,87	3,80	4,18	4,00	3,89	3,41	3,01	3,04	2,95
Intervalo de confianza		3,32	3,82	3,95	4,56	4,30	5,00	4,69	4,52	4,17	3,58	3,54	3,36
		2,38	2,50	3,19	3,18	3,30	3,36	3,31	3,26	2,65	2,44	2,54	2,52

Tabla 67

% K foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad :4.

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	2,74	2,34	2,66	3,68	2,94	3,14	3,10	3,02	2,42	2,26	2,88	2,28
	2	2,42	2,38	2,58	2,66	3,50	3,30	3,62	3,44	3,18	2,44	3,18	2,42
	3	2,64	2,48	3,46	3,34	3,84	3,12	3,72	3,60	3,04	3,04	2,74	3,10
	4	2,28	2,40	2,30	2,34	3,00	3,88	3,38	2,64	2,60	2,52	2,60	2,12
Media		2,52	2,40	2,50	2,75	3,32	3,36	3,45	3,17	2,81	2,56	2,85	2,23
Intervalo de confianza		3,21	2,81	3,10	3,76	4,33	4,28	4,27	4,18	3,73	3,45	3,61	2,83
		1,83	1,99	1,90	1,74	2,31	2,44	2,43	2,16	1,89	1,67	2,09	1,63

Tabla 68

% K foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 6.

		Muestreos											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	2,56	2,10	3,06	2,98	3,50	3,78	3,88	3,16	2,80	2,68	2,98	2,68
	2	2,64	2,56	3,36	3,06	3,38	3,28	3,36	3,30	2,70	2,48	2,90	3,14
	3	2,52	2,34	2,60	2,78	3,44	3,60	3,30	3,18	2,98	2,70	2,60	3,04
	4	2,38	2,08	2,48	3,10	2,90	3,38	3,34	2,94	2,80	2,80	2,66	2,50
Media		2,52	2,27	2,87	2,98	3,30	3,51	3,47	3,14	2,82	2,66	2,78	2,84
Intervalo de confianza		3,02	3,00	3,85	3,55	4,12	4,24	4,29	3,74	3,36	3,23	3,44	3,69
		2,02	1,54	1,89	2,41	2,48	2,78	2,65	2,54	2,28	2,09	2,12	1,99

Tabla 69

% K foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 9.

		Muestras											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1		2,40	2,32	3,32	2,98	3,10	3,50	3,58	2,78	2,56	2,24	2,60	2,14
2		2,70	2,18	3,46	3,16	3,16	3,48	3,58	3,04	3,08	2,38	3,28	2,86
3		2,76	2,50	3,48	2,84	3,72	3,40	4,52	3,38	3,26	2,84	2,62	2,64
4		2,52	2,22	3,00	2,96	2,70	3,28	3,22	2,60	2,28	2,08	2,70	2,28
Media		2,59	2,30	3,31	2,98	2,92	3,41	3,47	2,95	2,89	2,43	2,55	2,43
Intervalo de confianza		3,22	2,87	4,04	3,55	3,68	3,88	4,10	3,87	3,78	3,25	3,21	3,22
		1,96	1,73	2,58	2,41	2,16	2,94	2,84	2,03	2,00	1,61	1,89	1,64

Tabla 70

ppm K en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 4.

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	4836	4379	4066	4965	3440	3519	3832	3519	5139	4848	5239	3832
	2	4602	4301	4535	5190	3860	3812	4614	3753	4535	5474	5474	4535
	3	4524	4613	4379	5083	3940	4418	4222	3910	4457	5004	5161	4379
	4	4680	4379	3675	5522	3280	4184	3754	3597	4379	5004	5291	4144
Media		4660	4418	4163	5190	3630	3983	4105	3694	4627	5082	5291	4222
Intervalo de confianza		4678	4436	4194	5221	3658	4015	4137	3715	4657	5108	5314	4250
		4642	4400	4132	5159	3602	3951	4073	3673	4597	5056	5268	4196

Tabla 71

ppm K en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 6 .

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	5460	4301	3519	4535	4300	3617	4536	3831	4379	5083	4927	3988
	2	5148	4379	4457	4965	4300	3519	3910	4066	4423	5004	4614	4379
	3	5304	4301	3753	4770	4060	4301	4536	3831	4223	4848	4692	4457
	4	5538	4457	3519	4301	3820	3910	3754	3597	4953	5004	4744	3988
Media		5362	4359	3812	4692	4120	3836	4184	3831	4494	4984	4744	4203
Intervalo de confianza		5383	4373	3845	4719	4143	3866	4216	3853	4522	5000	4767	4228
		5341	4345	3779	4665	4097	3806	4152	3809	4466	4968	4721	4178

Tabla 72

ppm K en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 9 .

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	5382	4692	4144	5083	3200	4223	4536	4066	4223	5083	3832	4457
	2	6006	4613	4066	4848	4300	4301	4666	4223	4144	4301	3467	4614
	3	5850	4613	3910	5278	3680	3812	4614	3910	4066	5004	3128	4066
	4	5694	4692	3910	4222	3280	4301	4848	3832	4144	4613	3441	4536
Media		5733	4652	4007	4857	3615	4159	4666	4007	4144	4750	3467	4418
Intervalo de confianza		5759	4663	4024	4891	3651	4184	4689	4028	4157	4780	3501	4443
		5707	4641	3990	4823	3579	4135	4643	3986	4131	4720	3433	4393

Tabla 73

ppm K en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 4 .

