

T-15/33

UNIVERSIDAD DE GRANADA  
Facultad de Ciencias  
Fecha ..... 1-9-94 .....  
ENTRADA NUM. .... 1184 .....

T  
16  
24

**Universidad de Granada**  
**Facultad de Ciencias**  
**Departamento de Edafología y Química Agrícola**

**La evaluación de suelos para el cultivo  
de patata: Respuesta a la fertilización y al riego**

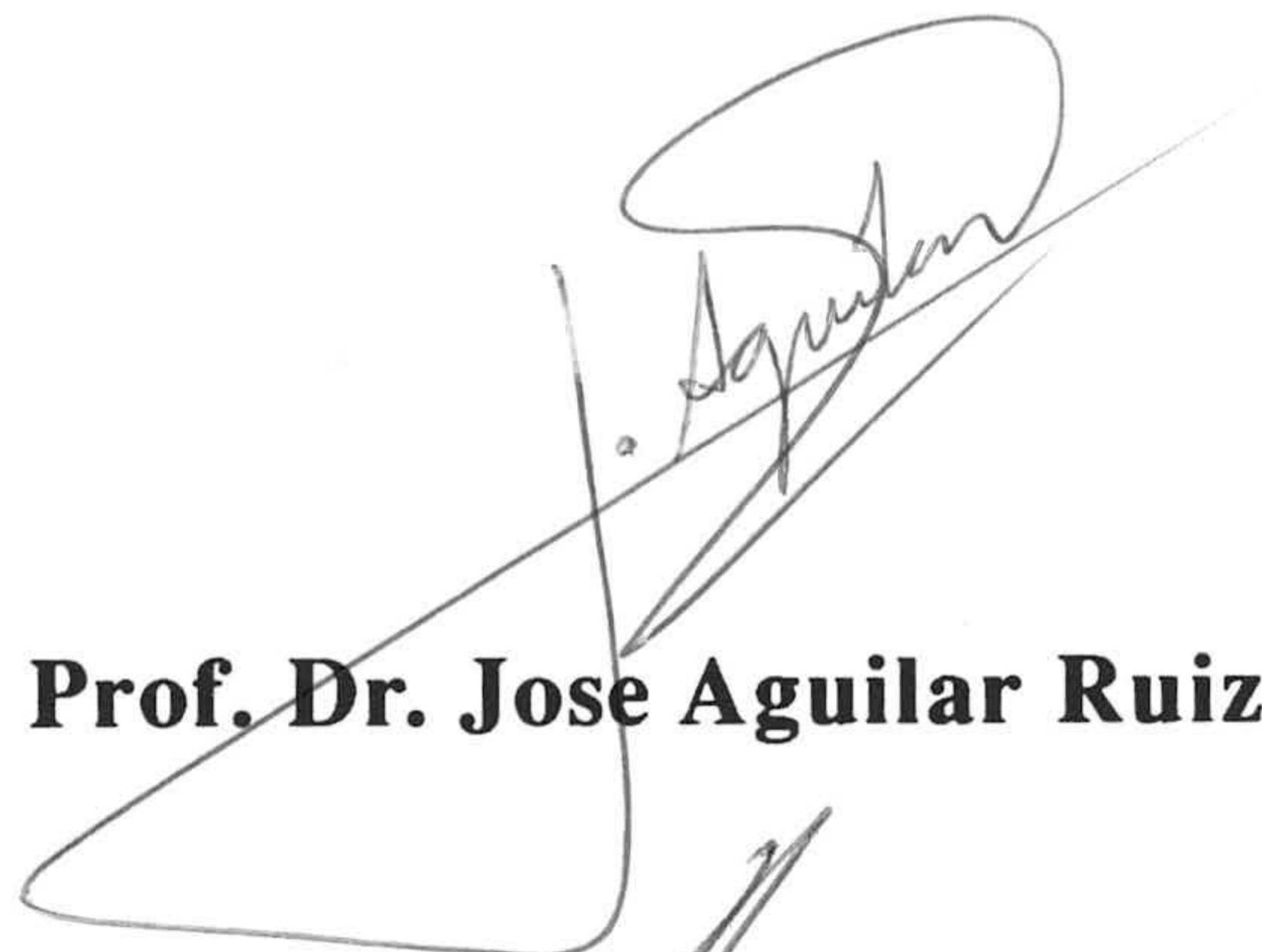
**MEMORIA que presenta para  
aspirar al Grado de Doctor  
en Ciencias Químicas,  
el Licenciado  
MANUEL JIMENEZ AGUILAR**

**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**GRANADA**  
Nº Documento 019679063  
Nº Copia 121226957



**Departamento de Edafología y Química Agrícola**

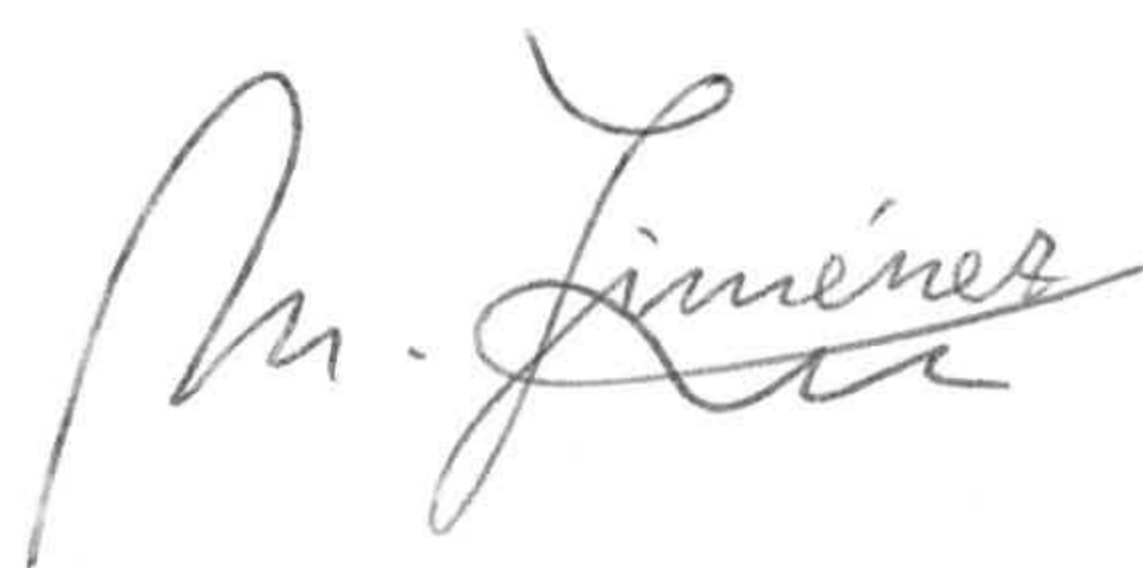
**DIRECTORES DE LA TESIS DOCTORAL**

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Jose Aguilar Ruiz", written over a large, light-colored scribble.

**Prof. Dr. Jose Aguilar Ruiz**

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Armando Martinez Raya", written over a large, light-colored scribble.

**Dr. Armando Martinez Raya**

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Manuel Jimenez Aguilar", written over a large, light-colored scribble.

**Licenciado: Manuel Jimenez Aguilar  
Aspirante al Grado de Doctor en Químicas**

La presente Memoria de Tesis Doctoral ha sido realizada en el Departamento de Edafología y Química Agrícola de la Universidad de Granada.

Parte del estudio experimental se ha llevado a cabo en el Centro de Investigación y Desarrollo Agrario de Granada y algunas determinaciones se han realizado en el Laboratorio Agroalimentario de Atarfe.

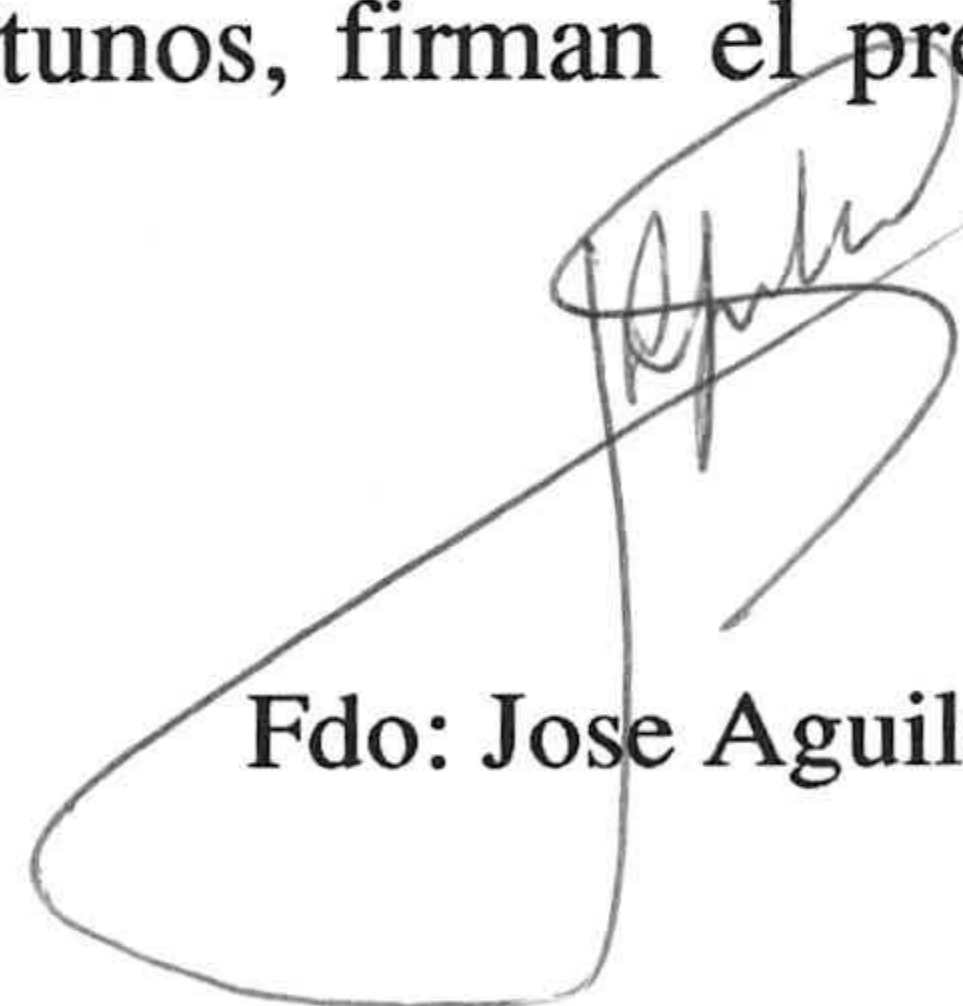
Jose Aguilar Ruiz, Catedrático de Edafología y Química Agrícola, de la Facultad de Ciencias, de la Universidad de Granada, y Armando Martinez Raya, Jefe de Proyectos de Investigación de la Dirección General de Investigación, Tecnología y Formación Agroalimentaria y Pesquera.

CERTIFICAN, que el Licenciado en C. Químicas, Manuel Jimenez Aguilar, ha realizado el presente trabajo, bajo su dirección directa, en el Departamento de Edafología y Química Agrícola, de la Facultad de Ciencias, de la Universidad de Granada.

Y para que conste a afectos oportunos, firman el presente, en Granada a 20 de Julio de 1994



Fdo: Armando Martinez Raya



Fdo: Jose Aguilar Ruiz



*A mis Padres y a  
Piedad, mi mujer.*

Deseo expresar mi agradecimiento a los Directores de la Tesis, D. Jose Aguilar Ruiz y D. Armando Martinez Raya, por su colaboración incondicional, orientación e inestimable ayuda.

Mi gratitud a todo el personal del Departamento de Edafología y Química Agrícola, y en particular a Chellaf Abdeslam, por sus consejos y orientaciones en los trabajos de laboratorio. Asimismo, mi agradecimiento a todo el personal del Centro de Investigación y Desarrollo Agrario de Granada, por su colaboración en los trabajos de campo. Merece mención especial D. Jorge Ollero, por su orientación y ayuda en el tratamiento estadístico de los datos.

Mi reconocimiento a todos los agricultores que desinteresadamente ofrecieron sus parcelas para la evaluación de los suelos.

En general, mi más sincero agradecimiento a todas las personas que directa o indirectamente han colaborado en la realización de este trabajo. A todos, gracias.

# INDICE

1 - Objetivos	pg 1
2 - Introducción	pg 3
2.1 - Origenes	pg 4
2.2 - Importancia económica y comercial	pg 5
2.2.1 - Producción de patata de siembra	pg 5
2.2.2 - Distribución de la producción	pg 8
2.2.3 - Composición química	pg 11
2.2.4 - Usos	pg 12
2.3 - Clasificación	pg 16
2.3.1 - Variedades	pg 19
2.4 - Morfología	pg 21
2.4.1 - Parte aérea	pg 21
2.4.2 - Parte subterránea	pg 22
2.5 - Fisiología del crecimiento	pg 24
2.5.1 - Germinación	pg 24
2.5.2 - Brotación	pg 25
2.5.3 - Tuberización	pg 28
2.5.4 - Dormición	pg 31
2.6 - Factores que influyen sobre el cultivo	
2.6.1 - El clima	pg 35
2.6.2 - Suelo	pg 38
2.6.3 - Precedente cultural	pg 41
2.6.4 - Variedad	pg 41
2.6.5 - Agua	pg 42
2.6.6 - Semilla - plantación	pg 49
2.6.7 - Fertilización	pg 51
3 - Metodología	pg 61
3.1 - Diseño de cultivos para evaluación	pg 62
3.1.1 - Metodología analítica	pg 65
3.2 - Diseño de la experiencia de fertilización	pg 67
3.2.1 - Características de los ensayos de fertilización	pg 68
3.3 - Diseño de la experiencia de riego	pg 76
3.3.1 - Características de los ensayos de riego	pg 76



3.4 - Determinaciones experimentales	pg 79
3.4.1 - Muestreos de campo	pg 79
3.4.2 - Análisis de laboratorio	pg 82
4 - Resultados y discusión	pg 84
4.1 - Experiencia de evaluación	pg 85
4.1.1 - Fertility Capability Classification	pg 86
4.1.2 - Metodología de Lema	pg 89
4.1.3 - Evaluación integral de las tierras	pg 94
4.1.4 - Metodologías manrique y Vehara	pg 97
4.1.5 - Modelos de regresión	pg 103
4.2 - Experiencia de regadio	pg 110
4.2.1 - Resultados Dilar 1989	pg 111
4.2.1.1 - Análisis de la Producción	
- Producción - Periodicidad - Variedad	pg 111
- Producción - Volumen de agua - Variedad	pg 119
- Ecuaciones: Producción - Periodicidad - Litros	pg 124
4.2.1.2 - Análisis de Crecimiento	
- Crecimiento-Evolución frente al volumen de agua y la variedad	pg 126
- Crecimiento-Evolución frente a los días después de la siembra	pg 131
- Crecimiento - Periodicidad	pg 138
- Crecimiento - Volumen de agua - Días	pg 144
- Crecimiento - Tratamiento de riego - Días	pg 158
- Crecimiento - Tratamiento de riego - Litros	pg 163
4.2.2 - Resultados Dilar 1990	pg 174
4.2.2.1 - Análisis de Producción	
- Producción - Periodicidad - Variedad	pg 174
- Producción - Volumen de agua - Variedad	pg 180
4.2.2.2 - Análisis del Crecimiento	
- Crecimiento - Evaluación frente al volumen de agua y la variedad	pg 185
- Crecimiento - Evolución frente a los días después de la siembra	pg 191
- Crecimiento - Periodicidad	pg 195
- Crecimiento - Volumen de agua - Días	pg 200
- Crecimiento - Tratamiento de riego - Días	pg 207
- Crecimiento - Tratamiento de riego - Litros	pg 211



4.3 - Experiencia de fertilización	
4.3.1 - Resultados CIDA 1989	
4.3.1.1 - Análisis de la Producción	pg 222
4.3.1.2 - Análisis del crecimiento	
- Crecimiento - Evolución frente a los días después de la siembra	pg 229
- Crecimiento - Evolución frente a los niveles de Fósforo	pg 235
- Crecimiento - Evolución frente a los niveles de Magnesio	pg 239
- Crecimiento - Niveles de Fósforo - Días	pg 240
- Crecimiento - niveles de Magnesio - Días	pg 246
- Ecuaciones CIDA 1989	pg 251
4.3.2 - Resultados atarfe	
4.3.2.1 - Análisis de la Producción	pg 259
4.3.2.2 - Análisis del Crecimiento	
- Crecimiento - Evolución frente a los días después de la siembra	pg 264
- Crecimiento - Evolución frente a los niveles de Fósforo	pg 269
- Crecimiento - Evolución frente a los niveles de Magnesio	pg 272
- Crecimiento - Niveles de Fósforo - Días	pg 273
- Crecimineto - Niveles de Magnesio - Días	pg 278
- Ecuaciones Atarfe	pg 283
4.3.3 - Resultados CIDA 1990	
4.3.3.1 - Análisis de la Producción	pg 290
4.3.3.2 - Análisis del Crecimiento	
- Crecimiento - Evolución frente a los días después de la siembra	pg 303
- Crecimiento - Evolución frente a los niveles de Nitrógeno	pg 306
- Crecimiento - Evolución frente a los niveles de Potasio	pg 309
- Crecimiento - Evolución frente a los niveles de Fósforo	pg 311
- Crecimiento - Evolución frente a los niveles de Magnesio	pg 313
- Crecimiento - Niveles de Nitrógeno- Días	pg 315
- Crecimiento - Niveles de Potasio - Días	pg 322
- Crecimiento - Niveles de Fósforo - Días	pg 328
- Crecimiento - Niveles de Magnesio - Días	pg 334
- Ecuaciones CIDA 1990	pg 340
5 - Conclusiones	pg 350
6 - Bibliografía	pg 355
7 - Abreviaturas	pg 386

# **OBJETIVOS**



## **1 - Objetivos**

El hecho de que la patata sea uno de los cultivos más importantes en la provincia de Granada, con las implicaciones económicas y sociales que ello comporta, ha condicionado su elección para la realización de este trabajo.

La importancia del cultivo, la variedad de suelos de la provincia de Granada, y la importancia actual de la economía en el consumo de agua, han hecho que nos planteemos los siguientes objetivos:

- Conocer la fertilidad actual de los suelos de la provincia de Granada, dedicados al cultivo de la patata.
- A través del conocimiento del suelo, evaluar las posibilidades de mejorar los rendimientos con el uso de la fertilización y el riego.
- Profundizar en el estudio de las relaciones suelo - planta en las distintas fases del crecimiento.
- Establecer los niveles de asimilación de Nitrogeno, Fosforo, Potasio y Magnesio en las diferentes fases del desarrollo del cultivo.

# **INTRODUCCION**



## **2 - Introducción**

### **2.1 - Orígenes**

La patata parece originaria de la Cordillera de los Andes, al Oeste de América del Sur. Datos de las crónicas de los primeros conquistadores españoles, así como, restos arqueológicos, señalan claramente, que la patata era una planta cultivada en Sudamérica, mucho antes de la llegada de los españoles. ( **Harris 1978** )

El primer investigador que da a la patata su nombre botánico, *Solanum Tuberosum*, fue Gaspar Bauhin en su *Phytopinax*, publicado en 1596. ( **Salaman 1985** )

Se introduce en Europa por dos vías; una, sobre 1570, por España, como provisión de los barcos, y la segunda, sobre 1590, por Inglaterra.

**Salaman y Hawkes ( 1949 )**, sugieren que la primitiva patata europea, vino de los Andes, ( subespecie *Andigena* ), y que, a través de una fuerte selección artificial, dio lugar a la subespecie *Tuberosum*.

De España, se difundió a Europa continental, y parte de Asia. Desde Inglaterra, a Irlanda, Escocia, Gales, Norte de Europa y al resto de las colonias británicas.

La patata se introduce en la India, por misioneros británicos y en Nueva Zelanda, por medio de un explorador francés. ( **Harris 1978** )

La primitiva patata en Europa, era tenida como una curiosidad botánica, y no se utilizó como cultivo, hasta la mitad del siglo XIX. La razón era, que la plantación era demasiado tardía, y la producción pequeña, debido a la adversa respuesta del fotoperiodo con respecto a la tuberización, hasta que la selección de variedades tempranas, dio resultados adaptables a los largos días del verano europeo. ( **Harris 1978** )

En Francia, gracias a los esfuerzos del botánico Charles de l'Ecluse, la extensión, fue bastante rápida. Sin embargo, el tubérculo era presentado como una mala hortaliza, buena todo lo más para la alimentación del ganado o gente pobre. Fué preciso esperar a los esfuerzos de propaganda de Parmentier, ( 1772 ), para que, se levantasen las objeciones al uso del tubérculo, como alimento humano. ( **Darpoux 1969** )



## **2.2 Importancia económica y comercial**

### **2.2.1 Producción de patata de siembra**

Hasta 1784 no existen datos fidedignos sobre la importancia económica y agrícola del cultivo de la patata en nuestro país. En ese año, el Rey Carlos III ordenó a su ministro Floridablanca que fomentase dicho cultivo. Parece ser que con anterioridad, ( entre 1771 y 1774 ), la Real Sociedad Económica Vascongada de Amigos del País, siguió con interés los trabajos de Parmentier en Francia, y se preocupó de extender y difundir la patata en el País Vasco. A partir de esos años el cultivo se extendió considerablemente por el resto de España, contribuyendo a ello el esfuerzo de algunos agricultores y de los propios gobernantes. Así Carlos IV en 1796, ordena divulgar las técnicas y conocimientos entre el pueblo, por diversos medios.

A partir de 1850, la producción de patata sufre en España como en el resto de Europa, un ataque de mildiu, que produjo una notable regresión en su cultivo, así como la pérdida de algunas variedades.

La complejidad e importancia que este cultivo planteaba en nuestro país, especialmente el de la degeneración, impuso la necesidad de que se creara en 1933, la Estación de Mejora del Cultivo de la Patata, del Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas, cuya Estación Central se instaló en Vitoria y en los terrenos de Iturrieta, en la Sierra de Encía a 1000 metros de altitud.

En 1942, se creó el Servicio Nacional de la Patata de Siembra con el fin de controlar la producción y el comercio de la patata seleccionada de siembra.

En 1947, se crea el Instituto Nacional para la Producción de Semillas Selectas, que fué adscrito al Servicio de la Patata de Siembra.

En los últimos diez años, bajo el citado control se ha venido produciendo patata de siembra de unas 15 variedades, entre ellas: Alava, Alpha, Arrauz, Bintje, Desiree, Duquesa, Gineke, Heida, Kennebec, Majestic, Jaerla, Olalla, Red Pontiac, Sergen, Turia, Urgenta y Victor. (Darpoux 1969 )

La producción clonal de la patata tiene un grave inconveniente, que consiste en su progresiva degeneración debida a la gran cantidad de virus que le atacan.



El gran desarrollo en los últimos años, de los sistemas de cultivo de meristemos ha hecho posible la regeneración total de los cultivares de patata, utilizándose la termoterapia como un medio complementario de estos sistemas. ( **Pennazio 1979** )

El cultivo de meristemos en la patata se realiza hoy día tomando ápices meristemáticos de 0,3 - 0,7 mm procedentes de brotes de patata de 4 - 5 cm y esterilizándolos durante quince - veinte minutos en una solución de hipoclorito cálcico al 3%. Los meristemos desinfectados se colocan en un medio de cultivo basado en una de las soluciones de Müller con giberelina, ANA, Kinetina y enriquecido en potasio y sulfato amónico. Las condiciones ambientales en las que se disponen estos cultivos son 20 - 23°C y una iluminación de 2000 - 4000 lux, durante 16 h / día.

También se utilizan este tipo de técnicas para conseguir la micropropagación, que, en esencia, consiste en obtener una plántula de un primer cultivo de meristemos, la cual se somete a una fase de rejuvenecimiento, para lo que, se replica en unas condiciones especiales, con un determinado medio de cultivo, que le induce a formar yemas axilares en las axilas de las hojitas de la plántula.

Estas yemas se extraen y se colocan en otro medio de cultivo, y en función de la naturaleza de éste, podrán originar directamente plantitas o aprovechar de nuevo sus yemas axilares para la producción de nuevas plantas.

De esta forma, de un meristemo inicial, puede obtenerse un gran número de plantas libres de virus.

En cualquier caso, una vez obtenido el material libre de virus, se procede a su multiplicación comercial para obtener patata de siembra.

Las zonas de obtención comercial de las patatas de siembra deben ser áreas en las que no sean previsibles los ataques de pulgones, ( vector del virus ), con el fin de evitar nuevas contaminaciones.

En España existen tres zonas delimitadas de producción de patata de siembra, ubicadas en áreas montañosas aisladas:

- Zona Noroccidental ( situada en Lugo y Orense )
- Zona Vasco - Navarra ( situada en Alava y Pamplona )
- Zona de Castilla la Vieja ( situada en Burgos-Palencia- Santander )



En Sierra Nevada es de interés la variedad copo de nieve, ( Kennedy ), muy blanca.

En la producción de patata de siembra, deben tenerse en cuenta algunos aspectos de cultivo:

- Utilizar marcos de plantación densos, para reducir el tamaño de los tubérculos.
- Plantar en épocas no excesivamente precoces ni excesivamente tardías, con tubérculos calibrados.
- Controlar el abonado nitrogenado.
- Destruir precozmente las partes aéreas.
- Llevar a cabo un control intenso de plagas, enfermedades y malas hierbas.
- Recolectar cuando la epidermis de los tubérculos esté bien firme.

Del material de partida, obtenido en laboratorio tras varias selecciones genealógicas, se obtienen la " Semilla base " que puede ser Selecta, Preoriginal y Original.

Esta semilla base se multiplica comercialmente, y de ella se obtienen, por sucesivas selecciones, las " Semillas Certificadas " en sus modalidades A y B.

En España, toda la normativa para la producción de patatas de siembra y su control corren a cargo del Instituto Nacional para la Producción de Semillas Selectas del Ministerio de Agricultura. **Zubeldia ( 1975 )**



### **2.2.2 - Distribución de la producción**

La patata en nuestro país, ocupa el tercer, lugar tras las hortalizas frescas y la leche, en el consumo anual per cápita. ( **Manual de Estadística Agraria 1986** )

En relación a la producción total agraria, la de tubérculos representó durante el periodo 1980 - 1985, los porcentajes siguientes:

<u>1980</u>	<u>1981</u>	<u>1982</u>	<u>1983</u>	<u>1984</u>	<u>1985</u>
2,75	2,82	2,65	2,56	2,74	2,50

En relación al comercio exterior el valor de las importaciones - exportaciones en el periodo 1980 - 1984 fué en millones de pesetas, las siguientes:

<b>importaciones</b>	<b>348485</b>	<b>386457</b>	<b>451325</b>	<b>589679</b>	<b>641246</b>
<b>exportaciones</b>	<b>297716</b>	<b>370802</b>	<b>397492</b>	<b>496397</b>	<b>650491</b>

Nuestras exportaciones son fundamentalmente para consumo y de patata temprana, mientras que las importaciones son preferentemente de patata de siembra, siendo Francia y los Países Bajos nuestros principales suministradores.

En relación al comercio exterior, en general las importaciones son mayores que las exportaciones. ( **Anuario de Estadística Agraria 1988** )

Los países mayores productores son China, Polonia, India y Estados Unidos. España ocupa el primer lugar de la C.E.E. en superficie cultivada, aun cuando nuestra producción está por debajo de la de Alemania, Países Bajos, Francia y Reino Unido. ( **Anuario de Producción F.A.O. 1987** )

A nivel nacional predomina la producción de la patata de media estación, (recolección del 15 - 6 al 30 - 9 ), seguida de la tardía, ( recolección del 30 - 9 al 15 - 1 ) la temprana ( recolección del 15 - 4 al 15 - 6 ) y la extratemprana ( recolección del 15 - 1 al 15 - 4 ) por este orden.



Por Comunidades Autónomas es Galicia la que dedica más superficie al cultivo y tiene la mayor producción, seguida de Castilla - León y Andalucía. Por provincias, Granada es la de mayor producción de Andalucía ( 197.983 Tm. ) y la sexta de España tras La Coruña ( 301.709 Tm. ) Lugo ( 287.718 Tm. ) Orense ( 271.799 Tm. ) Alava ( 258.400 Tm. ) y Pontevedra ( 239. 980 Tm. ). ( **Anuario de Estadística Agrario 1988** )

En cuanto a superficie, Granada ocupa la segunda posición en superficie de regadío, ( 5910 Ha ) tras la provincia de León, ( 6300 Ha ), aún cuando es la provincia de mayores rendimientos por hectárea.

Andalucía ocupa el primer lugar en la producción de patata extratemprana, y es precisamente Granada la provincia con mayor producción.

Respecto a la superficie cultivada en el periodo 1962 - 1988, ha sufrido fluctuaciones aunque la tendencia es a disminuir; sin embargo, el aumento de los rendimientos hace que la producción se mantenga prácticamente constante.

A nivel provincial, las superficies y producciones correspondientes a los años 1988 y 1990, fueron:

	<u>Extratempрана</u>		<u>Temprana</u>		<u>Media estación</u>		<u>Tardía</u>	
	<u>Sup.(Ha)</u>	<u>Prod(Tm)</u>	<u>Sup.</u>	<u>Prod.</u>	<u>Sup.</u>	<u>Prod.</u>	<u>Sup.</u>	<u>Prod.</u>
1988	1310	34453	500	15000	2800	109530	1300	39000
1990	890	18307	1260	34650	2065	76405	1135	32287

En lo que respecta a la provincia de Granada, la superficie cultivada se mantiene en los últimos años próxima a las 5.300 Ha, prácticamente todas ellas de regadío.

De las diferentes comarcas en que se subdivide la provincia es la Vega de Granada, la que ocupa el primer lugar en superficie de cultivo. La distribución correspondiente al año 1991 fué, según datos de la Consejería de Agricultura y Pesca, la siguiente:

- La Vega - 2.274 Ha
- Guadix - 251 Ha
- Baza - 315 Ha



Huescar -	105 Ha
Iznalloz -	69 Ha
Montefrío -	121 Ha
Alhama -	36 Ha
La Costa -	1.117 Ha
Alpujarra -	670 Ha
Lecrin -	281 Ha
<hr/>	
Total	5.237

En lo referente a producciones en la provincia; en 1987 se sembraron 5970 Ha con una producción de 192.896 Tm y en 1988, se sembraron 5910 Ha con una producción de 197.983 Tm

La producción de tubérculos en año 1988 en la provincia de Granada supuso un valor de 2.713 millones de pesetas, el 22% del valor de toda Andalucía y un 4% de toda la producción agraria de esta provincia. ( **Anuario de Estadística Agraria 1988** )

### 2.2.3 - Composición química

La patata tiene la composición química siguiente ( **Fersini 1976** )

Agua	75,77%	Vitamina C - 10 - 40 mg/100gr
Cenizas	1,23%	Vitamina B1 - 100mg/100gr
Hidratos de carbono	19,83%	Vitamina B2 - 30mg/100gr
Proteínas	1,56%	Calcio - 8mg/100gr
Grasas	0,25%	Fósforo - 56mg/100gr
Celulosa	1,34%	Hierro - 0,7 mg/100gr
		Valor energético 72-82 cal/100gr

Por otro lado, la composición mineral de la patata , la podemos observar en la tabla siguiente, debida a **Lampitt y Goldenberg ( 1940 )**

**Tabla nº 1 - Composición mineral del tubérculo de patata. ( mg/100gr materia seca)**

<b>Elemento</b>	<b>Rangos extremos señalados</b>	<b>Rango normal</b>
Aluminio	0,2 - 35,4	3 - 9
Arsénico	0,035	0,04
Boro	0,41 - 0,86	0,4-0,9
Bromo	0,48 - 0,85	0,5-0,9
Cadmio	0,005 - 0,15	0,005-0,03
Calcio	10,0 -130	30 - 90
Cloro	44,7 - 805	100 - 500
Cobalto	0,0065	0,007
Cobre	0,06 - 2,83	0,4-1
Fluoruro	0,0277 - 0,038	0,03-0,04
Ioduro	0,001 - 0,387	0,002-0,06
Hierro	1,4 - 71,5	2,5-10
Plomo	0,02 - 0,76	0,16
Litio	Trazas	Trazas



Magnesio	45,9 - 216,5	60-140
Manganeso	0.0 - 51,1	0,5-9
Molibdeno	0,026 - 0,93	0,45
Níquel	0,008 - 0,037	0,01-0,04
Fósforo	119 - 605	150-300
Potasio	1020 - 4500	2820
Selenio	0,01 - 0,15	0,03
Silicio	5,1 - 17,3	5-17
Sodio	0,0 - 332	20-300
Azufre	42,7 - 423	100 - 200
Zinc	0,8 - 2,9	1,8

#### 2.2.4 - Usos

Debido a su composición química, la patata tiene múltiples usos y así puede destinarse a:

- Al consumo humano directo
- Como alimento del ganado
- Industria alimentaria
 

pures
patatas fritas
- Industria feculera
- Industria destilera: Obtención de alcohol

#### Consumo humano

El consumo anual por habitante está en constante regresión, aunque es más elevado en el campo que en las ciudades. Se trata de una evolución normal, en relación directa con la elevación del nivel de vida, que conduce a un consumo más elevado de productos de origen animal ( carne, productos lácteos ), frutas y otras verduras. Los alimentos ricos en proteínas y en vitaminas ganan terreno a los hidrocarbonados.

Esta tendencia es irreversible; sin embargo, en Francia cerca de la tercera parte de la producción total se utiliza en la alimentación humana.



### Valor nutricional

No es un manantial rico en energía, pero contiene proteínas de alta calidad y cantidades sustanciales de vitaminas esenciales, minerales y elementos traza.

El contenido en energía 335 Kjul/100 gr es comparable con el de otras raíces y su contenido en proteínas es bajo, alrededor de un 2%.

La apreciable cantidad de Lysina presente en la patata la hace un suplemento adecuado en dietas basadas en cereales.

El 70% del requerimiento humano de Nitrógeno puede ser suministrado por la patata. 100gr. de patata hervida suministran del 6 - 7% de los requisitos diarios de proteína.

Es un buen manantial de ácido ascórbico ( vit. C ) y algunas vitaminas B, especialmente, tiamina, niacina y vitamina B6; 100 gr proveen los siguientes porcentajes de la dieta requerida diariamente: De un 8 al 10% de tiamina y niacina; 10 - 12% de vitamina B6; 6% de ácido fólico y un 4 - 8% de ácido pantoténico y un 50% de vitamina C.

Es un recurso moderado de Hierro, y bueno de Fósforo, Magnesio y Potasio. 100 gramos suministran de un 6 - 12 % de Hierro, 8 - 10% de Fósforo de las necesidades diarias de los niños. ( Li 1985)

Puede suministrar un 10% de los requerimientos de Magnesio y Fósforo, y un 20% de los de Cobre, Hierro y Yodo. ( Burton 1989 )

Paul ( 1978 ) da valores de 1 - 2% de las necesidades de fibra.

### La alimentación del ganado

Constituye la segunda utilización importante, y supone un verdadero regulador del mercado, ya que el empleo en este aprovechamiento, puede variar sensiblemente con la abundancia de la cosecha.

La patata puede ser cultivada especialmente para su utilización forrajera. Se acude entonces a variedades de gran rendimiento, pero todos los sobrantes de otras producciones pueden servir de alimento para los animales: tubérculos pequeños o dañados o atacados de mildiu o principio de podredumbre.



La patata conviene más particularmente a la alimentación de los cerdos, pero puede ser utilizada para todos los animales domésticos, comprendidas las aves, a condición de complementarla en materias nitrogenadas y minerales. Parece conveniente distribuirla cocida, porque la cantidad de almidón digerida por los animales aumenta entonces sensiblemente. ( **Darpoux 1969** )

### **Feculería y destilería**

La fécula y sus derivados ( dextrina, por ejemplo ) tienen numerosas aplicaciones industriales. Se les emplea igualmente para preparaciones alimenticias.

Esta industria busca particularmente variedades más bien tardías, con grandes tubérculos y fuerte contenido en fécula de grano grueso.

Después de su fermentación, la patata puede proporcionar, por destilación, alcohol de uso industrial. Los tubérculos ricos en fécula, convienen especialmente para la destilería. Pero esta industria utiliza también todos los desechos impropios para el consumo. Por término medio, 100 Kg. de patatas suministran 12 l. de alcohol puro. ( **Darpoux 1969** )

### **Otros usos**

El almidón de la patata se utiliza para fabricar papel y textiles y es el más usado para el acabado del algodón.

También se utiliza en la industria alimentaria. Por hidrólisis del almidón se producen dextrosa y glucosa, mientras que por la tostación se producen dextrinas y gomas. Se utiliza para la fabricación del vodka ruso. ( **Guerrero 1984** )

### **Porvenir del cultivo**

A pesar del gran interés de este tubérculo, su consumo está en retroceso. La utilización forrajera está frenada por el incremento de la producción de otros forrajes, como el maíz.



La utilización industrial no interesa más que sobre superficies relativamente pequeñas.

Así pues, es probable que la patata no aumentará su importancia actual sobre la renta agrícola, concentrándose la producción en ciertas regiones privilegiadas, ya sea por la naturaleza, ( suelo y clima favorable ), ya sea por la situación de proximidad a los grandes centros de consumo, o de la industria de transformación, ( la patata soporta mal los gastos de transporte elevados ). Si por esto la producción de patata de conservación está en regresión, la de primor y la de siembra va, por el contrario, en aumento. Es por esto por lo que estimamos que una selección de patatas para alta cocina ( variedades holandesas y alemanas ) representan el porvenir de este cultivo. (Darpoux 1969 )



## **2.3 - Clasificación**

La patata pertenece a la familia *Solanaceae*, siendo su nombre científico, *Solanum Tuberosum L.*

El género *Solanum* es muy grande, de manera que se diferencian unas dos mil especies, muchas de las cuales no tuberizan, o se encuentran en estado silvestre.

Las patatas cultivadas están encuadradas en el genero *Solanum* sección *Petota* subsección *Potatoe*, serie *Tuberosa*. ( D'Arcy 1972 )

El género *Solanum* ha sido subdividido por diferentes autores en subgéneros, secciones, subsecciones y series, cada una con varias especies.

Howard ( 1970 ), dividió el género *Solanum* en dos Subgéneros, *Packystemonum* y *Leptostemonum*. Ambos, se dividieron para formar cinco secciones, de las cuales, una, *Tuberarium* ( hoy *Petota* ) contenía todas las especies formadoras de tubérculos en una de sus subsecciones *Hyperbasarthrum* ( hoy *Potatoe* ). Las especies de la otra subsección, *Basarthrum* no son formadoras de tubérculos.

Correl ( 1962 ), dividió la subsección *Hyperbasarthrum* en 26 series que contenían un total de 159 especies.

Hawkes ( 1963 ) lo hizo en 17 series que contenían 158 especies.

La mayoría de las especies son diploides 74% , las triploides suponen un 4,5%, las tetraploides un 11,5%, las pentaploides un 2,5% y las hexaploides un 5%. ( Hawkes 1977 )

Las especies tetraploides, pueden haberse formado a partir de las diploides por duplicación cromosómica inducida por condiciones extremas de temperatura o por fallos en la división en algunos cruzamientos. Las especies triploides y pentaploides son, probablemente, híbridos y, usualmente, diploides x tetraploide y tetraploide x hexaploide.

Las hexaploides, podrían haberse originado como resultado de una duplicación cromosómica tras un cruce diploide x tetraploide.

Hawkes ( 1977 ), ha sugerido que la primitiva patata cultivada, sería la especie *S. canasense*, que se distribuye ampliamente en el área, donde se inició, probablemente, el cultivo. Durante, las siguientes centurias de cultivo, evolucionó a la especie *S. stenotomum* y de ésta, parece que han derivado las demás especies.



El número de cromosomas del género Solanum se ha tomado como 12 .( Howard 1970)

con lo que

- **Especies diploides (  $2n = 24$  )**

S. phureja

Juz et Buk, por mutación y selección

S. goniocalyx

S. ajanhuiri, Juz et Buk, por hibridación entre S. stenotomum y S. megistacrolobum.

- **Especies triploides (  $2n = 36$  )**

S. chaucha, Juz et Buk, por hibridación entre S. stenotomum y S. tuberosum.

S. juzepozukii, Buk, por hibridación entre S. stenotomum y S. acaule

- **Especies tetraploides (  $2n = 48$  )**

S. tuberosum L, con dos subespecies tuberosum y andigena, Juz et Buk, por hibridación entre S. stenotomum y S. sparsipilum.

- **Especies pentaploides (  $2n = 60$  )**

S. curtilobum, Juz et Buk, por hibridación entre S. juzepozukii y S. tuberosum.

La especie tetraploide *S. tuberosum* ha sido la más productiva y la más extendida, de la que se diferencian 2 subespecies - *Andigena* del Perú y Bolivia y *Tuberosum* desarrollada como resultado de la selección bajo condiciones de día largo, en las costas de Chile, y durante varias centurias en Europa.



En la figura 1, se resume la relación existente entre los distintos tipos de patatas cultivadas.

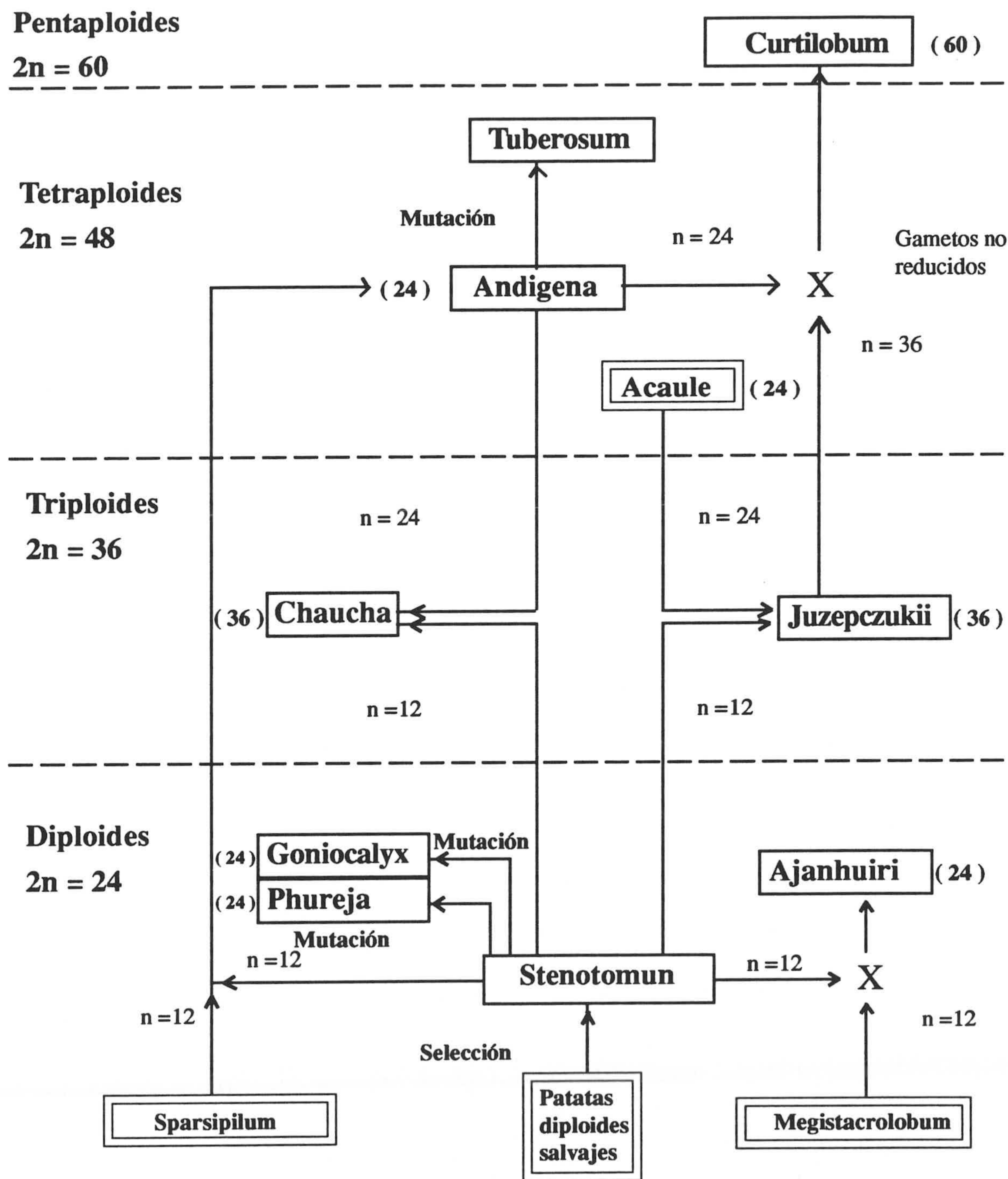


Figura 1.- Evolución de los distintos tipos de patatas cultivadas.



### **2.3.1 - Variedades**

Como se trata de una especie de gran cultivo, existen muchísimas variedades comerciales en el mercado.

La clasificación varietal en la patata se hace en función de los siguientes caracteres:

- Color y textura de la piel, color de la carne, número de ojos, forma del tubérculo, aptitudes culinarias, características de los brotes, productividad, aptitudes de utilización, precocidad de la tuberización, precocidad de la cosecha etc.

Normalmente, el criterio agronómico más empleado es el que hace referencia a la duración del ciclo de cultivo, existiendo variedades que cubren su ciclo productivo en noventa días y otras que pueden tardar en cubrirlo cerca de doscientos días.

Entre las variedades más cultivadas en España, para consumo, se pueden citar:

**- Variedades precoces** ( ciclo de noventa días )

De carne blanca: Royal Kidney, Etoile du Leon, Olinda

De carne amarilla: Palogán, Sirtema, Violla, Ostara, Jaerla, Atica, Duquesa, Belle de Fontanay.

**-Variedades Semitempranas** ( ciclo entre noventa y ciento veinte días )

De carne blanca: Arran - Banner, Kennebec, King Edward, Red Pontiac.

De carne amarilla: Bintje, Belladona, Achat, Aura, Claustar, Spunta

**-Variedades semitardías** ( ciclo entre ciento veinte y ciento cincuenta días )

De carne blanca: Olalla, Turina, Gelda, Majestic

De carne amarilla: Gineke, Claudia, Desirée, Heida.