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	4800	3910	3812	4457	3360	3617	4614	3206	3988	4223	3128	3910
	2	4600	4301	3284	3675	3360	3812	5004	3362	3597	4170	3363	3519
	3	4680	4457	4066	4248	3740	3715	4848	3050	4301	4301	3128	3832
	4	4280	4183	3597	4613	3440	3519	5162	2737	3910	3988	2893	3362
Media		4590	4212	3689	4248	3475	3665	4907	3088	3949	4170	3128	3655
Intervalo de confianza		4614	4236	3718	4289	3496	3683	4931	3114	3976	4193	3156	3681
		4566	4188	3660	4205	3454	3647	4883	3062	3922	4147	3100	3629

Tabla 74

ppm K en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 6 .

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	4840	4457	4301	4535	3900	3030	4848	3206	3910	3988	3519	3988
	2	4840	3714	4379	4613	3820	3715	4536	3284	3988	4223	3675	4223
	3	4520	4535	3910	4457	3740	3617	5238	3362	3753	3988	4223	3910
	4	5300	4613	3753	4379	3860	3597	5474	2932	4144	4223	3805	3675
Media		4875	4329	4085	4496	3830	3489	5024	3196	3948	4105	3805	3949
Intervalo de confianza		4903	4361	4113	4512	3843	3517	5056	3218	3968	4124	3840	3973
		4847	4297	4057	4480	3817	3461	4992	3174	3928	4086	3770	3925

Tabla 75

ppm K en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 9 .

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	5200	4535	4379	4222	3280	4379	3598	2971	3910	3831	3910	3675
	2	4440	4613	3753	4770	3680	4027	4536	3128	4222	4692	3754	4145
	3	4520	4926	4379	5161	3980	3715	4614	2737	3910	4848	3441	4379
	4	4280	4457	4066	5239	3040	3675	4144	3050	3519	3675	3675	3675
Media		4610	4632	4144	4848	3495	3949	4223	2971	3890	4261	3695	3968
Intervalo de confianza		4642	4655	4172	4883	3527	3978	4257	2997	3917	4300	3717	3998
		4578	4609	4116	4813	3463	3920	4189	2945	3863	4222	3673	3938

Tabla 76

% Ca foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 4.

		Muestras											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	4,52	3,15	5,30	2,23	4,27	3,16	1,93	2,29	2,96	2,34	2,53	3,95
	2	4,82	3,49	4,33	3,80	3,25	3,91	1,79	2,67	3,09	1,69	2,12	2,28
	3	4,96	3,04	4,17	3,24	3,86	2,44	1,56	2,19	3,40	2,67	2,44	1,96
	4	4,56	2,63	5,62	3,66	3,52	2,60	2,98	2,19	3,50	1,93	2,36	2,16
Media		4,71	3,08	4,85	3,48	3,72	2,77	1,81	2,33	3,24	2,15	2,36	2,59
Intervalo de confianza		5,40	4,00	5,89	4,30	4,76	3,66	2,47	3,06	4,03	3,16	3,05	3,60
		4,02	2,16	3,81	2,66	2,68	1,88	1,15	1,60	2,45	1,14	1,67	1,58

Tabla 77

% Ca foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 6.

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	3,45	3,82	4,50	3,77	3,97	3,60	1,93	2,10	2,78	2,18	2,91	2,06
	2	3,05	3,82	3,15	2,47	3,54	2,73	1,73	2,19	2,62	2,27	2,49	1,62
	3	3,88	4,27	3,98	3,28	4,43	2,98	2,40	2,52	3,08	2,69	2,44	1,79
	4	4,21	4,27	4,67	3,11	4,03	2,65	2,28	2,28	2,31	2,27	3,25	3,07
Media		3,65	4,04	4,32	3,40	3,99	2,99	2,08	2,27	2,70	2,35	2,77	2,13
Intervalo de confianza		4,05	4,83	5,17	4,22	4,94	4,00	2,93	2,93	3,59	3,08	3,72	3,05
		2,54	3,25	3,47	2,58	3,04	1,98	1,23	1,61	1,81	1,62	1,82	1,21

Tabla 78

% Ca foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 9.

		Muestreos											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	4,36	3,80	3,66	3,16	3,72	3,54	3,03	3,18	3,12	2,67	1,92	2,48
	2	3,39	3,30	3,71	3,64	3,32	3,46	2,77	2,41	2,83	1,79	2,92	1,78
	3	3,25	3,79	3,90	3,54	4,15	3,40	2,98	2,25	3,50	2,28	2,39	2,66
	4	3,58	3,12	3,50	3,37	3,77	2,59	3,16	2,07	3,56	2,11	2,65	1,40
Media		3,64	3,50	3,69	3,43	3,74	3,25	2,98	2,48	3,25	2,21	2,65	2,08
Intervalo de confianza		4,75	4,42	4,32	4,12	4,66	4,29	3,61	3,56	4,17	3,16	3,60	3,09
		2,53	2,59	3,06	2,74	2,82	2,21	2,35	1,40	2,33	1,26	1,70	1,07

Tabla 79

% Ca foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 4.

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	2,50	3,55	4,21	3,60	4,16	3,88	1,90	2,00	2,94	3,18	2,63	2,25
	2	2,43	4,13	4,96	3,48	3,08	2,70	2,68	1,94	3,35	2,30	2,56	2,21
	3	3,22	3,26	4,70	3,55	3,67	2,45	2,56	1,78	2,56	3,20	2,84	2,27
	4	2,46	4,92	4,93	3,24	2,93	3,80	2,50	2,63	2,71	3,19	3,55	2,44
Media		2,65	3,96	4,70	3,47	3,46	3,21	2,41	2,09	2,89	2,96	2,89	2,29
Intervalo de confianza		3,60	4,81	5,71	4,10	4,44	4,32	3,33	3,04	3,81	4,00	3,93	2,76
		1,70	3,11	3,69	2,84	2,48	2,10	1,49	1,14	1,97	1,92	1,85	1,82

Tabla 80

% Ca foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 6.