**-Variedades tardías** ( ciclo entre ciento cincuenta y doscientos días )

De carne blanca: Victor, Up - to - date

De amarilla: Alava, Alfa, Goya, Sergen



Según las fechas de recolección se pueden diferenciar las cuatro clases siguientes:

- **Extratempрана**, cosechada entre el 15 de Enero y el 15 de Abril.
- **Temprana**, cosechada entre el 15 de Abril y el 15 de Junio
- **Media Estación**, cosechada entre el 15 de Junio y el 30 de Septiembre.
- **Tardía**, cosechada entre el 30 de Septiembre y el 15 de Enero.

La elección de una u otra de estas variedades va a depender fundamentalmente de consideraciones en mercado y de características climáticas.



## **2.4 - Morfología**

La patata es una planta herbácea anual. Se reproduce habitualmente de forma clonal, mediante sus tubérculos.

La reproducción por semillas, solo se utiliza en los trabajos de mejora genética.

### **2.4.1 - Parte aérea**

**Tallos.** Los tallos son de 2 tipos: Aéreos y subterráneos. Los tallos aéreos, son de color verde, o púrpura verdoso, dependiendo de la variedad.

El tallo es grueso, fuerte, anguloso, con una altura que varía entre 0,5 m. y 1 m., y se origina en las yemas del tubérculo. En un principio, son erguidos, y con el tiempo, tienden a desarrollarse de forma más pegada al suelo, y a agostarse, al final del ciclo del cultivo. ( **Darpoux 1969** ), ( **Edmond 1984** )

**Las hojas** son compuestas imparipinnadas con tres o cuatro pares de folíolos ovales, cuyo tamaño es tanto mayor cuanto más alejados se encuentran del nudo de inserción, pudiendo aparecer en la base del peciolo, pequeños foliolillos.

Para algunos botánicos, sin embargo, pese a su apariencia, las hojas de patata son simples, con el limbo partido, no pudiéndose considerar compuestas, porque los segmentos foliares no están articulados con el raquis.

Las hojas están provistas de pelos de diversos tipos, que también se encuentran presentes en las demás partes aéreas de la planta.

En condiciones húmedas, las hojas son anchas y aplanadas, y en condiciones áridas, son angostas, y en forma de copa o taza. ( **Maroto 1983** ), ( **Guerrero 1984** )

**Las flores** se agrupan en cimas umbeliformes. El cáliz es gamosépalo y la corola gamopétala. El androceo consta de cinco estambres. Las flores nacen en racimos en la extremidad de los tallos. Las flores individuales pueden ser blancas, amarillas, púrpura, o veteadas, de acuerdo con la variedad. La floración, es, comunmente más profusa, en regiones que se caracterizan por bajas temperaturas en el verano, que en las regiones con elevada temperatura en dicha estación. ( **Edmond 1984** )



La dispersión del polen es usualmente anemógama, La autofecundación se realiza de forma natural y es, relativamente rara, la polinización cruzada, efectuada probablemente por insectos.

Los frutos maduros son de forma esférica o ligeramente ovalada, pequeños, de uno a tres cms. de diámetro de color verde - amarillento, y a veces, violeta. Tiene dos lóculos con 200 - 300 semillas, lisas, ovals, de color amarillo - ocre; pero debido a factores de esterilidad, pueden formarse frutos sin semillas. ( **Edmond 1984** )

#### **2.4.2 -Parte subterránea**

El sistema radical de las plantas, propagadas asexualmente, es fibroso y adventicio. Las raíces nacen de los nudos del tallo, situado en el suelo. Las raíces, son muy ramificadas, finas y largas, y su desarrollo depende de que el suelo esté, o no, mullido. En las plantas adultas, el sistema radical es moderadamente extenso. Aunque unas pocas raíces alcanzan de 0.9 a 1,2 m., tanto vertical como lateralmente, la mayor parte de las raíces, tienen de 15 - 60 cm. de largo. Estas raíces están situadas en la capa superior del suelo, con su mayor densidad en los 7,5 - 10 cm. superiores. ( **Edmond 1984** )

Los tallos subterráneos son estolones y tubérculos. Los estolones son, aproximadamente, del tamaño de un lápiz, y crecen lateralmente. Los tubérculos, nacen en la extremidad de los estolones, y son cortos, gruesos y carnosos, Desarrollan hojas semejantes a escamas, llamadas cejas, las cuales rodean las yemas, llamadas ojos.

Estas yemas son ramas no desarrolladas. Cada ojo contiene ramas, tanto terminales como laterales. Los ojos terminales, forman brotes antes que los ojos laterales. Sin embargo, el corte de los tubérculos destruye la dominancia de los ojos terminales, y al suprimir los primeros brotes, se destruye la dominancia terminal dentro de cada ojo. ( **Edmond 1984** )

Las yemas de crecimiento, u ojos, se disponen en espiral sobre la superficie del tubérculo. Desde un punto de vista anatómico, el tubérculo se forma, fundamentalmente, por proliferación del tejido floemático y, sobre todo, del parenquimático, acumulándose las reservas, en forma de granos ovalados de almidón.



Los tubérculos, que son los órganos comestibles de esta planta poseen un escaso contenido en prótidos y son particularmente ricos en hidratos de carbono.

En toda la planta de la patata, existe un alcaloide muy venenoso, llamado "solanina" que aparece en los tubérculos si sufren la acción directa de la luz solar. ( Guerrero 1984)

La forma de los tubérculos es característica de la variedad, unos son alargados y otros, casi redondos. El color de la piel, también depende de la variedad. La carne tiene un color que varía del blanco al amarillo oscuro.

Los tubérculos, no maduros, constan de una epidermis, un banda ancha de corteza, periciclo, haces vasculares y médula. A medida que el tubérculo se desarrolla, la epidermis es reemplazada por un peridermo ( capa de células como de corcho ). La corteza llega a formar un banda angosta, bajo el peridermo, y los haces vasculares, se extienden hasta los ojos. La médula crece notablemente, y constituye la mayor parte del tubérculo.

La función del peridermo es mantener el agua dentro del tubérculo, y resistir los ataques de organismos productores de podredumbres. Los lenticelos permiten el intercambio de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>, y la corteza y la médula están abundantemente llenos de granos de almidón. La mayor parte de la materia seca del tubérculo consta de almidón.

( Edmond 1984 )

Un esquema del tubérculo lo podemos observar a continuación, debido a Hooker ( 1981 ).

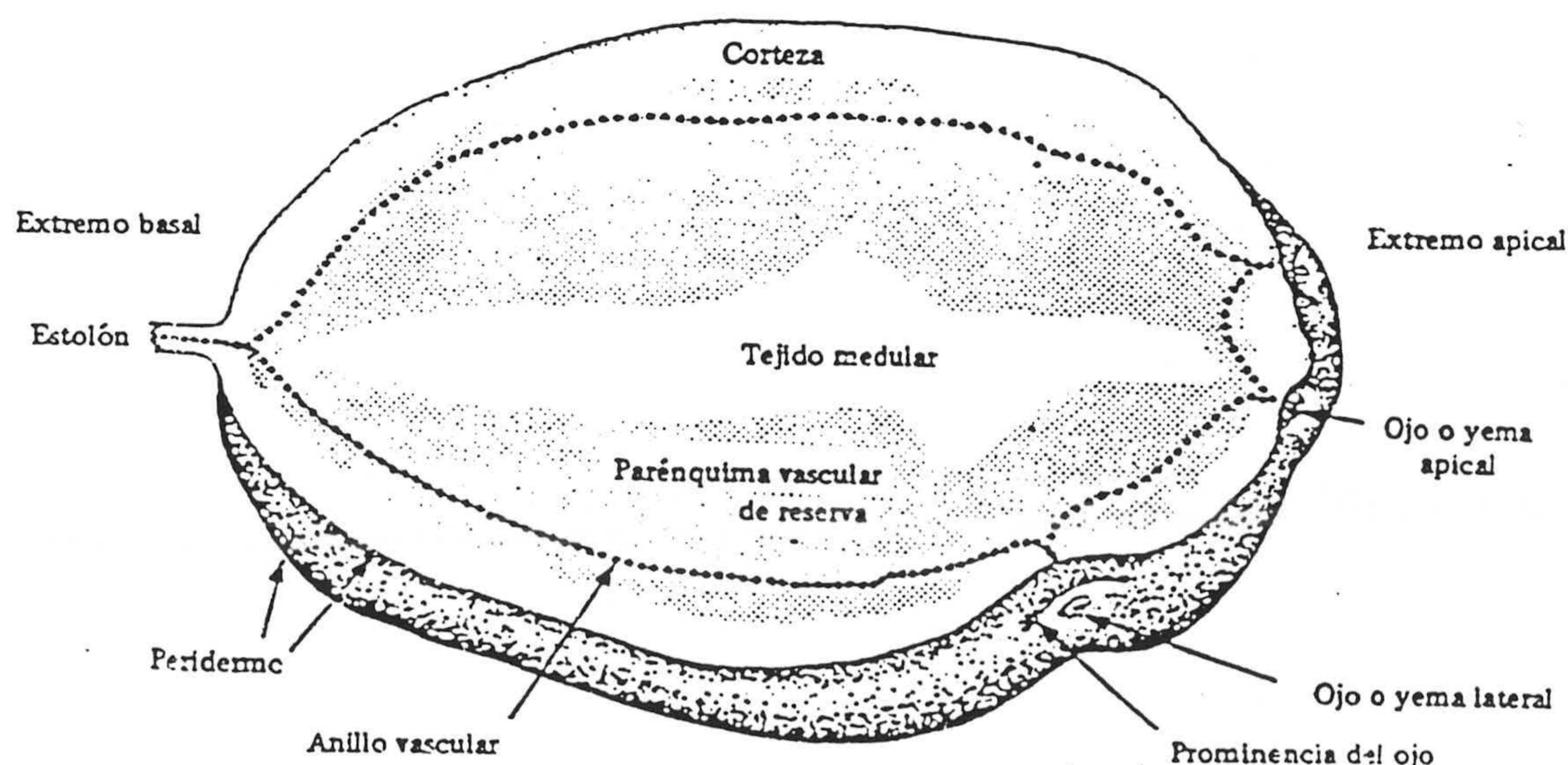


Figura 2 .- Esquema del tubérculo de patata ( Hooker, 1981 )



## **2.5 - Fisiología del crecimiento**

Existen cuatro fases marcadas en el desarrollo del cultivo de la patata:

- Desde la plantación a la germinación.
- De la germinación al inicio de la tuberización
- Del iniciacio de la tuberización a la floración y , por último
- De la floración a la madurez de los tubérculos.

La fase que transcurre desde la germinación hasta el inicio de la tuberización, también es conocida como incubación. En la rapidez con que se lleva a cabo este proceso pueden tener influencia tanto los factores ambientales, ( temperatura , humedad, oscuridad), como otros factores de naturaleza genética.

### **2.5.1-Germinación**

El cultivo de patata, propagada de forma vegetativa, se inicia con la plantación de un tubérculo o trozo del mismo. De cada ojo del tubérculo semilla brotan las yemas.

El desarrollo de estas yemas dependerá en gran medida de las condiciones ambientales, temperatura de almacenamiento, etc; la eliminación de la yema apical, produce mayor número de brotes.

Un brote crece por la producción y expansión de una sucesión de entrenudos. En los nudos empiezan a desarrollarse los principios de raíces y estolones. El crecimiento del brote está determinado por factores ambientales, tales como, ausencia de luz, suministro de agua y nutrientes, que se realiza tanto a nivel del suelo como a través del tubérculo - madre.

Los tallos que comienzan a desarrollarse bajo tierra, pueden crecer verticalmente y emerger para formar los tallos superficiales con hojas, o pueden hacerlo horizontalmente, y formar los estolones o tallos subterráneos. Durante el crecimiento pueden diferenciarse 3 fases:

1ª Preemergencia que implica el establecimiento de la raíz y la superficie de las hojas,



desde materiales almacenados dentro del tubérculo madre, y que ocurre a una velocidad determinada principalmente por la temperatura del suelo y el tamaño del brote plantado.

2ª En la cual predomina el crecimiento del tallo.

3ª Donde el crecimiento del tubérculo está interrelacionado y superpuesto con el del tallo.

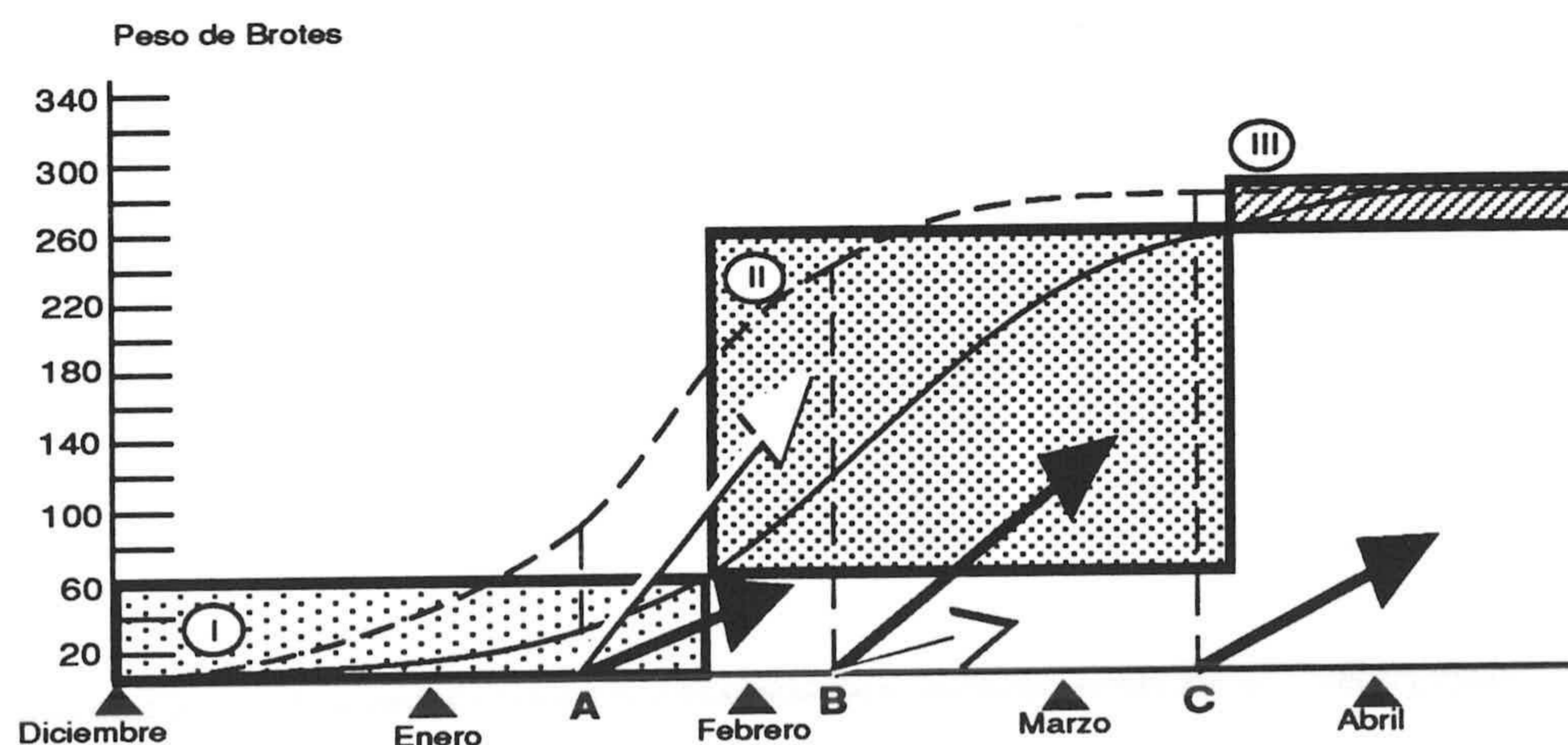
La plantación está determinada por la necesidad de una temperatura adecuada.

Durante el periodo de preemergencia, la nueva planta depende de las reservas de hidratos de carbono del tubérculo madre. Tras la emergencia, la expansión foliar es rápida y la planta se convierte en autótrofa, aunque continúa abasteciéndose de las reservas del tubérculo - semilla.

El nivel de desarrollo foliar dependerá de la luz, temperatura, aporte de agua y nutrientes minerales.

### 2.5.2 - Brotación

La brotación, por su parte, pasa por tres fases que se pueden apreciar en la figura adjunta. ( Madec 1962 )



Al letargo, sucede una fase de crecimiento lento, ( I ), luego una fase de crecimiento activo ( II ), y por fin, una fase de crecimiento casi nulo ( III ). Se ha demostrado que el



vigor del crecimiento de las plantas ( tanto raíces como parte aérea ) está estrechamente unido al de los brotes de los cuales han salido.

En la fase I, nace un solo brote en el ápice del tubérculo ( dominancia apical ) mientras que en la fase II se mueven casi todos los ojos y la nascencia es más rápida y vigorosa.

La eliminación de brotes practicada durante la fase I, favorece un crecimiento de los otros brotes y atenúa la dominancia apical. Durante la fase III, la eliminación de brotes es catastrófica, al desproveerlos de todo vigor.

De todo ello, se deduce la importancia que pueden tener:

- a) Las condiciones de producción y conservación de la planta.
- b) La elección de la fecha de plantación.
- c) La elección de la variedad en función del medio y el fin perseguido.

( **Darpoux 1969** )

### **Crecimiento del brote**

Los principales factores que influyen en la velocidad y forma del crecimiento del brote son:

El cultivo y su almacenaje previo, así como la edad fisiológica y el tamaño del tubérculo, la temperatura, humedad y el grado de exposición a la luz.

### **Influencia de la temperatura**

Los tubérculos semilla almacenados a alta temperatura pueden tener una reducida capacidad para el crecimiento, dando una emergencia reducida y una formación de tubérculos prematura. ( **Burton 1963** )

**Burton ( 1966 )** discute la posibilidad de que el almacenaje a temperatura desfavorable puede alterar la composición, con lo que la velocidad de crecimiento se afectaría.

La forma del brote puede ser alterada por la temperatura de almacenaje; así, el almacenaje a 10° C con algunas semanas a 2° C, da lugar a tallos más gruesos y con mayor número de raíces adventicias que los almacenados todo el tiempo a 10° C.



El crecimiento es lento a temperatura inferior a 5° C, siendo el óptimo entre 17 - 20 ° C. ( **Burton 1958** )

Una interesante teoría desarrollada por **Burton ( 1958 )**, consiste en relacionar el efecto de la temperatura con el crecimiento del brote y con las concentraciones de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> disueltos en la savia, que favorecen el crecimiento.

La temperatura regula las concentraciones de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> en la solución de la savia. Al aumentar la temperatura, aumenta la concentración de CO<sub>2</sub> y disminuye la de O<sub>2</sub> por el mayor consumo en la respiración y la disminución de la solubilidad en la savia. **Burton** encontró que la concentración de CO<sub>2</sub> óptima para el crecimiento se produce a una temperatura comprendida entre 15 - 20° C.

**Burton ( 1958 )** demostró que el crecimiento del brote se inhibe por una concentración del 15% de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, mientras que la concentración óptima para el crecimiento se sitúa entre un 2 - 4%. La correspondiente concentración de CO<sub>2</sub> en solución en la savia se ha estimado entre 0,04 - 0,05 ml/ml de savia.

Los brotes que crecen con luz desarrollan clorofila y son más cortos y fuertes que los que crecen en la oscuridad ( **Wassink 1950** ). Se observa una reducción de la elongación del tallo por la exposición a la luz azul, violeta, roja e infrarroja comparándola con la elongación en la oscuridad. La luz amarilla y verde, reducen la longitud, aunque menos marcadamente.

**Burton ( 1966 )** indica que el grado de ramificación de los brotes es mayor en sequedad y que la producción de raíces adventicias es mayor en condiciones de humedad.

**Boo ( 1961 )** ha sugerido que la relación inhibidores / giberelinas determina la transición desde la dormición a la plena capacidad de brotación. Si el contenido de inhibidores es alto, la relación es alta, y la capacidad de crecimiento es prácticamente nula. Durante el almacenaje, la relación disminuye gradualmente ya que los inhibidores son degradados, mientras que las giberelinas se forman o activan.

Durante el almacenaje, el cociente disminuye aún más y el tubérculo supera el estado de dormición, a la espera de que la temperatura permita el crecimiento. Se ha alcanzado la completa capacidad de brotación.



### **2.5.3 - Tuberización**

La tuberización se produce cuando las condiciones externas son adecuadas. Es difícil determinar el momento exacto del inicio de la formación de tubérculos. Cada tubérculo se produce en la región subapical de un estolón, concretamente en el entrenudo más joven en fase de elongación.

La sustancia de tuberización se forma en la parte aérea de la planta. Cuando se encuentra en cantidad suficiente, la planta empieza a formar tubérculos y el crecimiento se retrasa, pudiendo llegar a detenerse si la concentración de la sustancia de tuberización en la planta es alta.

También los tubérculos, durante el periodo que precede a la plantación, pueden elaborar sustancias de tuberización y esa producción es tanto más abundante cuanto más alta es la temperatura.

Cuando los tubérculos producen sustancias de tuberización suficientes se dice que han llegado al estado de incubación. Entonces tuberizan y emiten estolones sobre los brotes o directamente a nivel de los ojos, formándose sobre estos estolones unos tubérculos más pequeños.

La formación de sustancias de tuberización por hojas y tallos depende de la variedad, de la temperatura y de la duración de la luz diaria ( fotoperiodo ). En días cortos se producen más sustancias de tuberización que en días largos, en los cuales aumenta el crecimiento vegetativo de la planta.

Para cada variedad hay una duración crítica del día a partir de la cual se detiene la tuberización. Esta duración es de 13 a 16 h. para las principales variedades, que se clasifican en:

a) Variedades de duración crítica baja: Son variedades tardías, que forman sustancias de tuberización antes que los días alarguen.

Cuando se da este caso continúa la vegetación, pero se detiene la tuberización. Si por cualquier circunstancia, se produce nuevamente la tuberización se ocasiona el rebrote, que es una formación de tubérculos en rosario.

b) Variedades de duración crítica alta: Son variedades tempranas o semitempranas.



En España con estas variedades no hay problema con la fecha de plantación, pues nunca se detiene la tuberización, ya que en nuestra latitud, la duración del día no sobrepasa nunca la duración crítica para ellas. ( **Darpoux 1969** )

El mecanismo del control de la tuberización no se conoce perfectamente. Tanto la iniciación como el crecimiento dependen de factores ambientales, que pueden variar el ritmo de crecimiento si la planta se somete a condiciones desfavorables, tales como altas temperaturas, déficit de agua, etc.

En estos casos, puede producirse un crecimiento anormal, llamado crecimiento secundario que da lugar a tubérculos deformes.

**Okazawa y Chapman ( 1962 )** sugieren que la tuberización y el crecimiento de los tubérculos están controlados por un balance entre un inhibidor, el ácido giberélico y varios promotores. Las condiciones que inducen la tuberización deben provocar cambios hormonales complejos ya que no existe, al parecer, una sustancia única responsable de la tuberización.

Varios autores han mostrado que las giberelinas estimulan la elongación de los tallos y estolones, detienen la formación de tubérculos e inducen el crecimiento secundario de éstos cuando se aplican a las plantas; mientras que si se aplican al tubérculo madre causan la elongación de los tallos y retardan la tuberización.