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	2,87	4,13	3,94	3,62	3,78	3,97	3,60	2,28	2,92	2,32	2,79	2,08
	2	2,37	3,61	2,89	3,65	4,25	2,78	3,52	1,95	2,03	2,90	4,24	2,00
	3	2,69	3,89	4,74	3,88	4,04	3,52	3,32	2,58	3,30	3,32	3,07	1,69
	4	3,12	4,04	4,30	3,71	4,94	3,39	3,40	1,88	2,36	2,61	2,15	2,12
Media		2,76	3,92	3,97	3,71	4,25	3,41	3,46	2,17	2,65	2,78	3,06	1,97
Intervalo de confianza		3,61	4,65	4,70	4,28	5,29	4,30	4,00	3,06	3,60	3,79	3,72	2,63
		1,91	3,19	3,24	3,14	3,21	2,52	2,92	1,28	1,70	1,77	2,40	1,31

Tabla 81

% Ca foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 9.

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	3,04	3,36	4,38	4,04	3,39	2,92	3,64	3,04	2,73	3,43	2,55	1,90
	2	2,67	4,05	3,89	3,30	4,54	2,91	3,81	2,65	2,49	2,17	2,81	1,91
	3	2,55	3,25	3,26	3,22	3,26	3,24	3,07	2,47	3,24	1,89	2,00	1,71
	4	3,03	4,41	4,61	4,02	3,95	3,04	2,68	2,54	3,63	2,12	2,19	1,80
Media	2,82	3,77	4,03	3,64	3,78	3,03	3,30	2,67	3,02	2,15	2,38	1,83	
Intervalo de confianza		3,61	4,81	4,95	4,68	4,76	3,63	4,31	3,46	4,03	2,88	3,33	2,30
		2,03	2,73	3,11	2,60	2,80	2,43	2,29	1,88	2,01	1,42	1,43	1,36

Tabla 82

ppm Ca en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 4 .

		Muestreos											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	420	480	720	780	760	660	480	600	885	880	660	860
	2	600	610	840	690	800	720	480	580	720	820	820	620
	3	600	520	740	700	680	480	410	440	720	780	590	820
	4	480	500	760	900	840	600	640	540	700	640	530	880
Media		525	527	765	767	770	615	502	540	756	780	650	795
Intervalo de confianza		540	539	776	783	783	631	518	553	771	796	668	812
		510	515	754	757	757	599	486	527	741	764	632	778

Tabla 83

ppm Ca en savia. Cíolo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 6 .

		Muestreos											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	500	610	920	660	1100	800	600	720	680	720	660	860
	2	500	620	700	600	800	520	490	540	760	720	660	720
	3	600	620	820	680	740	840	650	610	520	820	550	530
	4	560	580	900	970	820	720	490	600	590	760	640	820
Media		540	607	835	727	865	720	557	617	637	755	627	732
Intervalo de confianza		551	614	851	747	885	739	571	631	653	766	638	751
		529	600	818	707	845	701	543	603	621	744	616	713

Tabla 84

ppm Ca en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 9 .

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	500	740	840	820	600	880	780	760	720	880	720	920
	2	540	560	840	760	720	720	800	680	560	620	740	820
	3	500	540	660	620	600	660	540	700	700	580	660	1020
	4	530	520	800	770	640	680	680	740	800	780	820	780
Media	517	590	785	740	640	735	700	720	695	715	735	885	
Intervalo de confianza		524	606	800	755	652	751	717	730	711	734	748	901
		510	574	770	725	628	719	683	710	679	696	722	869

Tabla 85

ppm Ca en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 4 .

		Muestras											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	258	420	700	640	740	860	560	610	840	1200	920	1020
	2	410	640	680	430	680	800	720	480	840	960	780	1320
	3	290	450	660	590	700	660	680	420	660	1200	680	1240
	4	240	560	820	430	720	720	690	600	760	1180	720	1180
	Media	299	517	715	522	710	760	662	527	775	1135	775	1190
Intervalo de confianza		313	533	728	538	718	775	675	542	790	1152	791	1208
		285	501	702	506	702	745	649	512	760	1118	759	1172

Tabla 86

ppm Ca en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 6 .

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	290	530	780	630	840	860	720	510	860	920	660	1220
	2	270	380	740	570	660	680	760	480	650	1120	740	1080
	3	220	420	660	640	800	700	880	520	860	1180	800	1160
	4	340	560	800	580	760	720	740	440	640	1000	680	1000
	Media	280	472	745	605	765	740	775	487	752	1055	720	1115
Intervalo de confianza		291	487	757	614	779	754	788	496	770	1072	733	1130
		269	457	733	596	751	726	762	478	734	1038	707	1100

Tabla 87

ppm Ca en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 9 .

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	275	590	640	620	760	860	590	640	800	810	820	1260
	2	300	700	760	650	800	820	720	600	660	860	660	1080
	3	330	530	640	540	640	820	540	450	760	800	640	860
	4	460	680	580	770	560	720	680	580	860	780	660	1280
Media		341	625	655	645	690	805	632	567	770	813	695	1206
Intervalo de confianza		355	639	669	660	707	817	646	581	784	823	709	1223
		327	611	641	630	673	793	618	553	756	803	681	1189

Tabla 88

% Mg foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 4 .