**Okazawa ( 1960 )** concluye que la giberelina jugaría un papel fisiológico muy importante en el control de la formación de tubérculos. Efectivamente, establece que en las condiciones favorables para la tuberización ( días cortos o bajas temperaturas ) o, de la brotación ( tubérculos madre viejos ), el contenido de giberelina es más bajo que en condiciones inversas.

En condiciones del medio físico apropiadas ( temperatura baja y fotoperiodo corto ) las citoquininas pueden influir favorablemente en la tuberización. ( **Moorby 1978** )

Se supone que existe una sustancia inductora de la tuberización que se sintetiza en las hojas cuando las condiciones ambientales son favorables e interviene además algún factor inhibidor de la tuberización sintetizado en las raíces.

**Mingo - Castel ( 1974 )** ha constatado el efecto estimulador que posee el CO<sub>2</sub> sobre la tuberización de estolones aislados de patata in vitro.

El etileno debe jugar un cierto papel en los procesos de formación de estolones y



tubérculos, aunque no sea el único estimulador de los mismos. ( Cutter, 1977 )

Existen determinados factores cuya acción favorece el desencadenamiento de la tuberización ( Moule 1972 ), como son:

-Temperaturas inferiores a 18 °C favorecen la tuberización. Si durante la noche, las temperaturas son altas, se favorece el desarrollo aéreo.

-Fotoperiodo. Las patatas tuberizan en condiciones de día corto; sin embargo, para llevar a cabo su tuberización las distintas variedades están asociadas a lo que se llama " fotoperiodo crítico " por encima del cual la tuberización está inhibida. Las variedades precoces tienen un fotoperiodo crítico alto ( $\geq 16$  h. ) mientras que en las variedades tardías ocurre lo contrario.

-Variedad y estado de madurez del tubérculo madre de la brotación. En tubérculos de mayor edad, la tuberización es más precoz.

La fertilización puede modificar la respuesta productiva de la tuberización al fotoperiodo. Altos niveles de nitrógeno pueden favorecer el desarrollo de la parte aérea, retrasando la formación de tubérculos. ( Moorby y Milthorpe 1976 )

### **Requerimientos para una buena producción de tubérculos**

Son:

1º La producción rápida de follaje de tal tamaño que se consiga un uso óptimo de la luz suministrada sobre un área dada, después de lo cual, el crecimiento puede cesar excepto lo necesario para mantener el follaje funcional, lo que resulta efectivo para la producción de carbohidratos, sobre todo en el crecimiento inicial.

2º El balance de estímulos y los factores ambientales deben ser tales que el inicio de la tuberización sea tan precoz como proporcionado con la producción rápida de follaje, para proveer un "sumidero " para cualquier carbohidrato disponible por translocación, y sobrante de las demandas del follaje. Estas demandas, si la primera condición ha sido satisfecha, deben ser mínimas.

3º La translocación desde el follaje a los tubérculos debe ser efectiva.

4º Los factores ambientales y otras condiciones deben favorecer la fotosíntesis.

5º La vida funcional del follaje debe ser tan larga como sea posible.



Las razones para que el rendimiento sea menor, descansa en cuatro condiciones: incompleta intercepción de la luz; fallo en el uso de la luz interceptada, repartición no óptima de la materia seca sintetizada entre el follaje y los tubérculos y corta vida del follaje.

Lo primero resulta de un inadecuado tamaño del follaje; lo segundo a causa de un follaje ineficaz desde un punto de vista bioquímico, consecuencia de una inadecuada nutrición mineral, o infección por virus, y principalmente por restricción del suministro de CO<sub>2</sub>, consecuencia del cierre de estomas por un déficit de agua; lo tercero o por conducta inherente al cultivo bajo las particulares condiciones de longitud del día y temperatura, o por indebida estimulación del crecimiento foliar, o atraso en la tuberización por excesiva aplicación de nitrógeno, por ejemplo; lo cuarto, por la conducta inherente al cultivo, por destrucción del follaje por enfermedad o helada, por falta de nutrientes, por escasez prolongada de agua o por economía del labrador . **Siert (1985 )**

#### **2.5.4 Dormición**

La dormición es la ausencia de crecimiento del brote debido a ciertas condiciones físicas y químicas en el tubérculo, influenciadas por una serie de factores del medio.

**Emilsson ( 1949 )** señala el periodo de dormición como el tiempo después de la cosecha cuando los brotes no crecen por cualquier razón. Distingue un estado diferente de dormición después de la cosecha, durante el cual los tubérculos no germinan bajo condiciones favorables; es un periodo de descanso.

**Henberg ( 1985 )** opina que dormición es el periodo durante el cual se detiene el crecimiento, como resultado de causas endógenas o exógenas. Establece dos etapas, una de reposo, en la que no existe desarrollo incluso en condiciones favorables, y otra de quiescencia en la que el crecimiento está condicionado por variables externas desfavorables.

La mayoría de los investigadores han diferenciado el no crecimiento a causa de factores internos como " descanso " y a causa de factores externos como dormición. **Burton ( 1982 )** sin embargo, describe la dormición si no hay crecimiento por cualquier



razón destacando el estado de no crecimiento bajo condiciones externas favorables, a causa de factores internos, como endormición.

La mayoría de los trabajos publicados miden la endormición desde la fecha de cosecha. **Burton ( 1963 )** sugiere que el periodo para medir el inicio de la endormición es el inicio de la tuberización. Esto es el periodo durante el cual el balance bioquímico en el extremo del estolon cambia de un estado permisivo de crecimiento hacia la expansión lateral, el aumento celular y por último, hasta el fin de la división celular.

**Burton ( 1963 )** establece este cambio como influenciado por la respuesta bioquímica del follaje a los factores ambientales, y sugiere que el efecto inhibitorio de esta respuesta, es máximo al inicio de la tuberización, y más tarde disminuye. Según él, el fin del periodo de endormición es independiente de la fecha de la cosecha.

La duración del periodo de reposo depende de varios factores: el cultivo, las condiciones de almacenaje y las de crecimiento. Así ha sido estudiada, la influencia de la variedad, ( **Emilsson 1949** ) de la climatología, ( **Schippers 1956** ), longitud del día , ( **Tsukamoto 1960** ), temperatura de almacenaje, ( **Emilsson 1949** ), humedad, ( **Davidson 1958** ), atmósfera de almacenaje, ( **Thornton 1939** ) etc.

Varios factores afectan la duración del periodo de reposo: - variedad, condiciones de crecimiento, temperatura de almacenamiento, daños en el tubérculo y madurez del tubérculo.

**Variedad:** El reposo puede durar desde menos de un mes hasta varios meses, dependiendo de la variedad, e independientemente del periodo vegetativo de la misma.

**Condiciones de crecimiento:** Las condiciones bajo las cuales se producen los tubérculos - semilla afectan al periodo de reposo.

Por ejemplo, altas temperaturas, baja humedad y baja fertilidad del suelo durante el crecimiento del tubérculo aceleran el desarrollo fisiológico y reducen el periodo del reposo.

**Temperatura de almacenamiento:** Las temperaturas altas de almacenamiento aceleran el proceso de envejecimiento fisiológico dentro del tubérculo, reduciendo así el periodo de reposo. Así, una temperatura fluctuante o un golpe de frío, puede acortar el periodo de reposo frente a una temperatura constante alta.

**Daños en el tubérculo:** Los daños durante la cosecha y manipulación reducen el



periodo de reposo. El corte de los tubérculos - semilla da lugar a un brotamiento más temprano.

**Madurez del tubérculo:** Los tubérculos inmaduros tienen, usualmente, un reposo más largo, que los cosechados ya maduros. Frecuentemente, la yema apical empieza a brotar primero, marcando el comienzo del estado de dominancia apical. El sembrar tubérculos - semilla con dominancia apical, a menudo, da lugar a plantas con un solo tallo. La dominancia apical se afecta por el manejo del almacenamiento y por el desbrotamiento.

**Manejo del almacenamiento:** La mejor manera de promover el desarrollo de un gran número de brotes es retardar el crecimiento hasta después de la dominancia apical. Esto puede lograrse, almacenándolos a baja temperatura ( 4 °C ), hasta que termine la dominancia apical, y luego incrementando la misma ( 15 °C ), para promover el crecimiento de los brotes. Para limitar el número de brotes, las temperaturas de almacenamiento deben mantenerse altas ( 15 a 20 ° C )

Está demostrado que el crecimiento inicial se realiza por los brotes jóvenes en el extremo apical ( **Toosey 1959** ). Esto indica que el crecimiento se inhibe menos en la región de los brotes jóvenes que en la de los viejos.

Los tubérculos en dormición contienen inhibidores del crecimiento. **Wolf ( 1969 )** concluye que el elemento inhibidor esencial es el ácido abscísico.

Las giberelinas, ácidos diterpenoides con 19 - 20 átomos de carbono son promotores del crecimiento. Las giberelinas fueron encontradas en el tubérculo de patata por **Okazawa ( 1959 )**. Permanecen en bajos niveles durante la endormición, pero se incrementan considerablemente al inicio de la brotación ( **Smith y Rappaport 1961** ) pudiendo considerarse uno de los componentes que controlan el crecimiento.

Aparte de estas sustancias existen otras que pueden influir, tales como el ácido ascórbico presente en el tubérculo cosechado y que disminuye durante el almacenaje ( **Burton 1956** ); el triptófano que incrementa la duración del almacenaje ( **Szalai 1957** ), al glutatión que incrementa el inicio del crecimiento ( **Emilsson 1949** ) y otros factores como el número de compuestos fenólicos que pueden influir sobre las giberelinas ( **Tizio 1970** ). No obstante, los mecanismos no están perfectamente esclarecidos.



**Desbrotamiento:** La remoción del brote apical del tubérculo puede inducir la formación de brotes múltiples, contribuyendo así a un brotamiento uniforme del tubérculo, lo que da lugar a varios tallos por planta. Los brotes deben renovarse jóvenes ya que si son viejos, el desbrotamiento puede causar daños al tubérculo, deshidratación y un rebrotamiento escaso.

Después del estado de dominancia apical, se desarrollan brotes adicionales y comienza el estado de brotamiento múltiple. Generalmente éste es el estado óptimo para sembrar tubérculos semillas. Los tubérculos en este estado dan lugar a plantas con varios tallos.

El estado de brotamiento múltiple puede durar varios meses, según la variedad, especialmente cuando se almacenan los tubérculos a bajas temperaturas. La luz difusa ayuda a prolongar el estado de brotamiento múltiple y a mantener los brotes cortos y fuertes.

Al comienzo del estado de brotamiento múltiple el tubérculo - semilla es fisiológicamente joven; al final, es viejo.

El estado de senectud de los tubérculos - semillas se caracteriza por varios síntomas:

- excesiva ramificación de los brotes
- producción de brotes largos y débiles, a menudo conocidos como " brotes ahilados"
- producción de patatas diminutas directamente en los brotes, ya sea antes de la

siembra o durante la emergencia. ( **Wiersema 1984** )



## **2.6 - Factores que influyen sobre el cultivo**

### **2.6.1 El clima**

#### **La temperatura**

La patata es un cultivo de zona templada. Exige una humedad abundante, especialmente regular. Es capaz de crecer tanto en zona montañosa como en llanura.

El crecimiento de los brotes es prácticamente nulo a 2 ° C, muy limitado a 5 - 6 °C y no llega a ser máximo hasta que se alcanzan los 20 - 25 ° C.

La parte aérea se hiela a -2 ° C. En los países fríos y de montaña, su ciclo biológico viene limitado: no se puede plantar demasiado pronto, y la vegetación aérea debe haber terminado su evolución antes de la llegada de los primeros fríos.

Es relativamente sensible a las heladas tardías, que, a veces, pueden producirse en el litoral mediterráneo, observándose un rebrote posterior de la parte aérea, un retraso del crecimiento y una disminución de la producción.

La temperatura óptima se cifra entre 15 y 18 °C. Le convienen temperaturas nocturnas relativamente frescas. Una temperatura excesivamente elevada repercute positivamente en el desarrollo de la parte aérea, en detrimento de la tuberización. Periodos prolongados por debajo de 18° C durante las horas de luz, y particularmente por debajo de 10 ° C pueden reducir los rendimientos, pero la mayor influencia de las bajas temperaturas se ejerce por el acortamiento del periodo de crecimiento, a causa de las heladas temprana o tardías en el año. ( Caesar 1981 )

Las altas temperaturas pueden limitar el rendimiento, lo que se puede mitigar por efecto del riego o cubriendo el suelo con paja o a través de la orientación del cultivo o bien asombrándolo con otro, por ejemplo maíz.

Los efectos más notables de la temperatura se pueden resumir en:

- La emergencia está favorecida por la temperatura; es incompleta hasta los 10 ° C y óptima a 18 ° C.

- El número de hojas es mayor a medida que se eleva la temperatura siendo 18 ° C la temperatura óptima para el crecimiento de los tallos.



- La floración se ve favorecida por la temperatura sobre todo durante la noche, igualmente son 18 ° C la temperatura óptima.

- La tuberización se inicia antes a bajas temperaturas.

-El número de tubérculos está influenciado por las temperaturas nocturnas, siendo mayor cuanto más bajas son estas, aún cuando los tamaños sean menores.

- La temperatura óptima del suelo para el desarrollo vegetativo completo se sitúa entre los 15 - 18 ° C.

No obstante, cada fase de crecimiento presenta un óptimo que depende de la variedad y otros factores ambientales. ( Lema 1988 )

### **Radiación y fotoperiodo**

La influencia que la luz ejerce en el crecimiento de la cosecha debe observarse en función de su intensidad, duración y calidad.

El desarrollo está influenciado por la intensidad de luz, en los siguientes casos:

a) La formación de tubérculos comienza más pronto.

b) La máxima longitud del tallo se alcanza más pronto

c) La planta muere antes con mayores intensidades de luz.

Hay una mayor producción de materia seca, y un mayor porcentaje de ésta se usa en la producción de tubérculos.

El incremento en el peso del tubérculo está limitado por la muerte temprana de la planta.

La influencia de la longitud del día se aprecia en que el desarrollo es más acelerado bajo condiciones de días cortos, la elongación del tallo termina más pronto, la tuberización se inicia antes y la planta muere más pronto que bajo condiciones de día largo.

### **Burton ( 1989 )**

Debido a esta diferencia en la velocidad de desarrollo, la longitud final del tallo bajo condiciones de días cortos es casi la mitad que bajo condiciones de días largos. El peso de la hoja y tallo, así como el número de hojas por tallo, son también más bajos pero las hojillas son más grandes. La relación hoja / tallo en peso es mayor bajo días cortos. Las flores solamente se desarrollan con días largos; en días cortos, el brote floral aborta antes de florecer.



## **Fotosíntesis**

La producción potencial de biomasa en la patata está determinada por la temperatura, radiación solar y longitud del periodo vegetativo.

Un factor limitante en la asimilación de carbono, es la cantidad de luz interceptada por la planta, por lo que, para aumentar la producción, deberá incrementarse la radiación solar interceptada, y para ello deberá incrementarse la cubierta foliar. Cuanto mayor sea el área foliar y mayor el número de días de interceptación, mayor será la producción de tubérculos. No obstante, tras el inicio de la tuberización se produce un aumento en la tasa fotosintética, existiendo competencia entre la parte aérea y los tubérculos en el reparto de fotoasimilados. Bajos niveles de ácido giberélico, promueven el crecimiento de los tubérculos frente a la parte aérea, mientras que elevadas temperaturas nocturnas limitan el crecimiento de los tubérculos.

Los procesos implicados en la incorporación de carbono pueden ser agrupados bajo los siguientes pasos:

1 - Absorción de la energía luminosa por la clorofila y pigmentos asociados en el cloroplasto de la hoja. Esta energía de excitación es utilizada en reacciones entre sustancias presentes en el cloroplasto.

2 - Difusión gaseosa del dióxido de carbono de la atmósfera, via estomas, en los espacios intercelulares de la hoja. Ahí se disuelve en el agua, penetrando las paredes celulares y rellenando los espacios intercelulares; se difunde en los cloroplastos donde reacciona con ribulosa 1,5 difosfato para dar 3 fosfoglicerato.

3 - Reacciones de los productos de (1) y (2), iniciando ciclos interrelacionados de reacciones que dan lugar a los componentes orgánicos de la planta y también conducen a la neoformación de ribulosa 1,5 difosfato.

4 - Diversificación de alguno de los intermediarios en los ciclos de reacciones de (3).

a) el ciclo respiratorio conduce a alguna pérdida de CO<sub>2</sub> y desprendimiento de energía, parte de la cual se pierde como calor y otra es incorporada a compuestos de alta energía (ATP)

b) Síntesis de compuestos que son incorporados a la hoja o son temporalmente



almacenados o transportados. Incluye sacarosa.

5 - Translocación de la sacarosa de la hoja a otras partes de la planta; una gran proporción es transportada después del inicio de la tuberización a las partes subterráneas.

6 - Reacción de la sacarosa translocada con compuestos fosforilados

7 - Diversificación de los reactivos derivados en:

a) Ciclo respiratorio

b) En el follaje y en las raíces

c) En los estolones

d) En los tubérculos

**Burton ( 1989 )**

### **2.6.2 - Suelo**

La patata prefiere suelos con estructura grumosa estable y aireados, pero frescos. Se da muy bien en suelos con texturas francas, silíceo - arcillosos o húmíferos. Incluso, puede darse bien en suelos arenosos, ligeros, con la condición de que el clima sea bastante húmedo. Por el contrario, la planta va mal en suelos muy arcillosos y compactos porque prefiere una estructura aireada y bien movida. La patata no se desarrolla mal en suelos ácidos. Su habitat óptimo es el de una ligera acidez y da los mejores resultados, para valores del pH comprendidos entre 5,5 y 7. Puede tolerar incluso una fuerte acidez hasta pH = 5. En terrenos arcilloso calizos se pueden obtener buenos cultivos aunque el pH suba hasta 8. Pero en suelos muy calizos existe el riesgo de desarrollo de la sarna común.

Es una planta moderadamente sensible a la salinidad y está considerada como una especie medianamente tolerante, disminuyendo el rendimiento, aproximadamente, un 10% a partir de 2,5 ds/m de salinidad en suelo y 1,7 ds/m de salinidad en agua.

**Knott ( 1961 )**

La estructura física del suelo y su profundidad pueden tener una considerable influencia sobre el crecimiento de la raíz y de ahí, sobre el crecimiento de la planta. Las raíces penetran en el suelo a través de los poros entre las partículas, de manera que, cuanto más grandes sean éstos, más fácilmente profundizan las raíces. En un suelo arcilloso, con



pequeños poros, el crecimiento de la raíz puede estar restringido a las grietas existentes entre los agregados de arcilla. ( **Russel 1961** )

Las raíces de la patata normalmente tienen un diámetro medio de 1 cm., las principales, y de 1/3 de cm., las laterales, ( **Boone 1985** ) y necesita poros de estas dimensiones para su proliferación.

En suelos compactos, aparece una barrera impenetrable a la penetración. Las condiciones de sequedad también restringen el crecimiento de la raíz, pero en el otro extremo, el exceso de agua puede producir la muerte de la raíz a causa de condiciones anaerobias.

El desarrollo de un buen sistema de raíces, requiere un suelo suelto, friable, bien drenado y bien aireado, pero con un adecuado contenido de agua. La penetración de las raíces depende del suministro de agua. **Jean y Weaner (1924)** encontraron que la penetración era solo de 20 cm si se restringía el suministro de agua. En algunos casos, una minoría de raíces pueden penetrar hasta 1,2 m. ( **Tanner 1976** ), pero incluso en este caso, la principal extracción de agua del suelo, se realiza en los 60 cm superiores. ( **Durrant 1973** )

La densidad de raíces se incrementa rápidamente durante los primeros 30 días después de la emergencia.

Con la mecanización, se produce la compactación del terreno, lo que restringe el drenaje y la profundización de las raíces, confinando el crecimiento de estas a los 40 - 50 cm superiores. ( **Boone 1985** )

**Wager ( 1946 )** concluye que el crecimiento de tubérculos sobre diferentes tipos de suelos, produce modificaciones en el porcentaje de materia seca y sugiere que el factor responsable de la variación del contenido de materia seca es el agua útil contenida en el suelo.

El suelo puede variar en un gran número de propiedades tales como textura, poder de retención de agua, grado de aireación, acidez etc, lo que afecta al cultivo.

**Russell y Garner ( 1941 )** obtienen mayores rendimientos en suelos aluviales en que otros tipos.

El efecto del pH del suelo sobre el rendimiento, se debe, según **Russell, ( 1961 )** a su influencia sobre la disponibilidad de iones minerales.



De particular importancia en los trópicos es la toxicidad del Aluminio, como resultado del exceso de aluminio soluble en suelos ácidos. Este se acumula en las raíces y disminuye la posibilidad de absorción de fosfato.

**Smith y Nash ( 1941 )** dan resultados que indican que el peso específico de los tubérculos, y por tanto, su porcentaje de materia seca, no se afecta por la reacción del suelo dentro del margen de valores de pH entre 4,88 y 7,55.

Por otro lado, las características físico - químicas del terreno pueden condicionar la tuberización de la patata, modificando en gran medida el número y peso de los tubérculos.

**Kern ( 1979 )** realiza un trabajo sobre la influencia de la calidad del suelo en la producción de patata, sobre la base de 476 experimentos de campo llevados a cabo en Polonia en los años 1969 - 1971.

El objetivo del trabajo era encontrar cual de los parámetros del suelo determina de una manera objetiva las mejores condiciones del suelo para la producción de patata.

Entre sus conclusiones, destacamos:

1 - Las mejores condiciones vienen determinadas por la textura.  
2 - El rendimiento producido resulta de la interacción de suelo, lluvia y fertilización.  
3 - La lluvia, en el periodo vegetativo, y particularmente, en la parte crítica de la estación de crecimiento de la patata, determina el efecto y eficiencia de la fertilización mineral. La lluvia, influye en el rendimiento, dependiendo de la composición mecánica del suelo.

4 - El óptimo nivel de fertilización de Nitrógeno, Fósforo, y Potasio para la patata está estrechamente relacionado con la composición física y estructura del perfil del suelo y la cantidad de lluvia.

5 - La estructura del perfil del suelo y la composición física del suelo, determinan la cantidad de agua conveniente en el periodo crítico. Los mismos rendimientos son producidos en suelos desarrollados sobre arenas con altas precipitaciones en la parte crítica de la estación ( 100 - 200 mm. ) que en suelos desarrollados sobre material arcilloso con bajas lluvias ( sobre 100 mm. ).



### **2.6.3 Precedente cultural**

La patata suele ser generalmente, cabeza de rotación, y se presta bien a la incorporación previa del abonado orgánico; deja un suelo limpio y particularmente bien mullido.

Constituye un excelente precedente para la mayor parte de los cultivos. Es, sin duda, el mejor para el trigo, particularmente en tierras pesadas.

Corrientemente la patata sucederá a un cereal. Pero las praderas artificiales y temporales son los precedentes que aprecia más. No le importa venir después de una roturación, incluso de viejas pradera o de eriales: será preciso entonces dividir bien la materia orgánica que se ha enterrado y precaverse contra los gusanos y otros parásitos a través de la desinfección del suelo y el tratamiento de las semillas.

La patata puede sucederse a si misma, pero para evitar el desarrollo de nemátodos, es preferible no introducirla en las alternativas más que una vez cada tres o cuatro años.

La producción de patata extratemprana, que deja libre muy pronto la tierra, puede permitir intercalar otros cultivos. ( **Darpoux 1969** )

### **2.6.4 Variedad**

Hay poca evidencia de diferencias en la velocidad de asimilación de carbono por unidad de área de hoja entre variedades, aunque potencialmente estas diferencias pueden existir.

Hay sin embargo, considerables diferencias entre variedades, en el área de la hoja que se desarrolla bajo unas determinadas condiciones ambientales, en el tamaño del sistema radical, en la época de inicio de la tuberización y en el grado en que los fotoasimilados son derivados para el crecimiento del tubérculo bajo diferentes condiciones de longitud del día y temperatura.

Los detalles de las razones bioquímicas para estas diferentes respuestas no están completamente explicados, pero podemos sugerir que genéticamente aparecen diferencias en la síntesis de sustancias tales como citoquinina, giberelinas y ácido abscísico y que



el balance global entre tales sustancias determina el modelo de crecimiento. Como resultado, la producción y el porcentaje de materia seca en los tubérculos varían, según las variedades, en respuesta a unas condiciones exteriores determinadas ( **Burton 1989** )

### **2.6.5 Agua**

La patata es un cultivo que necesita grandes cantidades de agua, debido a la elevada evaporación por la superficie foliar. En buenas condiciones, utiliza más de 300 gr. de agua para formar un gramo de materia seca. En periodo de intensa tuberización puede necesitar hasta 80 m<sup>3</sup> de agua por hectárea y día.

Un exceso de agua puede ser nefasto, pues disminuye el contenido de almidón y favorece la aparición de enfermedades y la podredumbre.

Es por otra parte extraordinariamente sensible a la sequía, que puede detener la vegetación o interrumpir la tuberización. Cuando se reanuda el crecimiento hay "rebrote"; los tubérculos, ya formados, emiten brotes, en el extremo de los cuales pueden formarse pequeños tubérculos, más ricos en nitrógeno y pobres en azúcares, y difíciles de conservar; se dice entonces que "madrean": están en parte vacíos de su contenido y se convierten en más o menos inconsumibles. ( **Darpoux 1969** )

#### **Necesidades de agua.-**

Las necesidades de agua son continuas para la fotosíntesis. La pérdida de la capacidad fotosintética, restringe el crecimiento, pero un inadecuado suministro de agua tiene otros efectos, entre ellos, el incremento considerable del contenido de ácido abscísico, que ocurre cuando la pérdida de agua alcanza del 5 al 10% del peso fresco. Este incremento puede jugar una parte importante en inducir el cierre de los estomas para prevenir la acumulación de iones Potasio en las células. ( **Raschke 1975** )

Pero hay otros efectos, si el estrés del agua se prolonga, y se mantiene un alto nivel de ácido abscísico :

- Se reduce la producción de materia seca
- Se limita el crecimiento del follaje y el inicio de la tuberización.



- Se acelera el envejecimiento del cultivo.

El agua es el vehículo para la entrada de iones minerales y el efecto del estrés de agua puede incluir síntomas de deficiencia mineral.

#### **Materia seca.-**

Un buen suministro de agua es razonable que aumente el contenido de agua en los tubérculos, pero a la vez hace que la planta mantenga abiertos los estomas y aumente la materia seca de los tubérculos. Los dos efectos son opuestos y los resultados difieren según diferentes autores. **Smith y Nash (1941)** señalan una disminución en el porcentaje de materia seca con la irrigación, mientras que **Metzger (1937)** y **Haddock (1961)** señalan un incremento.

**Shimshi y Susnoschi (1985)** encuentran una disminución en el porcentaje de materia seca en los tubérculos, después de la emergencia, en el rango de irrigación de 74 a 690 mm. pero se producía un incremento en la producción de materia seca por hectárea en el rango de 74 mm. a los 556 mm. óptimos. Mayor incremento en la irrigación, por encima del óptimo, produce una pequeña disminución en el porcentaje de materia seca de los tubérculos, y una reducción apreciable en el contenido de materia seca por hectárea.

Si el suministro de agua deriva de la lluvia, a causa de la relación inversa entre lluvia y luz incidente, se produce una disminución en el porcentaje de materia seca con el incremento de la lluvia. (**Burton 1944**)

Se produce un incremento en el rendimiento con la lluvia desde un nivel bajo a un óptimo pero un mayor incremento produce una disminución del rendimiento a causa de la caída de la luz incidente.

La lluvia óptima depende del tipo de suelo, de los niveles de radiación y del tratamiento de fertilización (**Cowie 1945**) y de la distribución de precipitaciones.

**Burton (1966)** concluye que el suministro óptimo de agua es de alrededor de 500 mm. durante 5 meses de crecimiento, pero la precipitación óptima, si es la única fuente de agua, se reduce a la mitad, esto es, 250 mm.



### **Efecto del suelo.-**

El efecto del tipo de suelo está en función del contenido de agua que está disponible para la planta.

La cantidad de agua útil para la planta, entre los límites de la capacidad de campo, por un lado, y el punto de marchitamiento por otro, ( referido como agua útil ), varía según los diferentes tipos de suelos y puede variar desde menos del 5% en peso en un suelo arenoso al 30% en uno arcilloso.

La cantidad de agua del suelo a disposición de las plantas depende de:

- a) Capacidad de retención de agua ( tipo de suelo )
- b) Desarrollo del sistema radical
- c) Nivel de las aguas freáticas.

Una arena fina contiene aproximadamente 1,5 mm. de agua disponible para el desarrollo de la planta, por cada capa de 1 cm. de profundidad del suelo; un suelo limoso - arcilloso 2 - 3 mm. y una arena gruesa alrededor de 0,5 mm.

Como la producción de materia seca se reduce considerablemente, si el cultivo ha utilizado aproximadamente el 40%, ( en suelos fuertes ), y el 60% en suelos arenosos, del agua disponible, la aportación de agua suplementaria debe hacerse antes de que 30 - 45mm de esta agua haya desaparecido.

En relación al sistema radical, cuanto más profundas sean las raíces y más alta la capacidad de retención de agua por el terreno, más largos pueden ser los intervalos entre dos riegos o dos periodos de lluvia.

Se debe estimular el desarrollo del sistema radical rompiendo los estratos duros e impenetrables del subsuelo e impidiendo su formación de nuevo durante las labores de preparación del suelo. ( **Zaag 1973** )



### Periodos sensibles a la sequedad

La patata es relativamente sensible al déficit de agua; siendo periodos críticos los de estolonización y los de formación de tubérculos y menos sensibles los de maduración y el vegetativo inicial.

La disminución del rendimiento depende de la variedad ya que son menos sensibles al déficit de agua las de menor producción de tubérculos.

Las diferentes etapas de crecimiento se corresponden con distintos coeficientes de cultivo ( relación entre ETo y ETc )

<u>Etapa</u>	<u>Kc</u>	<u>días</u>
<b>Inicial</b>	<b>0,4 - 0,5</b>	<b>20 a 30</b>
<b>Desarrollo</b>	<b>0,7 - 0,8</b>	<b>30 a 40</b>
<b>Media</b>	<b>1,05 - 1,2</b>	<b>30 a 60</b>
<b>Final</b>	<b>0,85 - 0,95</b>	<b>20 a 30</b>
<b>Madurez</b>	<b>0,7 - 0,75</b>	

El consumo de agua es mínimo justo después de plantar, pasando a un máximo, cuando el suelo está totalmente cubierto de follaje, que persiste hasta el inicio de la maduración de la cosecha. El mayor consumo de agua, desde la aparición de tubérculos hasta el final de la floración, coincide con el momento en que la absorción de nutrientes es más intensa.

### Periodo entre plantación y comienzo de la tuberización

Si el terreno está seco es preferible regar antes de la plantación. La frecuencia de los riegos debe irse incrementando con el desarrollo del cultivo. Demasiada agua antes de la emergencia puede provocar la podredumbre de las patatas de siembra y entre la emergencia y el comienzo de la tuberización puede provocar falta de estímulo para el desarrollo del sistema radical. Sin embargo, cuando la temperatura es muy alta en las



fechas de la plantación , también se utiliza el riego para hacer descender la temperatura del suelo. En tales casos, la frecuencia de los riegos debe ser mayor que a temperaturas inferiores. La superficie del suelo debe mantenerse moderadamente húmeda.

### **Periodo de comienzo de la tuberización**

Durante este periodo, las condiciones de humedad en el caballón, pueden contribuir a controlar los ataques de sarna común y estimular el incremento del número de tubérculos por planta. Son necesarios riegos frecuentes con poca cantidad de agua.

### **Periodo de engrosamiento**

Durante el periodo de desarrollo del tubérculo, el cultivo necesita gran cantidad de agua. En este periodo, la mayoría de los cultivos sufren por falta de agua. En esta fase, si la evapotranspiración tiende a ser baja, por ejemplo, 3 mm / día , el cultivo puede consumir el 50 % de la humedad disponible en el terreno antes de sufrir por la sequía. Si la evapotranspiración es más elevada, por ejemplo 7 mm. / día, el cultivo puede ya empezar a sufrir cuando solamente el 30% del agua disponible haya sido consumida. Esto significa que cuando hace calor y el aire es seco, debe empezar a regarse cuando el suelo todavía da la impresión de estar relativamente húmedo. ( **Zaag 1973** )

### **Suministro de agua**

Jorgensen estudia en ( 1977 - 83 ) el efecto del agua sobre el crecimiento, desarrollo, rendimiento y calidad de la patata.

Las experiencias se realizaron con tres potenciales de agua - suelo, 0,4 bar; 0,8 bar y 2 bar. El periodo de crecimiento se dividió en tres fases: Antes del inicio de la tuberización, inicio de la tuberización y crecimiento del tubérculo.

En el primer periodo, todos los tratamientos se irrigaron a la capacidad de campo 0,8 bar. En los dos periodos restantes los experimentos se realizaron con todas las combinaciones posibles de los mencionados potenciales.



La irrigación a 0,4 bar ( irrigación frecuente ) produjo los siguientes resultados:

**Periodo de inicio de la tuberizacion.**

- Mayor producción, más tubérculos, más tubérculos de tamaño medio ( 30 - 50 mm.) mayor contenido de almidón, reducción del ataque de sarna común en el suelo arenoso, mejor calidad de la corteza, reducción en el hervido para triturar, mejor consistencia después de la cocción, no afecta al contenido de materia seca, no afecta a la coloración oscura después de cocinar, no afecta al sabor, no afecta a la calidad de las patatas fritas.

**Periodo de crecimiento del tubérculo.**

- Considerablemente mayores rendimientos, reducción en la coloración oscura después de cocinar. No afecta al sabor, incremento del hervido para triturar, peor calidad de la corteza, peor calidad de las patatas fritas.

Concluye que las patatas deben ser regadas a 0,4 - 0,8 bar, medida a la profundidad de 18 - 20 cm. donde se encuentra la mayoría de la masa activa de raíces, planificando la irrigación en función de la producción.

Los resultados de **Susnoschi y Shimshi ( 1985 )** indican que un potencial de agua en el suelo por debajo de -0,2 bar reduce el rendimiento y la reducción es seria si el potencial cae por debajo de -0,4 bar, lo que sugiere el valor -0,4 como punto crítico.

**Fulton ( 1970 )** considera un potencial de agua no menor de -0,5 bar adecuado para las patatas.

**Hagan ( 1959 )** encontró reducciones en el rendimiento cuando el potencial caía por debajo de -0,4 bar.

**Jones y Johnson ( 1958 )** señalan una disminución si el potencial cae por debajo de -0,3 bar, indicando como periodo más vulnerable las 3 semanas entre la 6ª y la 3ª antes del final del crecimiento.

Para alcanzar un rendimiento aceptable en una región semi - árida como en los experimentos de Snsnoschi y Shimshi, necesitamos un suministro de unos 4 mm. por día en los estados iniciales del crecimiento y cerca de 7 mm. por día, después de que el cultivo



ha cubierto el suelo. Para superar el nivel crítico necesitaríamos un promedio de 5 mm. por día después de que el cultivo haya alcanzado la cubierta, aunque los rendimientos promedio podrían obtenerse con solo 3,5 mm. después de este paso lo que traducido a milímetros de agua y asumiendo que la principal extracción de agua ocurre en los 60 cm. superiores del suelo, tendríamos:

		<b>limo</b>		
	<b>arenoso</b>	<b>arenoso</b>	<b>limoso</b>	<b>arcilloso</b>
potencial agua útil por encima -0,4 bar (mm)	24	36	36	42
potencial agua útil por encima -1 bar (mm)	36	60	66	78

Un limo a la capacidad de campo podría así mantener suficiente agua durante cinco días en una región semiárida antes de alcanzar el potencial crítico.

En un suelo arenoso, el nivel crítico se alcanza en tres días y en uno arcilloso, en 6 días aproximadamente.

En la mayor parte del norte de Europa, el intervalo máximo para mantener el suelo por encima de la capacidad de campo puede variar entre 5 días en uno arenoso a 8 días en uno limoso, y a 9 días en uno arcilloso.

En general puede decirse que mientras un suelo arenoso permita elaborar un cilindro y un suelo arcilloso pueda amasarse, ambos están suficientemente húmedos.

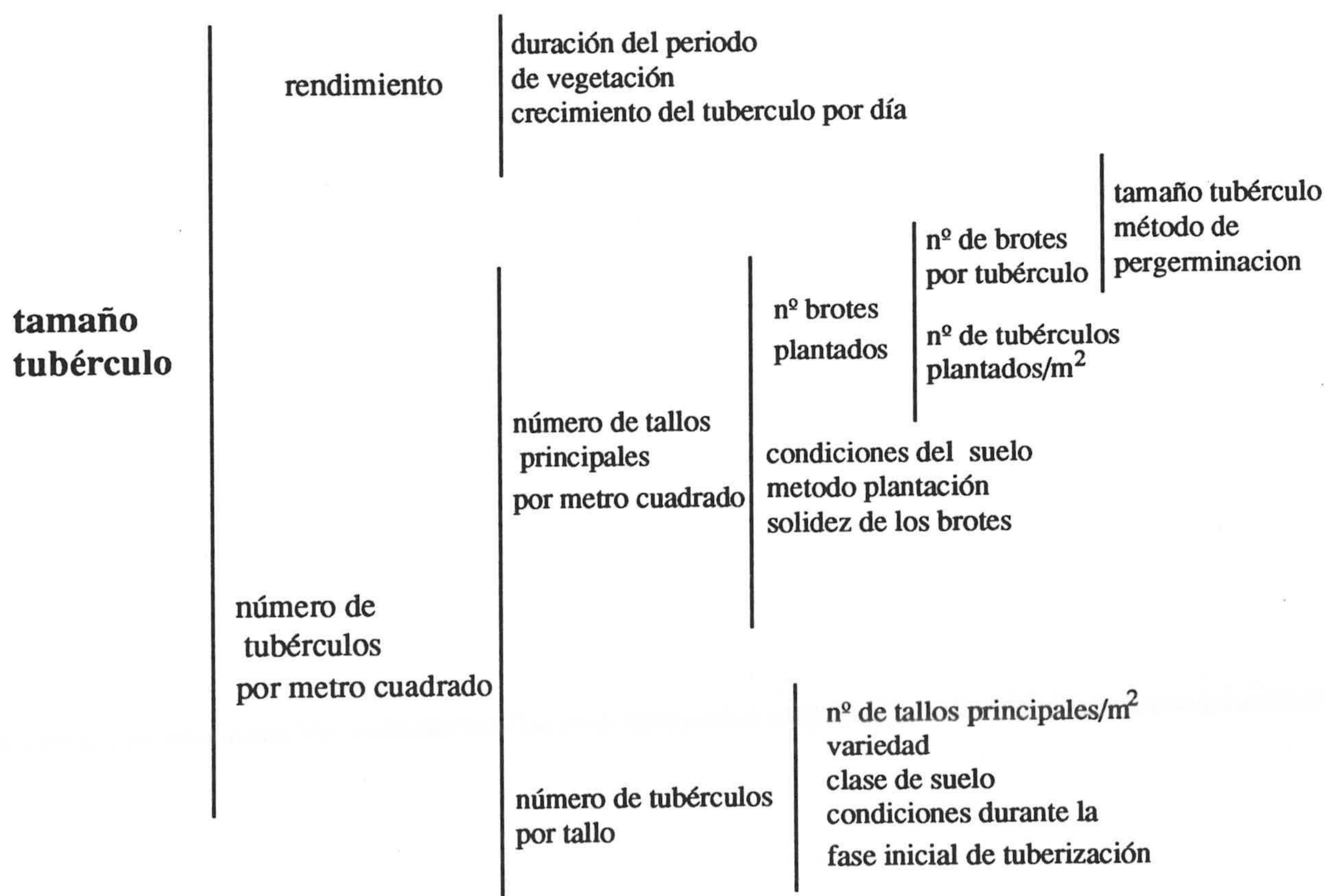


### 2.6.6 - Semilla - Plantación

El rendimiento potencial de un tallo que ha crecido de una semilla tubérculo es independiente del tubérculo según Roztropowicz ( 1962 )

El tamaño del tubérculo cosechado depende del rendimiento obtenido y del número de tubérculos por metro cuadrado. El rendimiento lo determinan la duración del periodo de crecimiento de los tubérculos y el crecimiento del tubérculo por día, y el número de tubérculos por metro cuadrado depende del número de tallos principales por metro cuadrado y del número por tallo principal. Este último número disminuye con el número de tallos principales y depende de la variedad.

El número de tallos está determinado por el número de brotes plantados que depende del número de brotes por patata de siembra y del número de tubérculos plantados, y el número de brotes por patata de siembra está influenciado por el tamaño de la misma y por el método de prebrotación.



( Zaag 1973 )



Un factor que influye en el número de brotes de una semilla tubérculo es su tamaño. A mayor peso, mayor número de brotes.

**Toosey ( 1959 )** encuentra una correlación directa entre el rendimiento total y el tamaño de los tubérculos plantados.

**Werner ( 1954 )** establece que el porcentaje de emergencia está inversamente relacionado al grado de subdivisión del tubérculo cortado. El rendimiento es más pequeño cuanto mayor es el grado de subdivisión.

**Rhynehart ( 1927 )** no encuentra ninguna reducción en el rendimiento con semillas cortadas el día de la plantación, o completas del mismo peso. Si existe pérdida, en el rendimiento, si se usan semillas cortadas 1, 2 y 3 semanas antes de plantar.

### **Marcos de siembra**

El número de plantas que hay por unidad de superficie influirá tanto en el rendimiento de la cosecha, como en el número y tamaño de los tubérculos producidos.

La producción crece paralelamente a la cantidad de patata de siembra empleada, es decir, paralelamente a la densidad de siembra y al tamaño del tubérculo empleado.

Los tamaños mas gruesos de los tubérculos se obtienen con siembras poco densas y trozos de tubérculos con pocas yemas.

El troceado de la patata de siembra gruesa determina una mejora en el tamaño del producto. Se deben utilizar trozos con varias yemas.

En relación al espaciado entre líneas, **Om ( 1985 )**, establece que con una distancia entre plantas de 20 cm, y con un espaciado entre filas de 67,5 cm, se obtiene mayor rendimiento que con 60 cm.

Un mayor distanciamiento entre líneas tiene varias ventajas, como:

- a) Disponer de más tierra para hacer el caballón
- b) Evita el apisonamiento de los lados del caballón por la maquinaria
- c) Se necesita menos tiempo para labrar una hectárea.

La distancia entre las patatas de siembra dentro de una línea, la determina sobre todo el tamaño de los tubérculos que se deseen cosechar. Para patatas de consumo, de 20 - 25



tallos por metro cuadrado es el número óptimo, y utilizando una patata de siembra de 35 - 45 mm con la formación de unos 5 tallos por planta, se utilizan unas 4 patatas por metro cuadrado. La distancia entre plantas suele ser 20 - 25 cm.

En relación a la profundidad de plantación, **Hernandez ( 1986 )** estudia tres profundidades 10, 15 y 20 cm con 0,1 y 2 aporques, estableciendo que estos no afectan al rendimiento, pero la plantación a 15 cm da mayor rendimiento con menor número de tubérculos verdes.

La plantación superficial tiene sus ventajas en las siguientes condiciones:

- a) falta de vigor en los tubérculos de siembra
- b) temperatura baja del suelo
- c) riego por surco o elevada pluviosidad
- d) recolección mecánica

Una profundidad media de plantación es recomendable bajo los siguientes condicionamientos:

- a) temperaturas elevadas del suelo
- b) condiciones de sequía en y después de la plantación
- c) condiciones inapropiadas para formar un caballón alto
- d) cuando exista un alto riesgo de ataque de palomilla ( **Zaag 1981** )

### **2.6.7 Fertilización**

#### **Justificación de su importancia:**

Una planta no podría funcionar sin la participación de un gran número de enzimas y reactivos de los que las sustancias inorgánicas son constituyentes esenciales. Hidrógeno y Oxígeno, forman parte de la mayoría de los compuestos orgánicos de la planta. Pero además de ellos y del Carbono, **Stout ( 1961 )** señaló trece elementos como esenciales, seis de ellos con concentraciones en la planta mayores de 1 mgr/gr, tales como Azufre, Fósforo, Magnesio, Calcio, Potasio y Nitrógeno y siete en concentraciones menores de 100 microgr/gr como Cobre, Cinc, Manganeso, Hierro, Boro, Cloro y Molibdeno.

De los trece elementos señalados, la mayoría son parte de la estructura externa o son esenciales en el funcionamiento del sistema enzimático.



En el caso del Nitrógeno, el constituyente característico de las proteínas, es por si mismo fundamental para todos los enzimas, pero otros elementos son componentes de sistemas específicos; por ejemplo, Cobre de varios oxidasas, Molibdeno de nitrato reductasa, Hierro del sistema citocromo - oxidasa y de varios otros , o son activadores o cofactores en sistemas enzimáticos.

Los elementos minerales juegan otros papeles en la planta en adición a los relativos a estructura enzimática y funcionamiento. El Fósforo, por ejemplo, es esencial para procesos de síntesis, siendo necesario para la transferencia de energía por la participación de compuestos con enlace fosfato de alta energía. El Potasio, además de componente de varios sistemas enzimáticos juega un importante papel en la regulación osmótica y en la apertura de los estomas. En esta función, puede ser parcialmente sustituido por Sodio u otros elementos señalados, que pueden reducir los requerimientos de Potasio.

El mantenimiento y funcionamiento de membranas permeables son uno de los requerimientos fundamentales para el metabolismo y supervivencia de la planta. En este caso, Calcio, Magnesio y Manganeso están implicados, así como el Cinc, por medio de su participación en reacciones intermedias de síntesis de uxina. El Calcio es también un componente esencial de las paredes celulares, además de formar parte de algunos cofactores enzimáticos.

### **Antecedentes históricos**

En el siglo XVIII, los irlandeses aplicaron estiércol al cultivo y obtenían mejores rendimientos. Kimberley utilizó nitrato potásico en 1839. Los primeros experimentos extensivos de fertilización de patata, durante varios años, fueron los de Lawes y Gilbert ( Gilbert 1988).

En la práctica, la cantidad y el tipo de abonado requerido depende del estado nutritivo del suelo, el tipo de suelo, el cultivo previo, las condiciones del clima, densidad de plantación, la variedad y la cantidad de irrigación.