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	0,74	0,64	0,86	0,68	0,70	0,68	0,54	0,56	0,58	0,54	0,66	0,76
	2	0,82	0,74	0,88	0,80	0,62	0,70	0,52	0,62	0,60	0,34	0,54	0,60
	3	0,84	0,68	0,88	0,88	0,78	0,62	0,58	0,62	0,70	0,56	0,60	0,70
	4	0,78	0,66	1,00	0,88	0,68	0,60	0,54	0,60	0,62	0,64	0,64	0,72
Media		0,79	0,68	0,90	0,81	0,69	0,65	0,54	0,60	0,62	0,57	0,61	0,69
Intervalo de confianza		0,89	0,78	1,03	0,96	0,82	0,76	0,62	0,68	0,73	0,68	0,72	0,82
		0,69	0,58	0,77	0,66	0,56	0,54	0,46	0,52	0,51	0,46	0,50	0,56

Tabla 89

% Mg foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 6.

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	0,70	0,72	0,92	0,80	0,64	0,64	0,60	0,56	0,52	0,56	0,60	0,62
	2	0,70	0,74	0,78	0,78	0,74	0,58	0,58	0,56	0,58	0,52	0,52	0,44
	3	0,78	0,80	0,92	0,80	0,84	0,70	0,66	0,68	0,68	0,70	0,60	0,74
	4	0,82	0,84	0,94	0,90	0,84	0,56	0,60	0,60	0,60	0,54	0,58	0,60
Media		0,75	0,77	0,89	0,82	0,76	0,62	0,61	0,60	0,58	0,59	0,58	0,65
Intervalo de confianza		0,87	0,89	1,02	0,93	0,91	0,74	0,70	0,72	0,71	0,73	0,68	0,80
		0,63	0,65	0,76	0,71	0,61	0,50	0,52	0,48	0,45	0,45	0,48	0,50

Tabla 90

% Mg foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 9.

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	0,78	0,76	0,84	0,70	0,76	0,64	0,62	0,60	0,58	0,54	0,50	0,54
	2	0,72	0,72	0,86	0,78	0,68	0,64	0,56	0,58	0,58	0,54	0,52	0,54
	3	0,74	0,76	0,90	0,74	0,74	0,64	0,58	0,60	0,62	0,70	0,52	0,48
	4	0,76	0,72	0,82	0,80	0,68	0,54	0,62	0,58	0,52	0,50	0,50	0,42
Media		0,75	0,74	0,85	0,75	0,71	0,61	0,59	0,59	0,57	0,57	0,51	0,49
Intervalo de confianza		0,83	0,81	0,94	0,85	0,81	0,72	0,68	0,64	0,67	0,72	0,56	0,61
		0,67	0,67	0,76	0,65	0,61	0,50	0,50	0,54	0,47	0,42	0,46	0,37

Tabla 91

% Mg foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 4.

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	0,78	0,74	0,80	0,82	0,94	0,76	0,68	0,68	0,66	0,66	0,60	0,78
	2	0,72	0,78	0,86	0,80	0,74	0,66	0,62	0,60	0,62	0,56	0,56	0,72
	3	0,74	0,72	0,76	0,80	0,82	0,72	0,74	0,70	0,66	0,72	0,70	0,78
	4	0,70	0,90	0,96	0,74	0,80	0,72	0,72	0,68	0,64	0,64	0,68	0,82
Media		0,73	0,78	0,83	0,79	0,80	0,71	0,69	0,66	0,64	0,64	0,63	0,77
Intervalo de confianza		0,82	0,92	0,95	0,88	0,90	0,81	0,80	0,76	0,71	0,77	0,76	0,87
		0,64	0,64	0,71	0,70	0,70	0,61	0,58	0,56	0,57	0,51	0,50	0,67

Tabla 92

% Mg foliar. Ciclo de cultivo completo

Variedad : Super-Roma. Densidad : 6

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	0,72	0,78	0,78	0,84	0,74	0,70	0,70	0,66	0,58	0,54	0,58	0,68
	2	0,72	0,72	0,74	0,78	0,66	0,64	0,70	0,62	0,62	0,52	0,62	0,70
	3	0,70	0,78	0,90	0,82	0,80	0,70	0,68	0,68	0,68	0,60	0,58	0,74
	4	0,74	0,82	0,84	0,72	0,86	0,68	0,76	0,70	0,60	0,62	0,66	0,76
Media		0,72	0,77	0,81	0,79	0,76	0,68	0,71	0,66	0,62	0,57	0,61	0,72
Intervalo de confianza		0,78	0,87	0,94	0,90	0,91	0,76	0,80	0,75	0,72	0,68	0,71	0,82
		0,66	0,67	0,68	0,68	0,61	0,60	0,62	0,57	0,52	0,46	0,51	0,62

Tabla 93

% Mg foliar. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 9.

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	0,76	0,76	0,80	0,86	0,78	0,66	0,76	0,72	0,70	0,68	0,62	0,80
	2	0,74	0,74	0,94	0,70	0,82	0,68	0,74	0,70	0,66	0,54	0,64	0,72
	3	0,70	0,74	0,78	0,68	0,78	0,72	0,68	0,72	0,72	0,60	0,56	0,50
	4	0,70	0,84	0,90	0,74	0,76	0,64	0,88	0,68	0,66	0,50	0,54	0,68
Media		0,72	0,77	0,85	0,74	0,78	0,67	0,76	0,70	0,68	0,58	0,59	0,72
Intervalo de confianza		0,81	0,88	0,99	0,88	0,86	0,76	0,90	0,77	0,77	0,72	0,70	0,83
		0,63	0,66	0,71	0,60	0,70	0,58	0,62	0,63	0,59	0,44	0,48	0,61

Tabla 94

ppm Mg en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 4 .

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	437	587	820	880	740	660	400	400	500	460	480	465
	2	540	637	800	800	560	830	380	320	440	340	500	420
	3	662	487	840	840	540	860	460	260	520	360	440	400
	4	512	570	900	1060	660	980	600	300	520	340	400	580
Media	537	570	840	895	625	833	460	320	495	375	455	466	
Intervalo de confianza		557	586	850	912	840	856	480	332	505	387	466	484
		517	554	830	878	810	810	440	308	485	363	444	448

Tabla 95

ppm Mg en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 6 .