Un cultivo de 100 Tm/ha, previsiblemente exporta las siguientes cantidades ( en kg/ha ) de los elementos esenciales:



K - 350 - 500	Cu - 0,1 - 0,2
N - 250 - 450	Zn - 0,4
P - 35 - 65	Mn - 0,5 - 2
Mg - 10 - 30	Fe - 0,5 - 2
Ca - 10 - 20	B - 0,1 - 0,2
S - 20 - 40	Cl - 20 - 100
( Maroto, 1983 )	M0 - 0,1

En la tabla siguiente, se indican diferentes resultados aportados por distintos autores

**Tabla nº 2 : Extracciones elementales en Kg / ha**

<u>Rendimiento Tm/ha</u>	<u>N</u>	<u>P<sub>2</sub> O<sub>5</sub></u>	<u>K<sub>2</sub> O</u>	<u>Ca O</u>	<u>Mg O</u>	
17,5	85	30	140	-	-	Jacob y V. Mesküll ( 1973 )
25	103	47	211	-	-	Jacob y V. Mesküll ( 1973 )
20	140	39	190	-	-	Knott ( 1962 )
27	224	50	291	82	30	Knott ( 1962 )
40	235	50	392	-	-	Knott ( 1962 )
35	175	60-70	300	150	28	Darpoux y Debelley ( 1969 )

En relación al tiempo de aplicación del fertilizante, el suministro de elementos debería espaciarse según las necesidades de los diferentes estados de crecimiento.

Esto es a menudo impracticable, salvo en el caso de riegos de alta frecuencia, por lo que una solución de compromiso es una aplicación al sembrar y el resto después del inicio de la tuberización. **Gunasena ( 1969 )**

Un suministro continuo de fertilizantes es posible con la irrigación, según los experimentos de **Susnoschi y Shimshi ( 1985 )**, que aplicaron 120 Kg de Nitrógeno, 90 Kg de Fósforo y 200 Kg de Potasio antes de sembrar y 201 Kg de Nitrógeno por ha. en el agua de irrigación.

Los resultados óptimos se obtenían con un total de 590 mm de irrigación desde el día 20 en adelante y con 173 Kg/ha de Nitrógeno.



Respecto a la colocación del fertilizante, se pueden utilizar dos métodos, al voleo antes de sembrar o colocado en bandas al lado de la semilla tubérculo durante la plantación. El último método da una mayor concentración de nutrientes cerca de las plantas y con bajos niveles de aplicación puede dar mejores resultados.

Con altos niveles de aplicación la concentración localizada cerca de las plantas, en banda, puede ser perjudicial, ya que, particularmente en suelos secos, puede producir la muerte de las raíces, una emergencia reducida y pérdida del rendimiento. **Cooke ( 1958 )** y **Widdon (1967 )** comparando la colocación y al voleo, concluyen que la colocación da mejores resultados en proporciones de 55 Kg/ha o menos; pero a proporciones de 110 Kg/ha de Nitrógeno, el voleo resulta mejor.

### **Componentes mayoritarios**

**Nitrógeno** - Aumenta el vigor de las plantas y asegura un vigoroso desarrollo a los tallos. Permite así un buen ejercicio de la función clorofílica y favorece la formación de los tubérculos, aumentando no solo el rendimiento, sino también la riqueza en fécula.

Es utilizado abundantemente, sobre todo, al comienzo de la vegetación. Aportado en exceso, o demasiado tarde ( o bajo una forma poco asimilable ), produce una vegetación excesiva ésta se prolonga demasiado a expensas de la tuberización, la riqueza en fécula puede disminuir, el mildiu y la podredumbre encuentran un medio más favorable para su desarrollo y por último, la madurez se retarda sensiblemente. ( **Darpoux 1969** )

La aplicación de Nitrogeno disminuye el porcentaje de materia seca, aunque el efecto no es muy grande **Holliday ( 1963 ) Birch ( 1967 )**

La superficie foliar de la planta de patata depende del suministro de Nitrógeno, de manera que el número y el tamaño de las hojas se incrementa con el Nitrógeno.

El Nitrógeno retrasa el inicio de la tuberización ( **Krauss 1978** )

El contenido en Nitrógeno de las hojas disminuye sensiblemente una vez finalizado el periodo de crecimiento. En las zonas templadas, en el momento de alcanzar las plantas su follaje máximo se alcanza un contenido de Nitrógeno del 4% sobre la base de materia seca.

En el momento de máximo desarrollo, la cantidad total de Nitrogeno en las plantas



es de 150 - 200 Kg/ha y en el momento del arranque, el contenido de Nitrógeno de los tubérculos es, de 1,5 - 2% de materia seca. ( **Zaag 1973** )

El contenido de Nitrógeno en los tubérculos varía entre 1,4 - 1,7%.( **Loué 1979** )

Es el primer nutriente limitante para la patata. ( **Cowie 1945** )

El Nitrógeno es elemento de los meristemos y fomenta la ramificación.

La carencia de nitrógeno da lugar a plantas de color verde claro, de poco follaje, con hojas erectas, maduración rápida y bajos rendimientos. ( **Zaag 1973** )

La concentración de Nitrógeno en los tubérculos no se afecta por la fuente de Nitrógeno. Los rendimientos máximos se producen con 224 Kg N/ha. Los rendimientos promedio son significativamente mayores con sulfato de amonio que con nitrato de amonio, urea o nitrato de calcio como fuentes de Nitrógeno. ( **Bundy 1986** )

**Potasio** - Favorece la formación de azúcares, activa la asimilación clorofílica y facilita la migración de la fécula de los órganos verdes a los tubérculos. Además aumenta la resistencia a las enfermedades y accidentes fisiológicos y disminuye el porcentaje de tubérculos pequeños producidos. Un exceso puede conducir a un consumo de lujo ( **Darpoux 1969** )

Una alimentación insuficiente se traduce en hojas abarquilladas que amarillean después y se necrosan. La vegetación se detiene, frecuentemente, y la parte aérea se deseca precozmente.

**Cowie ( 1943 )** indica que no existe disminución significativa en el contenido de materia seca si se utilizaba el Potasio como  $SO_4 K_2$ .

La eficiencia fotosintética del follaje y la velocidad de fotosíntesis por área de la hoja, se incrementa con el Potasio.

Una cosecha de 35 Tm/ha exporta cerca de 300 Kg de potasio. El abonado potásico reportará de 100 a 300 unidades de  $K_2O$  por hectárea. El sulfato potásico se presta mejor a los abonados tardíos. Le va bien a los suelos arcillosos y parece tener preferencia para los cultivos tempranos, con arranque precoz porque asegura rendimientos más elevados, un aumento de la riqueza en fécula y un mejor estado sanitario. ( **Maroto 1983** )

En el momento de mayor desarrollo, el contenido de Potasio puede variar entre 3 - 7% del contenido de materia seca.



En este momento el cultivo habrá asimilado unos 420 kg/ha.

Los tubérculos maduros, en el momento del arranque, contiene un 1,5 - 2,5 por ciento de potasio. ( **Zaag 1973** )

La planta, unas cuantas semanas después de su nacimiento, asimila rápidamente el potasio y disminuye sensiblemente la asimilación después de alcanzarse la época de mayor desarrollo.

La carencia de Potasio se revela por el tono verde oscuro de la planta y la decoloración bronceada de la hoja, que acaba necrosándose. Los tubérculos con reducido contenido en Potasio, si son golpeados, se muestran muy sensibles a la aparición de manchas azuladas bajo la piel. ( **Zaag 1973** )

El incremento en la dosis de Potasio se traduce en una baja generalizada del contenido en Magnesio. ( **Loué 1979** )

La deficiencias de Potasio se notan en la tuberización debido a la competición entre hojas y tubérculos.

En cuanto a la forma de abonado parece ser que va mejor la colocación en el surco que la técnica de al voleo. ( **Grewal 1984** )

**Fósforo** - Favorece el desarrollo radical, aumenta la riqueza en fécula y adelanta la madurez. ( **Maroto 1983** )

La aplicación de fósforo no parece tener un efecto marcado sobre el contenido de materia seca de los tubérculos.

**Smith y Nash (1941)** y **Lujan y Smith (1964)** establecen que un incremento de fosfato en la fertilización, conduce a una reducción en el porcentaje de materia seca.

La planta de patata asimila bastante difícilmente el Fósforo, de aquí la importancia de que éste se encuentre fácilmente asimilable. Con alto grado de acidez, el fósforo es retenido por los iones hierro y aluminio, si y el pH es alto, la cal puede hacer menos accesible el fosfato a la planta.

El abonado fosfatado deberá aportar de 60 a 150 unidades de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por hectárea. Los superfosfatos son utilizables en todos los tipos de suelos y se aportan en el abonado de fondo. ( **Darpoux 1969** )



En el periodo de mayor desarrollo, el contenido en Fósforo de los tallos es de 0,7% de la materia seca. ( **Zaag 1973** )

La falta de Fósforo se manifiesta por un color verde sucio de las hojas, matas poco desarrolladas y un mal crecimiento de las plantas. ( **Zaag 1973** )

El abono fosfatado tiene tendencia a acarrear una disminución del contenido en Potasio en los peciolo y un incremento del Calcio. ( **Loué 1979** )

Es el segundo nutriente limitante de la producción. Su deficiencia es más pronunciada en suelos ácidos y rojos que en los suelos aluviales.

Se debe colocar en la zona activa de la raíz. La colocación en surco es mejor que al voleo y en bandas. ( **Grewal 1984** )

**Magnesio** - La patata se muestra sensible a la carencia de Magnesio a causa del papel de este elemento en la constitución de la clorofila.

Los abonados potásicos cuantiosos pueden perjudicar la absorción del magnesio.

A causa de varios factores, el Magnesio en el suelo puede hacerse difícilmente accesible para la raíces. Un alto nivel de acidez no favorece la absorción; una estructura compacta, la impide. El Nitrógeno, en general, contrarresta los síntomas de carencia en Magnesio. El ión amónico entorpece la asimilación del ión Magnesio. El Potasio dificulta también la asimilación del Magnesio, de aquí que aportaciones fuertes de Potasio, provoquen muchas veces la carencia de Magnesio. Los síntomas de la carencia son característicos, apareciendo necrosis entre los nervios de las hojas más viejas y permaneciendo verdes los bordes.

El contenido en Magnesio de las plantas se encuentra entre un 0,3 - 0,4% de la materia seca en el periodo de máximo desarrollo vegetativo.

Los tubérculos contienen un 0,15% de Magnesio.

La asimilación en el momento de máximo desarrollo puede ser de unos 50 Kg de Mg O/ha. ( **Zaag 1973** )

**Barnes ( 1944 )** obtenía incrementos significativos en el rendimiento por la adición de sales de Magnesio a suelos muy ácidos. Los nitratos pueden incrementar la utilización de Magnesio. ( **Mulder 1956** )



**Calcio** - El desarrollo de la planta y la tuberización van unidos en presencia de suficientes cantidades de Calcio asimilable. Las exportaciones son relativamente importantes a pesar de lo cual no se debe aportar Calcio antes del cultivo si se quieren evitar los ataques de sarna común sobre los tubérculos. El encalado debe efectuarse al menos uno o dos años antes en suelos ácidos. ( **Darpoux 1969** )

La deficiencia de Calcio se produce en suelos ácidos en los que se puede agravar por altas aplicaciones de Potasio.

Síntomas de deficiencia son: pequeño tamaño, clorosis y enrollamiento de las hojas jóvenes y posiblemente carencia de la formación de tubérculos. ( **Burton 1989** )

**Smith y Nash ( 1938 )** señalan que las plantas que crecen en cultivos arenosos, deficientes en Calcio, emergen más lentamente.

**Azufre** - Se añade indirectamente como fertilizante por el uso de los sulfatos. Su deficiencia parece no tener importancia para la patata. ( **Burton 1989** )

**Cotrufo ( 1963 )** no encontró efecto significativo con la aplicación de Azufre en forma inorgánica.

### **Componentes minoritarios**

Los resultados de las experiencias de **Sharma ( 1983 )** revelan que la patata responde favorablemente al Cinc, mientras que no responde al tratamiento de Hierro y Cobre posiblemente porque el contenido de éstos en el suelo es el adecuado. La aplicación de micronutrientes no aumenta o disminuye significativamente la proporción de un tamaño particular de tubérculos.

En un ensayo de fertilización con microelementos ( **Beres 1977** ) utiliza Cobre, Cinc, Molibdeno y Boro junto a una fertilización básica de Nitrogeno, Fósforo y Potasio, obteniendo los siguientes resultados:

- El contenido de materia seca no varia, pero se reduce el de almidón. El contenido de Vitamina C de los tubérculos maduros aumenta solamente por el Molibdeno. El contenido de Fósforo de los tubérculos se eleva notablemente en las patatas tempranas por el Cinc y en las maduras por el Molibdeno.



La acumulación de Potasio se incrementa en los tubérculos maduros por el Cobre y el Cinc.

En las patatas tempranas, la cantidad de aminoácidos libres es considerablemente elevada por las sales de Cinc aplicadas, así como por el Cobre, Cinc y Molibdeno, juntos.

El contenido de aminoácidos de los tubérculos maduros se incrementa por el contenido de microelementos aplicados conjuntamente.

**Boro** - La deficiencia en Boro se manifiesta por una emergencia tardía y un amarilleamiento claro de las hojas. ( **Smith y Nash 1938** )

De cualquier manera, no se producen frecuentemente deficiencias en este elemento, bastando aplicaciones de 1 ppm de Boro para mejorar los rendimientos.

**Hierro** - **Smith y Nash ( 1937 )** encuentran que la omisión de Hierro en la solución de nutrientes en cultivos en suelos arenosos reduce el rendimiento marcadamente. El síntoma de deficiencia de Hierro es una marcada clorosis de las hojas jóvenes ( **Wallace 1943** ). Al igual que en el caso anterior tampoco es frecuente la carencia de este elemento en el cultivo de patatas.

**Cinc** - La deficiencia de Cinc puede pasar desapercibida por la ausencia de síntomas foliares.

En casos muy serios de deficiencia, puede aparecer una reducción del rendimiento y la muerte prematura. ( **Broawn y Leggett 1963** )

**Broawn y Leggett ( 1963 )** encuentran una interacción entre Cinc y Fósforo y sugieren que para el crecimiento normal, la relación Fósforo : Cinc, en una planta debe ser menor de 400. Igualmente encontraron que la deficiencia de Cinc se agrava por la aplicación de Fósforo.

**Cobre** - **Sharma ( 1983 )** no encontró respuesta a la fertilización con Cobre a través del suelo, porque los niveles son adecuados.

**Beres ( 1977 )** indica que el contenido de Potasio en tubérculos maduros se incrementa por el Cobre.

**Manganeso** - Los síntomas de deficiencia mostrados por las hojas jóvenes, descritos por **Johansson y Eckman ( 1956 )** son pérdida de lustre, color pálido, pequeño tamaño, y una tendencia a enrollarse hacia la superficie superior.



**Smith y Nash ( 1937 )** indican reducciones del rendimiento en cultivos deficientes en Manganeso.

La deficiencia puede ser tratada con solución al 1% de sulfato de manganeso o la incorporación de 50Kg/ha al suelo.

**Kargapolova ( 1956 )** indica una aceleración en el desarrollo y un incremento en el rendimiento espolvoreando las semillas con solución al 0,003% de sulfato de manganeso.

La deficiencia de Manganeso puede ser asociada con la de Cinc y no existir respuesta a la aplicación foliar de Manganeso y Cinc solos, y sí a la aplicación foliar de ambos.  
( **Roach 1946** )



# **METODOLOGIA**



## 3 - Metodologías y técnicas experimentales

### 3.1 - Diseño de cultivos para evaluación

Los cultivos sometidos a evaluación se han llevado a cabo en las comarcas productoras de patata más representativas de la provincia de Granada: La Vega, Guadix, Baza, Iznalloz, La Costa y Valle de Lecrín.

Las diferentes parcelas de seguimiento, se encuentran localizadas en las hojas del Mapa Topográfico Nacional, escala 1 : 25.000 editado por el Instituto Geográfico Nacional, que se indican a continuación y en las cuales disponíamos de productores que nos han suministrado los datos de producción y manejo.

Motril - Hoja 1056 - III - Castell de Ferro

Durcal 1		- Hoja 1041 - II - Durcal
Durcal 2		

Durcal 3		- Hoja 1026 - IV - Padul
Durcal 4		

Cajar 1		- Hoja 1026 - II - Armilla
Cajar 2		
Cajar 3		
Huetor - Vega		
Dilar		

Guadix - Hoja 1011 - I - Guadix

Santa Fe		- Hoja 1009 - III - Santa Fe
Pinos Puente		
Casanueva		
Chauchina		



Deifontes 1 - Hoja 991 - IV - Iznalloz

Deifontes 2 |  
Deifontes 3 | - Hoja 1009 - II - Cogollos Vega  
Deifontes 4 |

Atarfe |  
Cida | - Hoja 1009 - IV - Granada

Loja |  
Loja 1 | - Hoja 1008 - III - Huetor - Tajar

Baza 1 |  
Baza 2 | - Hoja 994 - I - Baza  
Baza 4 |

Baza 3 - Hoja 972 - III - Zújar

Todas estas parcelas dedicadas al cultivo de patatas se controlaron según la encuesta que figura a continuación.



**Encuesta :**

**Propietario:**

**Cultivo anterior :**

**Labores de preparación del terreno :**

**Variedad sembrada :**

**Superficie sembrada :**

**Marco de siembra :**

**Cantidad sembrada :**

**Abonado :**

**Labores :**

**Tratamientos fitosanitarios :**

**Número de riegos :**

**Fecha de recolección :**

**Producción final :**

**Observaciones :**



En cada parcela, procedimos a la apertura de perfiles y a su descripción morfológica, siguiendo la Guía de Descripción de Perfiles de la FAO ( 1977 ), así como, a la toma de muestras de cada horizonte, al finalizar el cultivo, durante el verano de 1989, a la vez que se recogieron los datos de las diferentes parcelas, en base a la encuesta indicada previamente.

### **3.1.1 - Metodología analítica**

Una vez las muestras en el laboratorio, se procedió al secado y tamizado de las mismas, separando las fracciones mayores ( grava ) y menores de 2 mm ( tierra fina ).

Los análisis llevados a cabo, se realizaron de acuerdo a los siguientes métodos:

Análisis granulométrico - Método de la pipeta de Robinson tal y como se describe en Soil Survey Raport nº 1 ( Soil Conservation Service, 1972 ), separando las fracciones mayores de 50 micras por tamización. Las fracciones consideradas han sido: arena muy gruesa ( 2 - 1 mm ), arena gruesa ( 1 - 0,5 mm ), arena mediana ( 0,5 - 0,25 mm ), arena fina ( 0,25 - 0,10 mm ), arena muy fina ( 0,10 - 0,05 mm ), limo grueso y fino ( 0,05 - 0,002 mm), y arcilla ( < 0,002 mm ).

Carbono orgánico .- Se basa en la oxidación de la materia orgánica con dicromato potásico en medio sulfúrico y valoración del exceso de oxidante con sulfato ferroso amónico.

Métodos Oficiales de Análisis del **Ministerio de Agricultura ( 1986 )**

Nitrógeno total .- Se mineraliza el nitrógeno en caliente con ácido sulfúrico y una mezcla de sulfato potásico, sulfato de cobre y selenio como catalizador. Se destila el amoniaco y se recoge sobre ácido bórico al 2% valorando con ácido sulfúrico 0,05 Normal.

Métodos Oficiales de Análisis del **Ministerio de Agricultura ( 1986 )**.

Carbonato cálcico equivalente .- Volumetría de gases según el calcimetro de Bernard,



previamente calibrado frente a carbonato cálcico puro.

**Métodos Oficiales de Análisis del Ministerio de Agricultura ( 1986 )**

pH . - Método de **Peech ( 1965 )**, realizando la medida en suspensión 1 : 1 de suelo en agua y en Cl K 1M.

En C.A. Black, ed, Methods of soils analysis, Part 2, 914 - 916.

Conductividad eléctrica .- Se mide en el extracto de saturación obtenido por filtración a vacío de una pasta saturada, según el método descrito por **Bower y Wilcox ( 1965 )**. En C.A. Black, ed, Methods of soils analysis, Part 2, 933 - 940.

Bases y capacidad de cambio .- Extracción con acetato amónico 1 N, pH = 7, y determinación de Calcio y Magnesio en espectrofotómetro de absorción atómica, Perkin - Elmer 3058, ya Sodio y Potasio, en fotómetro de llama, Meteor - Nak II, saturando a continuación con acetato sódico 1 N, pH = 8,2 para la determinación de la capacidad de cambio.

**Metodos Oficiales de Análisis del Ministerio de Agricultura ( 1986 )**

Fósforo asimilable .- Método de **Watanabe y Olsen ( 1965 )**, basado en la extracción del fósforo con solución 0,5 M de  $\text{CO}_3\text{HNa}$  y determinación del complejo fosfomolibdico en un fotolorímetro a 880 mm.

**Metodos Oficiales de Análisis del Ministerio de Agricultura ( 1986 )**

Retención de agua a 1/3 y 15 atm .- Método de la membrana de Richards ( **Richards, 1944** )

La sistemática utilizada para la clasificación de los suelos ha sido Soil Taxonomy ( **USDA 1975, 1990** ) y **FAO ( 1989 )**



### **3.2 - Diseño de la experiencia de fertilización**

Los ensayos de fertilización, se llevaron a cabo durante los años 1989 y 1990, en una parcela perteneciente al Centro de Investigación y Desarrollo Agrario de Granada ( C I D A ), localizada en la hoja nº 1009 - IV - GRANADA del Mapa Topográfico Nacional, escala 1 : 25.000 y cuyos datos se reflejan en el anexo nº 1.

Situada sobre un suelo aluvial, próxima al cauce del río Beiro, es representativa de la Vega de Granada, a 600 m de altitud sobre una terraza nivelada, con orientación N - S y pendiente del tres por mil y preparada para ser regada por riego de gravedad, por surcos, según métodos tradicionales en esta comarca para esta clase de cultivos.

El agua de riego procede de un sondeo situado en la misma parcela, disponiéndose de una estación agrometeorológica instalada a 50 m de la parcela con sensores de registro continuo de temperatura, pluviosidad, velocidad y dirección del viento, presión atmosférica.

Las técnicas de cultivo seguidas son las usuales de la zona, excepto para la fertilización, objeto de este estudio, que fueron modificadas según se detalla posteriormente.

Con el fin de conocer el comportamiento de este cultivo en otro suelo de esta comarca, se realizó otro ensayo, durante el año 1989 en otra parcela del Pago Jaramillo de Atarfe y localizada en la misma hoja del Mapa Topográfico Nacional, escala 1 : 25.000, y cuyos datos se reflejan en el anexo nº 1.

Las condiciones de cultivo son similares a las que utiliza cualquier agricultor de la zona, incluido el riego por gravedad, según turno, y con agua procedente de la Acequia Gorda.

Este agua fue analizada durante cada riego, comprobándose que sus características químicas eran diferentes en cada riego, constituyendo además un aporte adicional de los nutrientes estudiados Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio, con lo que los resultados en este ensayo deben considerarse con ciertas reservas.



### **3.2.1 - Características de los ensayos de fertilización**

#### **Cultivo**

Las variedades de patata que se han utilizado en los ensayos se eligieron, entre las más empleadas en la zona, la variedad Jaerla en la parcela del Centro de Investigación y Desarrollo Agrario, ( C I D A ) y la variedad Red Pontiac en la de Atarfe.

Las fechas de siembra fueron el 17 y el 18 de marzo de 1989, en el CIDA y en Atarfe, respectivamente, y el 16 de marzo de 1990, en el CIDA.

En todos los casos, se empleó semilla certificada A de calibre comprendido entre 45 y 65 mm ( Abeijon, 1964 ), troceada en varios cascotes con dos o tres yemas cada uno, ( Zaag, 1981 ) (Consejería de Agricultura y Pesca, 1987 ) que fueron tratados con una solución de Benomilo al 50% ( 2 gr / l ) el día previo a la siembra.

El marco de siembra empleado fue de 30 cm entre plantas y 65 cm entre surcos ( Juliá 1982 ), ( Om, 1985 )

Como herbicida de preemergencia se empleó Linuron al 50% en dosis de 2 Kg / ha. ( Villarias, 1981 )

Las labores de siembra, escarda y cosecha, se realizaron a mano.

El riego fue por gravedad, a través de surcos según los métodos tradicionales en la zona, regándose a intervalos de 10 días y saturando con agua hasta la mitad de la altura de los surcos. ( Aguirre, 1983 )

El abonado de fondo se incorporó al suelo durante la preparación del terreno, dos días antes de la siembra.

El abonado de cobertera, se realizó coincidiendo con el aporcado, antes del inicio de la tuberización, ( Dixit, 1985 ) ( Hernández, 1986 )

Como fertilizantes de fondo se utilizaron el sulfato potásico, ( 49,6% K<sub>2</sub>O ) sulfato amónico, ( 20,7% N ) sulfato magnésico ( 15,2% Mg O ) y el superfosfato de cal ( 18,3% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ) y en cobertera, el nitrosulfato amónico ( 26,2% N )

( Anglés, 1976 ) ( Aguire, 1983 ) ( Bundy, 1986 )



**Dosis de abonado - 1989**

Los ensayos de fertilización, se llevaron a cabo durante el año 1989 en el Centro de Investigación y Desarrollo agrario (CIDA) de Granada con la variedad Jaerla y en Atarfe con la variedad Red Pontiac, con un diseño factorial de 3 x 4, por bloques, al azar, y con tres repeticiones.

Se ensayaron tres dosis de magnesio, que expresadas en forma de Mg O y Mg, fueron, respectivamente, en Kg / ha:

	M <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>
Mg O	0	38	76
Mg	0	22,9	45,8

Así como cuatro dosis de fósforo que expresadas en forma de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y P, fueron, respectivamente, en Kg /

	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	77,2	125,8	203
P	0	33,7	54,9	88,6



El abonado de fondo consistió en 201,5 UF de potasio y 154,09 UF de nitrógeno, distribuyéndose 51,75 UF en sementera, como sulfato amónico y 102,34 UF como nitrosulfato amónico, en el aporcado.

Las dosis de abonado utilizadas lo han sido considerando los niveles óptimos medios indicados en la bibliografía para obtener la máxima producción y que son:

N -	150 UF	( Abeijón 1964 ),( Zaag 1973 )
K <sub>2</sub> O -	200 UF	( Inglés, 1976 ), ( M <sup>a</sup> Agricultura, 1976 )
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -	150 UF	( Rodríguez, 1982 ),( Maroto, 1983 )
MgO -	50 UF	( Cooke, 1986 ),( FAO 1986 )

Tanto en Fósforo como en Magnesio se han ensayado dosis inferiores como superiores para contrastar los valores bibliográficos.

Las parcelas elementales fueron de 64 m<sup>2</sup> ( 8m x 8m ) en el C I D A, con 10 surcos cada una y 26 plantas por surco, y 32 m<sup>2</sup> ( 8m x 4m ) en Atarfe, con 5 surcos cada una y 26 plantas por surco. ( Juliá 1982 )

Si representamos cada elemento por la primera letra de su símbolo químico y con subíndices los diferentes niveles de fertilizante, cada uno de los tratamientos ensayados en las doce parcelas utilizadas, vendrían indicados de manera esquemática por:

1 - P <sub>0</sub> M <sub>0</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	7 - P <sub>2</sub> M <sub>0</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>
2 - P <sub>0</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	8 - P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>
3 - P <sub>0</sub> M <sub>2</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	9 - P <sub>2</sub> M <sub>2</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>
4 - P <sub>1</sub> M <sub>0</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	10 - P <sub>3</sub> M <sub>0</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>
5 - P <sub>1</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	11 - P <sub>3</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>
6 - P <sub>1</sub> M <sub>2</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	12 - P <sub>3</sub> M <sub>2</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>

Se utiliza la notación N<sub>2</sub> K<sub>2</sub> para el Nitrógeno y Potasio, por similitud con el año siguiente.



La distribución al azar de los tres bloques ensayados, tanto en el C I D A, como en Atarfe, viene reflejada en los cuadros adjuntos.

### CIDA 1989

$P_0 M_1$ 2		$P_1 M_2$ 6A		$P_2 M_0$ 7B
$P_3 M_2$ 12		$P_2 M_0$ 7A		$P_3 M_0$ 10B
$P_3 M_0$ 10		$P_3 M_0$ 10A		$P_3 M_1$ 11B
$P_2 M_1$ 8		$P_0 M_1$ 2A		$P_2 M_2$ 9B
$P_3 M_1$ 11		$P_0 M_2$ 3A		$P_1 M_0$ 4B
$P_1 M_2$ 6		$P_0 M_0$ 1A		$P_2 M_1$ 8B
$P_1 M_1$ 5		$P_3 M_2$ 12A		$P_0 M_1$ 2B
$P_2 M_0$ 7		$P_3 M_1$ 11A		$P_1 M_2$ 6B
$P_1 M_0$ 4		$P_2 M_2$ 9A		$P_0 M_2$ 3B
$P_0 M_2$ 3		$P_2 M_1$ 8A		$P_0 M_0$ 1B
$P_0 M_0$ 1		$P_1 M_1$ 5A		$P_3 M_2$ 12B
$P_2 M_2$ 9		$P_1 M_0$ 4A		$P_1 M_1$ 5B



## Atarfe

		8 m	3 m			
4 m 1 m		$P_1 M_1$ 5		$P_0 M_1$ 2A		$P_2 M_1$ 8B
		$P_3 M_0$ 10		$P_2 M_0$ 7A		$P_0 M_2$ 3B
		$P_0 M_0$ 1		$P_2 M_1$ 8A		$P_1 M_2$ 6B
		$P_3 M_1$ 11		$P_0 M_0$ 1A		$P_3 M_2$ 12B
		$P_2 M_0$ 7		$P_0 M_2$ 3A		$P_2 M_2$ 9B
		$P_1 M_0$ 4		$P_3 M_0$ 10A		$P_3 M_1$ 11B
		$P_3 M_2$ 12		$P_1 M_2$ 6A		$P_3 M_0$ 10B
		$P_2 M_2$ 9		$P_3 M_1$ 11A		$P_1 M_0$ 4B
		$P_1 M_2$ 6		$P_3 M_2$ 12A		$P_1 M_1$ 5B
		$P_0 M_1$ 2		$P_1 M_0$ 4A		$P_0 M_0$ 1B
		$P_2 M_1$ 8		$P_1 M_1$ 5A		$P_0 M_1$ 2B
		$P_0 M_2$ 3		$P_2 M_2$ 9A		$P_2 M_0$ 7B



A la vista de los resultados de la producción, parecía deducirse una influencia casi nula de la fertilización magnésica sobre aquella, y en menor proporción de lo esperado para la fertilización fosfórica.

Esto nos hizo reconducir los ensayos del segundo año, en el cual se mantuvieron aquellas combinaciones de Fósforo y Magnesio que dieron mejores producciones el primer año, y se amplió el estudio, introduciendo variaciones en los niveles de Nitrógeno y Potasio con lo que el ensayo de fertilización abarcó cuatro elementos, Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio. Las dosis utilizadas fueron para cada elemento al igual que el año anterior, las indicadas como óptimas en la bibliografía, estableciéndose unos ensayos con estas dosis, y otros, con valores inferiores.



### Dosis de abonado - 1990

En el año 1990, se utilizó, igualmente, la variedad Jaerla en el CIDA, manteniendo las 12 parcelas y las 3 repeticiones,

No obstante, se estudiaron 2 diseños de 3x2.

En uno de ellos, se ensayaron dos dosis de Magnesio, que expresadas en forma de MgO, fueron 0 - 38 Kg/ha y 3 dosis de Fósforo que expresadas en forma de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> fueron 0 - 77,2 - 154,4 Kg / ha.

Las parcelas elementales fueron, igualmente, de 64 m<sup>2</sup> .

El abonado de fondo consistió en 201,5 Kg/ha ( K<sub>2</sub> O ) de Potasio y en 154,09 Kg /ha de Nitrógeno que se distribuyó como sulfato amónico en sementera ( 51,75 Kg / ha ) y como nitrosulfato amónico ( 102,34 Kg / ha ) en el aporcado.

En el otro diseño 3x2, se ensayaron tres dosis de Nitrógeno correspondientes a 0-77-154 Kg / ha, que se distribuyeron en forma de sulfato amónico en sementera, ( 0 - 25,8 - 51,7 Kg / ha ) y de nitrosulfato amónico en el aporcado, según las dosis de ( 0 - 51,2 - 102,3 Kg / ha ) y dos dosis de Potasio, que expresadas en forma de K<sub>2</sub> O, correspondieron a 50,37 y 201,5 Kg / ha.

El abonado de fondo consistió en este diseño en 154,4 Kg / ha de P<sub>2</sub> O<sub>5</sub> y 38 Kg / ha de Mg O.

Si representamos cada elemento por la primera letra de su símbolo químico, y con subíndices los diferentes niveles de fertilizante, cada uno de los tratamientos ensayados vendría representado según la tabla siguiente, en la que se indica el número de parcela que correspondió al año anterior.

1 - N <sub>2</sub> K <sub>2</sub> P <sub>0</sub> M <sub>0</sub>	10 - P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> K <sub>1</sub> N <sub>0</sub>
2 - N <sub>2</sub> K <sub>2</sub> P <sub>0</sub> M <sub>1</sub>	9 - P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> K <sub>2</sub> N <sub>0</sub>
4 - N <sub>2</sub> K <sub>2</sub> P <sub>1</sub> M <sub>0</sub>	11 - P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> K <sub>1</sub> N <sub>1</sub>
5 - N <sub>2</sub> K <sub>2</sub> P <sub>1</sub> M <sub>1</sub>	3 - P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> K <sub>2</sub> N <sub>1</sub>
7 - N <sub>2</sub> K <sub>2</sub> P <sub>2</sub> M <sub>0</sub>	12 - P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> K <sub>1</sub> N <sub>2</sub>
8 - N <sub>2</sub> K <sub>2</sub> P <sub>2</sub> M <sub>1</sub>	6 - P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> K <sub>2</sub> N <sub>2</sub>



La distribución al azar de los tres bloques ensayados se refleja en el cuadro adjunto; como se observa, se mantuvo el mismo ordenamiento numérico del año anterior.

### CIDA 1990

$P_0 M_1$ 2 $N_2 K_2$		$P_2 M_1$ 6A $N_2 K_2$		$P_2 M_0$ 7B $N_2 K_2$
$P_2 M_1$ 12 $N_2 K_1$		$P_2 M_0$ 7A $N_2 K_2$		$P_2 M_1$ 10B $N_0 K_1$
$P_2 M_1$ 10 $N_0 K_1$		$P_2 M_1$ 10A $N_0 K_1$		$P_2 M_1$ 11B $N_1 K_1$
$P_2 M_1$ 8 $N_2 K_2$		$P_0 M_1$ 2A $N_2 K_2$		$P_2 M_1$ 9B $N_0 K_2$
$P_2 M_1$ 11 $N_1 K_1$		$P_2 M_1$ 3A $N_1 K_2$		$P_1 M_0$ 4B $N_2 K_2$
$P_2 M_1$ 6 $N_2 K_2$		$P_0 M_0$ 1A $N_2 K_2$		$P_2 M_1$ 8B $N_2 K_2$
$P_1 M_1$ 5 $N_2 K_2$		$P_2 M_1$ 12A $N_2 K_1$		$P_0 M_1$ 2B $N_2 K_2$
$P_2 M_0$ 7 $N_2 K_2$		$P_2 M_1$ 11A $N_1 K_1$		$P_2 M_1$ 6B $N_2 K_2$
$P_1 M_0$ 4 $N_2 K_2$		$P_2 M_1$ 9A $N_0 K_2$		$P_2 M_1$ 3B $N_1 K_2$
$P_2 M_1$ 3 $N_1 K_2$		$P_2 M_1$ 8A $N_2 K_2$		$P_0 M_0$ 1B $N_2 K_2$
$P_0 M_0$ 1 $N_2 K_2$		$P_1 M_1$ 5A $N_2 K_2$		$P_2 M_1$ 12B $N_2 K_1$
$P_2 M_1$ 9 $N_0 K_2$		$P_1 M_0$ 4A $N_2 K_2$		$P_1 M_1$ 5B $N_2 K_2$



### **3.3 - Diseño de la experiencia de regadío**

Los ensayos de regadío, se realizaron durante los años 1989 y 1990, en una parcela ubicada en el término de Dilar, localizada en la hoja nº 1026 - II - Armilla del Mapa Topográfico Nacional, escala 1 : 25.000, y cuyos datos se indican en el anexo nº I.

Situada en una posición de media ladera con pendiente orientada en la dirección 0 - E, dispone de agua suficiente de un sondeo cuyas características analíticas son :

Nitratos - 1 ppm      Magnesio - 30 ppm

Potasio - 1,8 ppm      Fósforo - 0,02 ppm

Hierro, Cobre, Manganeso, Cinc: No se detectaron

Así como de un contador tipo Guadalquivir CD 74 - TRP lo que nos permite controlar el agua aplicada por cada tratamiento.

El sistema de riego es por gravedad, preparándose el terreno en surcos de 8 m de longitud según las líneas de nivel, lo que permite una uniformidad de aplicación del riego en cada parcela, suficiente como para minimizar errores en los resultados de la producción, debido a diferencias de disponibilidad de agua en cada tratamiento.

#### **3.3.1 - Características de los ensayos de regadío**

Los ensayos se llevaron a cabo siguiendo un diseño de bloques al azar, con tres niveles de riego, correspondientes a frecuencias de 1, 2, y 3 semanas, respectivamente, con dos repeticiones, para cada una de las variedades, Jaerla y Red Pontiac.

Las parcelas elementales fueron de 32 m<sup>2</sup> ( 8m x 4m ) con 5 surcos cada una y 26 plantas por surco.

En el año 1989, se aportó un abonado similar a la dosis óptima indicada en el ensayo de fertilización, es decir, 76UF de Mg O- con sulfato magnésico del 15,2 %; 154,4 UF de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> con superfosfato de cal del 18,3%; 201,5 UF de K<sub>2</sub>O con sulfato potásico del 49,6%, y 154 UF de N, aportados como sulfato amónico del 20,7% en sementera, ( 51,75 UF ), y como nitrosulfato amónico del 26,2% en el aporcado ( 102,34 UF ).

La siembra se realizó el 18 de marzo.



En el año 1990, la siembra se realizó el 10 de marzo, y a la vista de los resultados del ensayo de fertilización se suprimió el aporte magnésico, siendo en lo demás idéntico al año anterior. Las dosis y periodicidad de riego se establecieron en base a los criterios de que en cada riego se deben aportar entre 20 y 40 l / m<sup>2</sup>; el número de riegos debe ser de 4 a 8 y el intervalo entre riegos de unos 8 días, ( **Consejería de Agricultura y Pesca, 1987** )

Durante cada riego, se controla la cantidad de agua suministrada mediante el contador. Asimismo, se registraron las aportaciones de agua, debidas a la lluvia, durante cada uno de los muestreos realizados, en base a los datos del Servicio Meteorológico Nacional. ( 18 l / planta en el primer muestreo, 24,7 l / planta en el segundo muestreo, 31 l / planta en el tercer muestreo, 4038 l / parcela - en la cosecha)

Los litros suministrados a cada parcela durante cada uno de los riegos fueron para el año 1989 y 1990, respectivamente.

**Año 1989**

Parcela	Fecha	Primer muestreo			Segundo muestreo			Tercer muestreo	
		6/5	13/5	20/5	27/5	3/6	10/6	17/6	24/6
Vad 1	1	1400	800	900	900	700	900	700	800
	2	900	800	800	900	600	700	700	800
	3	700	800	800	900	400	600	700	800
	4	1300	-	1000	-	700	-	700	
	5	800	-	1000	-	700	-	700	
	6	900	-	-	900	-	-	600	
	7	1100	-	-	900	-	-	700	
Vad 2	8	1300	-	-	900	-	-	700	
	9	1700	-	-	900	-	-	700	
	10	1800	-	1150	-	800	-	800	
	11	1300	-	1100	-	800	-	700	
	12	1300	900	900	900	900	900	700	800
	13	1700	1000	900	1000	700	800	600	800



**Año 1990**

Parcela	Fecha	Primer muestreo				Segundo muestreo	
		26/5	2/6	9/6	15/6	22/6	29/6
Vad 1	1	775	600	500	425	600	600
	2	675	600	550	375	550	600
	3	550	-	600	-	600	-
	4	500	-	575	-	550	-
	5	750	-	-	425	-	-
	6	600	-	-	500	-	-
Vad 2	7	527	-	-	500	-	-
	8	814	-	-	400	-	-
	9	949	-	750	-	550	-
	10	593	-	650	-	600	-
	11	621	600	800	410	500	550
	12	621	600	700	600	550	600

Litros aportados por la lluvia:

( Primer muestreo - 28,71 / planta )

( Segundo muestreo - 32, 3 l / planta )

( 4.205 l / parcela en el momento del arranque )



### **3.4 - Determinaciones experimentales**

#### **Ensayos de fertilización y riego**

El estudio se ha llevado a cabo con la realización de muestreos de suelo y planta en diferentes estados de desarrollo de la patata. Inicialmente se controló en todos los ensayos, el nº y porcentaje de fallos en la nascencia.

#### **3.4.1 - Muestreos de campo**

Las tomas de muestras se realizaron en tres etapas del desarrollo de la patata.

1º - Antes del inicio de la tuberización ( tras el aporcado )

2º - En momento de máximo desarrollo vegetativo ( 60% de la floración )

3º - Inmediatamente antes de la cosecha.

Las fechas y los días transcurridos desde la siembra se indican en la tabla adjunta.

#### **Fechas de siembra, muestreo y recolección**

##### **Dilar 1989**

- Siembra : 18 Marzo
- Primer muestreo : 13 Mayo - 57 ( d.d.s. )
- Segundo muestreo : 1 Junio - 76 ( d.d.s. )
- Tercer muestreo : 1 Julio - 106 ( d.d.s. )
- Cosecha : 4 Julio - 109 ( d.d.s. )



**Dilar 1990**

- Siembra : 10 Marzo
- Primer muestreo : 5 Mayo - 56 ( d.d.s. )
- Segundo muestreo : 7 Julio - 119 ( d.d.s. )
- Cosecha : 7 Julio - 119 ( d.d.s. )

**CIDA 1989**

- Siembra : 17 marzo
- Primer muestreo : 17 Mayo - 61 ( d.d.s. )
- Segundo muestreo : 2 Junio - 77 ( d.d.s. )
- Tercer muestreo : 3 Julio - 108 ( d.d.s. )
- Cosecha : 6 Julio - 111( d.d.s. )

**CIDA 1990**

- Siembra : 16 marzo
- Primer muestreo : 7 Mayo - 52 ( d.d.s. )
- Segundo muestreo : 1 junio - 77 ( d.d.s. )
- Tercer muestreo : 29 Junio - 105 ( d.d.s. )
- Cosecha : 4 Julio - 110 ( d.d.s. )

**Atarfe 1989**

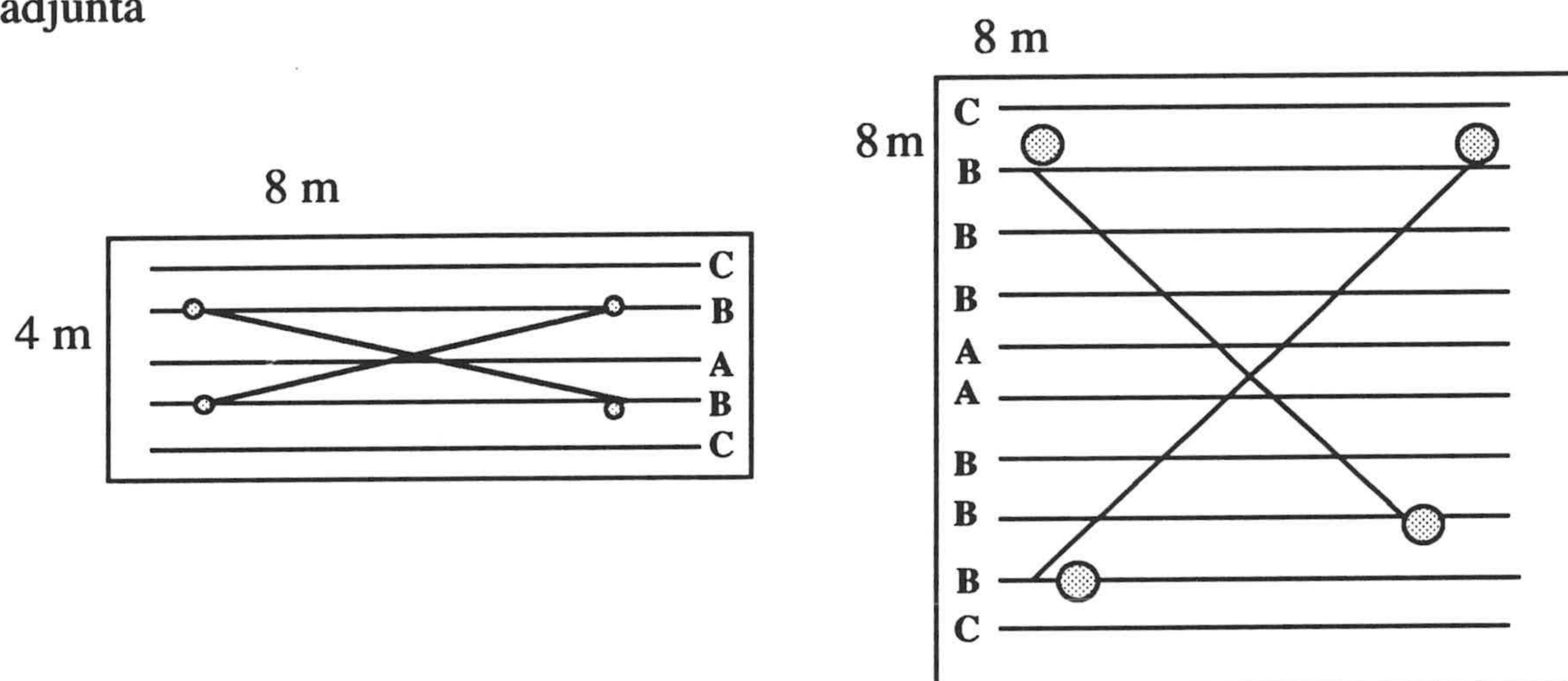
- Siembra : 18 Marzo
- Primer muestreo : 17 Mayo - 60 ( d.d.s. )
- Segundo muestreo : 7 Junio - 82 ( d.d.s. )
- Tercer muestreo : 17 Julio - 120 ( d.d.s. )
- Cosecha : 29 Julio - 133 ( d.d.s. )

\* ( d.d.s. ) = días despues de la siembra



En cada muestreo, se tomaron dos plantas por parcela elemental, no utilizándose los caballones centrales que se destinaron para evaluar la cosecha, y se despreciaron los caballones exteriores y las plantas situadas en los extremos de los caballones con objeto de evitar el efecto borde.