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	425	612	840	780	720	530	440	360	360	340	420	500
	2	375	600	620	860	640	480	380	400	380	480	440	580
	3	412	650	800	880	880	600	500	460	440	385	460	420
	4	375	737	860	920	820	520	400	380	300	340	440	480
Media		396	649	780	860	765	533	430	400	370	386	440	495
Intervalo de confianza		404	661	797	872	781	547	442	413	382	403	448	508
		388	637	763	848	749	519	418	387	358	369	432	482

Tabla 96

ppm Mg en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 9 .

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	337	837	920	680	610	550	460	360	540	460	420	400
	2	212	700	820	620	520	540	465	280	400	405	300	435
	3	250	650	720	540	680	640	440	280	540	440	400	520
	4	275	725	820	610	640	480	500	280	600	320	500	380
Media	268	728	820	613	613	553	466	300	520	406	405	433	
Intervalo de confianza	280	742	834	628	630	569	476	310	535	422	419	449	
	256	714	806	598	596	537	456	290	505	390	391	417	

Tabla 97

ppm Mg en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 4 .

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	200	475	720	760	600	760	605	420	560	740	700	640
	2	337	500	850	720	720	740	560	360	660	500	700	680
	3	262	400	840	780	740	760	560	380	500	640	740	600
	4	300	625	1000	700	680	780	700	620	640	680	710	640
Media	274	500	853	790	685	760	606	386	590	640	713	640	
Intervalo de confianza	286	520	875	800	697	768	623	395	604	661	722	652	
	262	480	831	780	673	752	589	377	576	619	704	628	

Tabla 98

ppm Mg en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 6 .

		Muestras											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	300	537	620	740	500	600	700	400	720	940	640	720
	2	225	475	560	820	480	600	900	440	660	880	640	560
	3	287	562	760	760	620	600	720	460	680	1040	740	560
	4	312	625	720	580	580	760	880	520	580	900	675	610
	Media	281	549	665	725	545	640	800	455	660	940	673	613
Intervalo de confianza		291	562	680	741	558	654	816	466	676	957	687	631
		271	536	650	709	532	626	784	444	644	923	659	595

Tabla 99

ppm Mg en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 9 .

		Muestreos											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	262	450	580	615	840	700	620	600	640	685	660	560
	2	262	675	720	580	680	720	780	540	600	580	540	560
	3	300	525	500	640	740	820	720	520	600	780	440	660
	4	275	550	600	620	755	820	760	660	615	700	480	700
	Media	274	550	600	613	753	765	720	580	613	686	530	620
Intervalo de confianza		283	570	615	623	770	778	737	593	622	704	546	633
		265	530	585	603	736	752	703	567	604	668	514	607

Tabla 100

ppm S en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 4 .

		Muestreos											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	53	71	115	81	80	90	160	300	292	235	230	240
	2	60	90	110	99	120	95	155	265	180	225	237	200
	3	60	80	90	99	115	95	150	267	170	190	262	182
	4	66	120	117	93	105	93	175	280	265	245	227	212
	Media	60	90	108	93	105	93	160	278	278	224	239	208
Intervalo de confianza		64	97	114	98	111	96	165	284	285	232	245	216
		56	83	102	88	99	90	155	272	271	216	233	200

Tabla 101

ppm S en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 6 .

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	63	112	130	115	150	120	210	265	200	225	235	217
	2	76	71	115	93	105	100	157	280	205	190	220	162
	3	90	102	127	89	120	102	205	295	237	240	255	178
	4	70	75	112	105	100	107	160	215	235	220	236	155
Media		75	90	121	100	119	107	183	264	219	219	236	178
Intervalo de confianza		80	97	126	105	127	112	191	273	226	226	243	286
		70	83	116	95	111	102	175	255	212	212	229	170

Tabla 102

ppm S en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 9 .

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	77	92	115	95	120	102	135	335	195	255	185	195
	2	80	112	105	85	120	80	141	275	167	251	220	150
	3	73	107	95	94	135	97	160	285	175	285	165	177
	4	80	119	85	81	125	105	130	335	240	215	190	174
	Media	77	107	100	89	125	96	141	307	194	251	190	174
Intervalo de confianza		80	113	106	93	130	101	147	316	202	259	198	182
		74	101	94	85	120	91	135	298	186	243	182	166

Tabla 103

ppm S en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 4 .

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	92	71	170	135	167	235	210	185	180	190	180	170
	2	113	90	200	183	165	200	220	235	175	150	205	152
	3	107	80	145	136	135	195	245	200	170	130	185	152
	4	140	120	171	175	165	170	255	180	200	130	150	135
Media		113	90	171	157	158	200	232	200	181	150	180	152
Intervalo de confianza		119	97	178	163	164	208	239	207	187	157	187	159
		107	83	164	151	152	192	225	193	175	143	173	145

Tabla 104

ppm S en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 6 .

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	140	112	149	150	135	146	273	195	180	216	175	212
	2	102	71	157	148	141	140	285	230	165	225	165	275
	3	102	102	125	158	150	145	255	240	155	200	166	255
	4	130	75	165	133	140	155	280	245	166	225	160	247
	Media	118	90	149	147	141	146	273	227	166	216	166	247
Intervalo de confianza		124	96	156	152	145	150	280	235	172	222	170	255
		112	84	142	142	137	142	267	219	160	210	162	239

Tabla 105

ppm S en savia. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 9 .

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	97	92	137	145	180	151	255	185	155	230	179	130
	2	97	112	142	141	147	195	255	235	160	190	182	120
	3	112	107	140	149	170	125	225	155	70	210	145	150
	4	102	119	130	163	185	135	285	191	190	200	210	200
Media		102	107	137	149	170	151	255	191	168	207	179	150
Intervalo de confianza		107	113	141	154	177	160	264	200	174	214	187	159
		97	101	133	144	163	142	246	182	162	200	171	141

Tabla 106

ppm Fe en hoja. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 4 .

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	149	136	167	152	135	134	202	246	295	198	183	106
	2	130	159	161	190	132	141	334	330	333	181	277	127
	3	140	139	151	157	127	133	214	291	310	257	196	135
	4	137	167	153	147	107	122	171	216	214	132	148	107
Media		139	150	158	154	125	132	205	245	313	167	176	118
Intervalo de confianza		143	156	162	159	131	136	213	254	319	175	183	124
		135	144	154	149	119	128	197	236	307	159	169	112

Tabla 107

ppm Fe en hoja. Cielo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 6 .

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	138	156	142	179	132	144	345	250	321	277	275	169
	2	192	148	153	148	127	177	208	282	275	218	194	82
	3	139	151	144	156	142	147	335	255	243	233	172	96
	4	156	175	174	163	160	130	258	246	160	222	183	158
	Media	141	157	153	161	140	149	236	258	249	237	181	176
Intervalo de confianza		146	162	159	167	146	156	243	264	257	245	186	182
		136	152	147	155	134	142	229	252	241	229	176	170

Tabla 108

ppm Fe en hoja. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 9 .

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	131	163	179	168	128	167	314	327	243	194	311	215
	2	148	163	156	181	148	172	293	266	295	206	242	210
	3	135	157	158	159	108	135	181	237	219	198	204	128
	4	152	155	173	176	147	150	238	215	208	180	163	108
	Media	141	159	166	171	132	156	281	236	216	194	205	215
Intervalo de confianza		146	162	171	176	139	162	290	243	223	200	214	220
		136	156	161	166	125	150	272	229	219	188	196	210

Tabla 109

ppm Fe en hoja. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 4 .

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	172	159	159	164	141	143	370	280	250	294	220	182
	2	172	195	173	162	141	132	221	248	237	235	191	204
	3	164	187	179	200	174	142	262	255	272	288	179	162
	4	151	161	156	165	130	138	205	240	194	229	280	143
Media	164	175	166	172	146	138	229	255	253	261	196	172	
Intervalo de confianza		169	182	171	179	153	142	238	262	260	270	203	180
		159	168	161	165	139	134	220	248	246	252	189	164

Tabla 110

ppm Fe en hoja. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma , Densidad : 6.

		Muestras											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	163	191	188	184	136	125	256	316	317	302	288	181
	2	168	175	180	202	136	149	282	243	215	233	274	209
	3	161	200	234	173	152	197	207	245	222	278	295	133
	4	146	164	169	162	183	145	210	224	203	222	201	148
Media		159	182	192	180	151	151	238	237	213	244	285	154
Intervalo de confianza		161	186	200	178	158	146	248	242	218	253	290	162
		154	176	184	173	144	136	228	232	208	235	280	146

Tabla 111

ppm Fe en hoja. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 9.

		Muestreos											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	152	164	152	144	130	158	249	344	331	174	217	169
	2	162	180	151	166	125	154	189	240	227	168	220	166
	3	158	172	196	188	141	190	239	289	286	195	240	144
	4	143	154	156	166	106	158	199	168	215	160	170	138
Media		153	167	163	166	125	165	219	260	250	174	225	154
Intervalo de confianza		158	172	170	173	131	171	228	268	258	181	231	160
		148	162	156	159	119	159	210	252	242	167	219	148

Tabla 112

ppm Mn en hoja. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 4 .

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	540	550	870	660	990	870	520	550	600	520	510	570
	2	650	680	990	1000	960	1060	620	660	830	350	780	590
	3	530	500	1000	890	1000	760	580	600	970	610	550	680
	4	510	470	880	940	950	730	650	480	740	440	570	730
Media		557	575	913	943	975	786	592	603	725	523	543	642
Intervalo de confianza		570	589	926	955	983	800	604	615	742	538	552	656
		544	561	900	931	967	772	580	591	708	508	536	628

Tabla 113

ppm Mn en hoja. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 6 .

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	510	610	830	870	820	920	540	560	570	460	550	570
	2	530	680	820	750	1000	780	630	620	580	480	590	300
	3	510	590	810	750	910	720	620	610	590	530	510	590
	4	450	580	760	770	940	610	550	550	410	500	530	570
	Media	500	615	805	785	950	757	585	585	562	492	545	576
Intervalo de confianza		509	626	814	797	961	768	596	594	572	501	554	581
		491	604	796	773	939	746	574	576	552	483	536	571

Tabla 114

ppm Mn en hoja. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 9 .

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	500	580	830	790	930	900	830	700	860	700	830	900
	2	490	640	820	910	770	860	750	540	700	450	480	640
	3	490	680	820	810	920	880	700	570	870	420	760	750
	4	490	560	800	1000	890	680	870	570	950	540	640	480
Media	492	615	817	877	877	830	787	595	845	470	677	692	
Intervalo de confianza		496	627	823	893	891	846	801	608	861	483	691	708
		488	603	811	861	863	814	773	582	829	457	663	676

Tabla 115

ppm Mn en hoja. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 4 .

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	340	430	640	660	750	690	500	540	640	690	620	720
	2	370	520	720	770	710	660	620	530	850	540	700	780
	3	350	400	520	670	690	600	730	560	580	780	610	770
	4	340	570	790	680	820	890	710	860	860	780	940	790
Media	350	480	667	695	742	710	640	543	732	697	643	765	
Intervalo de confianza		356	493	678	701	754	722	651	569	747	709	654	774
		344	467	656	689	730	698	629	537	717	685	632	756

Tabla 116

ppm Mn en hoja. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 6 .

		Muestreos											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	330	480	550	570	610	650	670	480	560	500	560	530
	2	280	400	500	620	530	540	740	500	540	630	770	600
	3	310	460	650	750	670	690	740	610	790	720	760	720
	4	340	450	580	510	720	760	750	550	600	630	630	780
Media		315	447	570	612	632	660	725	535	622	620	680	657
Intervalo de confianza		323	455	583	621	640	667	735	547	634	626	692	669
		307	438	557	603	624	653	715	523	610	614	668	645

Tabla 117

ppm Mn en hoja. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 9 .

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	310	400	440	630	640	580	660	640	550	610	630	580
	2	330	490	660	580	730	640	710	600	570	420	520	580
	3	320	450	580	690	800	710	610	560	680	440	450	490
	4	370	560	630	760	800	670	630	660	820	530	560	600
Media	332	475	577	665	742	650	652	615	655	500	540	562	
Intervalo de confianza		340	488	587	673	752	659	662	626	668	510	547	573
		324	462	567	657	732	641	642	604	642	490	533	551

Tabla 118

ppm Cu en hoja. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 4 .

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	36	41	23	30	22	28	25	20	20	21	18	15
	2	40	37	27	31	26	28	25	27	25	22	22	14
	3	38	41	27	27	24	23	26	25	26	19	18	20
	4	35	45	27	31	28	24	23	24	20	25	20	18
Media		37	41	26	29	25	26	25	24	23	22	19	16
Intervalo de confianza		39	44	28	31	27	28	27	27	26	25	21	18
		35	38	24	27	23	24	23	21	20	19	17	14

Tabla 119

ppm Cu en hoja. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 6 .

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	40	36	26	32	26	23	29	24	22	19	21	19
	2	44	36	30	25	23	23	23	26	19	20	19	14
	3	40	40	32	26	26	27	23	22	19	24	19	15
	4	37	37	27	33	24	24	24	25	19	20	18	15
Media		40	37	29	29	25	24	25	24	20	21	19	16
Intervalo de confianza		43	39	32	32	27	26	28	26	22	23	21	18
		37	35	26	26	23	22	22	22	18	19	17	14

Tabla 120

ppm Cu en hoja. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 9 .

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	39	35	30	25	20	20	18	22	21	18	14	14
	2	42	41	27	26	19	22	18	23	20	22	21	20
	3	42	43	26	22	21	17	15	19	16	20	13	10
	4	40	37	29	25	23	24	20	22	19	19	19	15
Media		41	39	28	24	21	22	18	21	19	20	17	15
Intervalo de confianza		43	42	30	26	23	24	20	23	21	22	19	17
		39	36	26	22	19	20	16	19	17	18	15	13

Tabla 121

ppm Cu en hoja. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 4 .

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	46	45	38	39	39	43	39	35	29	28	30	32
	2	49	51	44	47	45	43	38	32	36	26	34	31
	3	47	50	45	47	42	40	45	36	38	29	37	34
	4	49	53	46	48	42	47	38	39	38	34	35	28
Media		48	50	43	45	42	43	40	35	35	29	34	31
Intervalo de confianza		50	53	46	48	45	46	43	38	38	32	37	33
		46	47	40	42	39	40	37	32	32	26	31	29

Tabla 122

ppm Cu en hoja. Cielo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 6 .

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	45	54	43	38	36	36	37	30	30	29	24	27
	2	46	44	35	37	32	35	35	32	32	28	34	32
	3	44	51	41	40	37	41	35	27	35	28	28	33
	4	45	51	45	42	35	46	40	35	32	30	25	30
Media		45	50	41	39	35	39	37	31	32	29	28	30
Intervalo de confianza		46	53	44	41	37	42	39	34	34	30	30	32
		44	47	38	37	33	36	35	28	30	28	26	28

Tabla 123

ppm Cu en hoja. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 9 .

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	47	48	37	33	32	35	33	32	26	25	25	26
	2	46	49	40	36	39	41	33	34	36	21	25	26
	3	45	53	39	35	38	40	28	33	34	31	24	14
	4	47	50	39	35	43	45	31	29	30	24	27	32
Media		46	50	39	35	38	40	31	32	31	25	25	27
Intervalo de confianza		47	52	41	37	42	43	33	34	34	27	27	30
		45	48	37	33	34	37	29	30	28	23	23	24

Tabla 124

ppm Zn en hoja. Cielo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 4 .

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	48	43	32	35	36	26	40	67	61	34	47	28
	2	46	43	34	36	27	29	34	64	60	32	54	22
	3	45	38	32	30	24	21	36	52	50	40	36	31
	4	41	44	29	35	27	20	31	39	57	24	31	23
Media		45	42	32	34	28	24	35	55	57	32	42	26
Intervalo de confianza		48	45	34	37	31	27	38	59	61	34	45	29
		42	39	30	31	25	21	32	51	53	30	39	23

Tabla 125

ppm Zn en hoja . Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 6 .

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	46	43	34	34	25	24	35	46	43	40	35	39
	2	49	39	33	30	23	21	34	56	52	45	39	20
	3	50	46	36	29	29	21	35	50	49	37	31	22
	4	49	40	34	30	30	20	34	42	29	38	35	38
Media		48	42	34	31	27	21	35	48	43	40	35	30
Intervalo de confianza		50	45	36	33	30	23	35	51	47	43	38	32
		46	39	32	29	24	19	33	45	39	37	32	28

Tabla 126

ppm Zn en hoja. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 9 .

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	46	42	37	32	29	23	37	48	46	35	39	35
	2	53	52	35	40	27	24	37	53	49	38	46	53
	3	49	46	37	32	26	23	32	49	40	36	41	30
	4	49	43	31	34	26	26	36	42	35	30	31	23
Media		49	46	35	34	27	24	35	48	42	35	39	35
Intervalo de confianza		52	49	38	36	29	26	37	50	45	38	42	39
		46	43	32	32	25	22	33	46	39	32	36	31

Tabla 127

ppm Zn en hoja. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 4 .

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	64	58	53	35	32	32	36	58	50	57	50	47
	2	62	57	40	36	30	36	34	51	43	49	42	45
	3	71	66	39	38	34	35	39	51	52	50	42	41
	4	63	52	47	40	25	30	36	46	39	41	44	37
Media		65	58	45	37	30	33	36	51	46	49	44	42
Intervalo de confianza		68	60	48	39	33	36	38	54	49	51	47	45
		62	56	42	35	27	30	34	48	43	47	41	39

Tabla 128

ppm Zn en hoja. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 6 .

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	67	77	36	32	29	34	43	47	62	66	47	39
	2	60	62	33	34	23	34	35	54	44	51	53	50
	3	62	79	49	40	34	33	35	47	37	48	51	32
	4	61	71	43	36	33	32	36	39	40	39	37	34
Media		62	72	40	35	30	33	37	47	46	51	47	39
Intervalo de confianza		65	75	43	38	33	34	40	49	49	54	50	42
		59	69	37	32	27	32	34	45	43	48	44	36

Tabla 129

ppm Zn en hoja. Cielo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma. Densidad : 9 .

		Muestreos											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	71	81	36	42	37	29	49	49	43	35	52	39
	2	64	78	47	30	31	26	34	55	44	37	52	35
	3	57	76	32	32	26	28	42	57	45	38	59	28
	4	55	78	44	33	29	28	36	36	40	31	36	31
	Media	62	78	40	34	31	28	40	49	43	35	50	33
Intervalo de confianza		65	81	43	37	34	30	43	52	45	38	53	36
		59	75	37	31	28	26	37	46	41	32	47	30

Tabla 130

ppm B en hoja. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 4 .

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	51	42	49	47	46	58	49	60	70	70	64	75
	2	50	51	53	55	52	56	43	67	76	50	73	61
	3	48	42	52	50	52	44	46	68	77	67	67	79
	4	46	44	56	54	58	42	52	68	70	60	62	79
Media		49	45	52	51	52	50	47	66	73	62	66	73
Intervalo de confianza		51	48	55	54	55	54	50	69	76	65	69	76
		47	42	49	48	49	46	44	63	70	59	63	70

Tabla 131

ppm B en hoja. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Marglobe. Densidad : 6 .

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	46	47	56	56	62	51	62	65	80	67	78	77
	2	45	47	48	44	50	44	55	69	72	78	73	62
	3	46	51	54	47	55	46	48	64	73	63	58	72
	4	43	54	54	47	60	48	53	63	59	69	68	84
Media		45	50	53	48	57	47	54	65	71	69	69	74
Intervalo de confianza		47	53	56	51	60	50	56	67	73	71	71	76
		43	47	50	45	54	44	52	63	69	67	67	72

Tabla 132

ppm B en hoja . Ciclo de cultivo completo .

Variedad : Marglobe. Densidad : 9 .

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	52	48	52	48	49	46	57	61	77	65	73	82
	2	44	48	53	60	51	48	51	75	73	65	64	85
	3	44	48	50	48	43	41	49	64	66	65	62	72
	4	52	52	54	62	56	45	55	66	70	65	62	67
	Media	48	49	52	54	50	45	53	66	71	65	65	76
Intervalo de confianza		51	51	54	58	53	48	56	69	74	65	68	79
		45	47	50	50	47	42	50	63	68	65	62	73

Tabla 133

ppm B en hoja . Ciclo de cultivo completo. .

Variedad : Super-Roma. Densidad : 4 .

Muestras

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	50	57	62	67	74	65	62	85	86	82	88	117
	2	59	71	72	72	80	71	68	85	97	85	92	118
	3	54	60	69	72	79	71	77	85	101	115	101	126
	4	53	69	67	72	83	74	69	92	85	90	93	112
	Media	54	64	67	71	79	70	69	87	92	93	93	118
Intervalo de confianza		57	67	70	74	82	73	71	90	95	98	96	122
		51	61	64	68	76	67	67	84	89	88	90	114

Tabla 134

ppm B en hoja. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma . Densidad : 6.

Muestreos

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	51	60	65	86	74	78	87	93	105	98	112	118
	2	49	63	55	74	70	62	89	82	98	91	102	122
	3	51	57	66	74	80	80	84	84	110	106	100	118
	4	54	66	72	77	89	80	81	84	93	91	92	115
Media		51	61	64	78	78	75	85	86	102	96	101	118
Intervalo de confianza		53	64	66	82	81	78	88	89	105	99	106	121
		49	58	62	74	75	72	82	83	99	93	96	115

Tabla 135

ppm B en hoja. Ciclo de cultivo completo.

Variedad : Super-Roma . Densidad : 9 .

		Muestreos											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Repeticiones	1	47	54	56	75	81	82	83	102	98	104	92	105
	2	51	68	73	76	88	88	88	101	107	80	105	118
	3	52	63	65	67	87	79	65	88	106	90	79	110
	4	57	70	77	94	91	86	73	89	105	71	82	106
Media		52	64	68	78	87	84	77	95	104	86	89	110
Intervalo de confianza		55	67	71	81	91	87	80	99	107	90	93	114
		49	61	65	75	83	81	74	91	101	82	85	106

BIBLIOTECA
 UNIVERSIDAD
 AUTÓNOMA DE
 QUERÉTARO

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MADRID



5408306334