Esquemáticamente, podemos representar las zonas de muestreo, según la figura adjunta



- A - caballones para cosecha.
- B - caballones de muestreo.
- C - caballones no utilizados.

En cada muestreo, las dos plantas se encontraban en situación opuesta respecto a la circulación del agua en el surco. Se procedía por descubrir superficialmente la parte subterránea de la planta y posteriormente, se arrancaba la planta totalmente, utilizando asimismo, la zona del suelo en contacto con el tubérculo y raíz para muestra.

Las plantas recogidas se introdujeron en bolsas de papel, debidamente etiquetadas, y se conservaron en cámara fría a 4° C hasta el momento de su análisis.

El intervalo de tiempo entre el muestreo y su procesamiento inicial en el laboratorio osciló entre las 6 - 12 h.

La cosecha se llevo a cabo, cuando los tubérculos alcanzaron la madurez comercial. En cada parcela elemental, se recogieron los tubérculos de 6 metros lineales de los dos caballones centrales, despreciando los extremos.



Los tubérculos, recogidos en cajas etiquetadas, fueron calibrados según las categorías comerciales ( calibres < 30 mm, entre 30 - 45 mm, entre 45 - 80 mm y > 80 mm ) separándose las piezas defectuosas para destrío ( verdes, cortadas, etc ) determinándose para cada categoría su número y peso en función de las Normas de Calidad para la Patata de Consumo.

( Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1986 )

### **3.4.2 - Análisis de laboratorio**

Las plantas tomadas en cada muestreo, se dividieron para su estudio en tres partes: tallo, raíz y tubérculos anotándose los pesos húmedos de cada uno de ellos, el mismo día del muestreo. Posteriormente, fueron troceados y secados en estufa a 70º C, anotándose su peso seco, y tras su molienda con molinillo de café de plástico, eran guardadas en bolsas de papel para su análisis.

En planta, se han determinado Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio, Hierro, Cobre, Manganeso y Cinc según los **Métodos Oficiales de Análisis del Ministerio de Agricultura ( 1986 )**.

Las muestras de suelo, se recogieron en bolsas de plástico y en el laboratorio fueron secadas al aire, separando las fracciones mayores (grava ) y recogiendo las menores de 2 mm para análisis, determinando en ellas, Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio, según la metodología analítica indicada anteriormente en las experiencias de cultivo para evaluación de suelos.

El agua de riego y los fertilizantes utilizados, se analizaron asimismo, según los **Métodos Oficiales de Análisis del Ministerio de Agricultura ( 1986 )**.



# **RESULTADOS Y DISCUSION**



## **4 - Resultados y Discusión**

Como hemos indicado anteriormente, en el presente trabajo se han abordado tres aspectos a analizar: El estudio de las necesidades hídricas de la patata, para establecer las dosis de riego más ajustadas; un ensayo de fertilización para buscar la fórmula más adecuada; y, por último, un estudio de los suelos de las principales zonas de la provincia de Granada donde se cultiva la patata, al objeto de proceder a una evaluación de dichos suelos para tal cultivo, según los diferentes sistemas, tanto específicos de la patata como de propósitos mas generales, para establecer unos criterios de evaluación para la patata que puedan servir por extrapolación para otras comarcas del territorio español.

Así pues, los tres aspectos del estudio que hemos considerado los denominamos:

- 1 - Experiencias de evaluación
- 2 - Experiencias de riego
- 3 - Experiencias de fertilización



## **4.1 - Experiencia de Evaluación**

Para llevar a cabo esta experiencia se han seleccionado 25 perfiles situados en las localidades de Deifontes ( 1 - 4 ), Durcal ( 5 - 8 ), Baza ( 9 - 12 ), Santa Fe ( 13 ), Guadix ( 14 ), Huetor Vega ( 15 ), Cajar ( 16 - 18 ), Chauchina ( 19 ), Casanueva ( 20 ), Pinos Puente ( 21 ), Loja ( 22 - 23 ) y Motril ( 24 - 25 ). De todos ellos, conocemos el manejo del suelo, así como, la producción conseguida.

La descripción morfológica de los 25 perfiles, así como sus características analíticas se recogen en el anexo I- Suelos, así como los datos de ubicación, productividad, variedad empleada y manejo del suelo de que se trata, referidos a los 30 cm superficiales.

En cuanto a las metodologías empleada hemos utilizado dos de propósitos generales, la **Fertility Capability Classification de Buol y Col. ( 1993 )**, y la metodología de evaluación integral de **Aguilar y Col. ( 1988 )**

Como metodologías específicas hemos utilizado, la de **Lema ( 1988 )**, desarrollada en la comarca de Bergantiños ( Galicia ), y la más general de **Manrique y Vehara ( 1984 )**.

Finalmente, con los resultados obtenidos, se ha realizado un análisis de regresión utilizando el programa Statgraphics, mediante el que hemos establecido nuestras propias conclusiones con respecto a la evaluación de suelos para el cultivo de la patata.

Vamos pues a pasar ahora revista a cada una de estas cuatro metodologías.



#### 4.1.1 Fertility Capability Classification

Los objetivos de esta clasificación son, fundamentalmente, la interpretación de levantamientos de suelos en función de la fertilidad, así como de las prácticas de manejo, encaminadas a modificarla y la predicción de las limitaciones del suelo para usos agronómicos.

Los resultados obtenidos en los suelos muestreados aplicando este sistema, son los siguientes:

<u>Perfil</u>	<u>Clasificación</u>	<u>Perfil</u>	<u>Clasificación</u>
Deifontes 1	L R - b	Casanueva	C b s
Deifontes 2	C - b	Loja	C b s
Deifontes 3	L b	Loja 1	S b k
Deifontes 4	C C b	Motril	S L b k S
Durcal 1	L b s	Motril 2	L L b k S
Durcal 2	L Ce h		
Durcal 3	L b		
Durcal 4	L b		
Baza 1	L b		
Baza 2	C C bv		
Baza 3	Lb ks		
Baza 4	L R b		
Santa Fe	C b s		
Guadix	S b n		
Huetor	LL bks		
Cajar 1	L b s		
Cajar 2	L b		
Cajar 3	LL b s		
Pinos Puente	Cb		
Chauchina	LL b k		



Teniendo en cuenta las claves y condiciones modificadoras utilizadas por este sistema de clasificación, podemos agrupar los diferentes suelos estudiados, según el esquema adjunto:

Perfil	Tipo textural									Modificadores						
	S	SL	L	LL	LR	LC	C	CC		b	s	e	h	v	k	n
Deifontes 1					X					X						
Deifontes 2							X			X						
Deifontes 3			X							X						
Deifontes 4								X		X						
Durcal 1			X							X	X					
Durcal 2						X					X	X	X			
Durcal 3			X							X						
Durcal 4			X							X						
Baza 1			X							X						
Baza 2								X		X				X		
Baza 3			X							X	X				X	
Baza 4					X					X						
Santa Fe							X			X	X					
Guadix	X									X						X
Huetor				X						X	X				X	
Cajar 1			X							X	X					
Cajar 2			X							X						
Cajar 3				X						X	X					
Pinos Puente							X			X						
Chauchina				X						X					X	
Casanueva							X			X	X					
Loja							X			X	X					
Loja 1	X									X					X	
Motril		X								X	X				X	
Motril 2				X						X	X				X	



A la vista del mismo, podemos establecer que predominan los suelos con textura franca ( tipo L ) con velocidad de infiltración media y buena capacidad de retención de agua.

Algunos casos a destacar son, Deifontes 1 y Baza 4 ( tipo LR ) con limitaciones para cultivos de enraizamiento profundo, y problemas de agua, por la existencia de una capa endurecida; también Deifontes 2, Santa Fe, Pinos Puente, Casanueva, Loja, así como Deifontes 4, y Baza 2, que por su textura arcillosa tendrán baja velocidad de infiltración de agua, y serán difíciles de cultivar.

Como modificadores destaca el carácter básico carbonatado de todos los suelos estudiados, salvo Durcal 2.

Esta reacción básica, limita el uso de fertilizantes a base de roca fosfatada no solubles en agua, que deben evitarse, y produce deficiencias en oligoelementos, sobre todo Hierro y Cinc. Otros modificadores a destacar son, la salinidad existente en Durcal 1, Durcal 2, Baza 3, Santa Fe, Hueter, Cajar 1, Cajar 3, Casanueva, Loja, Motril y Motril 2, y la baja aptitud de retención de potasio de los suelos, Baza 3, Hueter, Chauchina, Loja 1, Motril y Motril 2, así como, la baja capacidad de intercambio de Durcal 2.

Este sistema de evaluación " Fertility Capability Classification " es muy general para nuestro estudio; nos suministra una primera información que es bastante similar para la mayoría de los suelos estudiados: su carácter básico y su mayor o menor capacidad de retención de agua.

En general, existen pocos factores modificadores que den lugar a una buena diferenciación entre nuestras parcelas.

Por otro lado, es un método cualitativo. No cuantifica los efectos. Por ello es bueno para tener una idea general, pero no suficiente para evaluar el cultivo de patata.

Por su carácter también cualitativo, aunque más específica para el cultivo de patata, analizamos a continuación, la metodología propuesta por **M. Josefa Lema Gestoto**, en su trabajo de "Evaluación de suelos para cultivo de patata en la comarca de Bergantiños".



#### **4.1.2 - Metodología - Lema**

M<sup>a</sup> Josefa Lema Gesto en su trabajo de " Évaluación de los suelos para cultivo de patata en la comarca de Bergantiños ", establece como criterios de evaluación ,los valores que pueden considerarse como óptimos para el cultivo de la patata de cada uno de los parámetros más comunmente empleados en la evaluación de suelos con fines agrícolas.

- Así para el pH, se indica que el rendimiento no se ve modificado, si el pH en agua es superior a 4,9, prolongándose el óptimo de crecimiento hasta un valor de 6, por encima del cual, puede favorecerse la aparición de enfermedades.

- La materia orgánica del suelo es fundamental para el mantenimiento de su estructura, favoreciendo la retención de agua en épocas de sequía, y el drenaje, si el agua es excesiva. El contenido de Carbono, directamente relacionado con la cantidad de materia orgánica va disminuyendo conforme se intensifica el cultivo pasando de 8 - 10% C en suelos naturales a un 2 - 5% para el cultivo de patata.

#### **- Bases del complejo de cambio**

**Potasio** - El cultivo de patata puede ser considerado exigente con extracciones de Potasio elevadas. Se consideran valores aceptables de Potasio entre ( 0,3 - 0,6 meq / 100 gr ). Aunque la detección de niveles aceptables de Potasio en el complejo de cambio no significa necesariamente que esté disponible para la nutrición vegetal. Puede estar en forma no asimilable, aparte de existir desequilibrios por exceso de Calcio ó Magnesio. Se considera que la reserva en Potasio de un suelo es baja con niveles inferiores a 0,2 meq / 100 gr. existiendo déficit relativo en este elemento si su contenido es inferior al 2% de la suma de bases.

**Magnesio** - Contenidos en Magnesio por debajo de 0,4 meq / 100 gr conducen a un



déficit absoluto en este elemento. Los niveles considerados aceptables están comprendidos entre 0,5 - 0,8 meq / 100 gr, aún cuando para una explotación óptima se deberían alcanzar niveles superiores, entre 0,9 y 1,2 meq / 100 gr.

Al igual que sucede con el Potasio, es necesario evaluar no solo la disponibilidad de Magnesio, sino también la interacción con otros cationes. Se considera que una relación Ca / Mg en el complejo de cambio superior a 50 ó inferior a 0,5 conduce a un déficit por fenómenos de antagonismo iónico. La relación Ca / Mg óptima es del orden de 5, mientras que la relación de K / Mg debería aproximarse a 1 - 1,5

**Calcio** - El cultivo de patata es uno de los menos exigentes en calcio; Niveles de 0,7 meq / 100 gr son suficientes para no inducir deficiencia mientras que contenidos elevados pueden facilitar la aparición de ciertas enfermedades.

En términos generales, un suelo es deficiente en este elemento si posee menos de 1,5 meq / 100 gr o si la razón Ca / Mg es inferior a 0,5.

**Aluminio** - El cultivo de patata es resistente a la presencia de este elemento en el suelo estableciéndose en 0,9 meq Al / 100 gr, el umbral crítico para este cultivo.

La toxicidad por aluminio se presenta cuando el porcentaje de saturación de aluminio en el complejo de cambio es superior al 60% y riesgo de acidez, si el porcentaje está comprendido entre el 20 y el 60 %.

Se ha señalado que para el cultivo de patata, porcentajes de saturación de aluminio por encima de 20 pueden ocasionar problemas nutricionales en algunas variedades de patata, mientras que por debajo de este nivel no se mejora la producción a consecuencia de la corrección de este factor; de cualquier manera, no es precisamente el aluminio quien va a ser problemático en nuestro estudio.

**Fósforo** - En la clasificación de fertilidad FAO ( 1980 ) se establece que niveles de



fósforo en suelos por debajo de 5 mg / kg son muy bajos, pudiendo considerarse como limitantes a la producción.

Otro factor que puede limitar la fertilidad del suelo es la baja capacidad efectiva de intercambio catiónico; el umbral se establece para un valor menor de 4 meq / 100 gr de suelo.

En base a estos parámetros, se ha elaborado la tabla adjunta en la que se establecen las relaciones de comparación con los valores obtenidos en nuestros suelos.



<b>Muestra</b>	<b>pH (H<sub>2</sub>O)</b>	<b>%C</b>	<b>C/N</b>	<b>P</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>K</b>	<b>Ca/Mg</b>	<b>K/Mg</b>	<b>Textura</b>
Deifontes 1	básico	bajo	alta	bajo	alto	alto	bajo	alta	baja	F - L
Deifontes 2	básico	bajo	baja	correcto	alto	alto	correcto	alta	baja	F - Ac - L
Deifontes 3	básico	bajo	correcto	correcto	alto	alto	alto	alta	baja	F - Ac
Deifontes 4	básico	bajo	correcto	correcto	alto	alto	alto	alta	baja	F - Ac - L
Durcal 1	básico	correcto	correcto	correcto	alto	alto	correcto	alta	baja	F
Durcal 2	correcto	bajo	baja	correcto	alto	alto	correcto	alta	baja	F - Ar
Durcal 3	básico	correcto	baja	correcto	alto	alto	correcto	alta	baja	F - L
Durcal 4	básico	bajo	baja	correcto	alto	alto	alto	alta	baja	F - L
Baza 1	básico	bajo	correcto	bajo	alto	alto	correcto	alta	baja	F
Baza 2	básico	correcto	baja	correcto	alto	alto	bajo	alta	baja	F - Ac - L
Baza 3	básico	bajo	baja	bajo	alto	alto	bajo	alta	baja	F - Ac
Baza 4	básico	correcto	correcto	correcto	alto	alto	alto	alta	baja	F
Santa Fe	básico	bajo	correcto	baja	alto	muy alto	alto	alta	baja	Ac - L
Guadix	básico	correcto	correcto	correcto	alto	alto	correcto	alta	baja	F - Ar
Huetor	básico	bajo	baja	bajo	alto	alto	bajo	alta	baja	F
Cajar 1	básico	bajo	baja	correcto	alto	alto	correcto	alta	baja	F
Cajar 2	básico	correcto	correcto	correcto	alto	alto	correcto	alta	baja	F
Cajar 3	básico	escaso	baja	correcto	alto	alto	correcto	alta	baja	F
Pinos	básico	bajo	baja	bajo	alto	muy alto	alto	alta	baja	Ac - L
Chauchina	básico	bajo	baja	baja	alto	alto	bajo	alta	baja	F
Casanueva	básico	bajo	baja	correcto	alto	alto	correcto	alta	baja	Ac
Loja 1	básico	bajo	correcto	correcto	alto	correcto	bajo	alta	baja	F - Ar
Loja	básico	bajo	baja	bajo	alto	alto	alto	alta	baja	Ac
Motril	básico	bajo	baja	correcto	alto	correcto	bajo	alta	baja	F - Ar
Motril 2	básico	bajo	baja	correcto	alto	correcto	bajo	alta	baja	F



A la vista de la tabla anterior se pueden establecer las siguientes conclusiones:

El pH de todas las muestras es más básico que el óptimo.

El contenido de materia orgánica es escaso en casi todas las muestras.

Existe saturación por calcio en todas las muestras.

En general, los contenidos de Magnesio son más elevados que el óptimo en casi todas las muestras.

El Potasio aparece deficitario en ocho de las veinticinco muestras, y otro tanto le ocurre al Fósforo.

La relación K / Mg se mantiene baja en todas las muestras.

En general, se utiliza un abonado N, P, K, suplementado a veces con estiércol en algunas parcelas.

Las variedades Jaerla y Red Pontiac son las más extendidas en la provincia, predominando otras en puntos localizados, como son la variedad Quenebec en Baza, Espunta en Loja y Claustra en Motril.

Predominan los suelos de textura franca ( 36% )

De cualquier manera, pensamos que este sistema de evaluación está pensado para Galicia, ya que le da gran importancia al contenido de materia orgánica, así como, al aluminio de cambio que en nuestros suelos prácticamente no va a tener ninguna influencia.

Este método es aceptable, en la medida que de una manera cualitativa suministra información sobre las deficiencias que un suelo determinado puede tener. Sin embargo, cada vez tienen más aceptación los métodos cuantitativos que permiten extrapolar a otras situaciones y establecer el valor de la productividad en función de los parámetros edáficos.

Como métodos cuantitativos hemos utilizado dos, uno de tipo general, Aguilar y Col ( 1988 ) y otro más específico para patata, Manrique y Vehara ( 1984 ) que pasamos a desarrollar a continuación.



### **4.1.3 - Evaluación integral de las tierras**

La metodología de Aguilar y Col ( 1988), una clasificación para la evaluación integral de las tierras, considera como determinantes de la productividad, los siguientes parámetros:

- 1 - Humedad disponible por el suelo
- 2 - Oxígeno disponible por la rizosfera
- 3 - Adecuación de espacio para las raíces
- 4 - Condiciones de germinación y capacidad de laboreo
- 5 - Disponibilidad de nutrientes
- 6 - Salinidad
- 7 - Toxicidad
- 8 - Contenido en Ca CO<sub>3</sub> libre
- 9 - Riesgos de erosión
- 10 - Régimen de temperatura
- 11 - Facilidad de mecanización

Los tres últimos no intervienen en la valoración cuantitativa.

Para cada uno de los perfiles estudiados, la valoración según este método, se indica en la tabla siguiente:



	Humedad disponible	Drenaje	Profundidad efectiva	Textura y estructura	Grado saturación	Materia orgánica	Capacidad cambio B	Reserva minerales B	Salinidad	Toxicidad	Carbonatos	Erosión	Temperatura	Mecanización	Indice de productividad
Deifontes 1	100	100	P <sub>2</sub> 20	T <sub>6a</sub> 80	N <sub>6</sub> 80	O <sub>1</sub> 85	A <sub>1</sub> 90	M <sub>2c</sub> 100	S <sub>1</sub> 100	E <sub>5</sub> 90	C <sub>5</sub> 80	Ligera	Maiz	Clase B	7,05
Deifontes 2	100	100	P <sub>5</sub> 100	T <sub>6b</sub> 90	N <sub>6</sub> 80	O <sub>3</sub> 100	A <sub>1</sub> 90	M <sub>2c</sub> 100	S <sub>1</sub> 100	E <sub>5</sub> 90	C <sub>5</sub> 80	Nula	Maiz	Clase A	46,65
Deifontes 3	100	100	P <sub>6</sub> 100	T <sub>6b</sub> 90	N <sub>6</sub> 80	O <sub>2</sub> 90	A <sub>1</sub> 90	M <sub>2c</sub> 100	S <sub>1</sub> 100	E <sub>5</sub> 90	C <sub>5</sub> 80	Nula	Maiz	Clase A	41,98
Deifontes 4	100	100	P <sub>6</sub> 100	T <sub>6b</sub> 90	N <sub>6</sub> 80	O <sub>2</sub> 90	A <sub>1</sub> 90	M <sub>2c</sub> 100	S <sub>1</sub> 100	E <sub>5</sub> 90	C <sub>4</sub> 90	Ligera	Maiz	Clase A	47,24
Durcal 1	100	100	P <sub>6</sub> 100	T <sub>7</sub> 100	N <sub>6</sub> 80	O <sub>3</sub> 100	A <sub>1</sub> 90	M <sub>2c</sub> 100	S <sub>1</sub> 100	E <sub>5</sub> 90	C <sub>4</sub> 90	Nula	Maiz	Clase A	58,32
Durcal 2	100	D <sub>3a</sub> 90	P <sub>5</sub> 100	T <sub>6b</sub> 90	N <sub>5</sub> 100	O <sub>2</sub> 90	A <sub>0</sub> 90	M <sub>2b</sub> 90	S <sub>2</sub> 90	E <sub>2</sub> 90	C <sub>1</sub> 100	Nula	Maiz	Clase A	47,83
Durcal 3	100	100	P <sub>5</sub> 100	T <sub>6b</sub> 90	N <sub>6</sub> 80	O <sub>3</sub> 100	A <sub>1</sub> 90	M <sub>2c</sub> 100	S <sub>1</sub> 100	E <sub>5</sub> 90	C <sub>4</sub> 90	Nula	Maiz	Clase A	52,49
Durcal 4	100	100	P <sub>6</sub> 100	T <sub>6b</sub> 90	N <sub>6</sub> 80	O <sub>3</sub> 100	A <sub>1</sub> 90	M <sub>2c</sub> 100	S <sub>1</sub> 100	E <sub>5</sub> 90	C <sub>4</sub> 90	Nula	Maiz	Clase A	52,49
Baza 1	100	100	P <sub>6</sub> 100	T <sub>7</sub> 100	N <sub>6</sub> 80	O <sub>3</sub> 100	A <sub>1</sub> 90	M <sub>2c</sub> 100	S <sub>1</sub> 100	E <sub>5</sub> 90	C <sub>5</sub> 80	Nula	Maiz	Clase A	51,84
Baza 2	100	100	P <sub>6</sub> 100	T <sub>6b</sub> 90	N <sub>6</sub> 80	O <sub>3</sub> 100	A <sub>1</sub> 90	M <sub>2c</sub> 100	S <sub>1</sub> 100	E <sub>5</sub> 90	C <sub>4</sub> 90	Nula	Maiz	Clase A	52,49
Baza 3	100	100	P <sub>6</sub> 100	T <sub>6b</sub> 90	N <sub>6</sub> 80	O <sub>2</sub> 90	A <sub>1</sub> 90	M <sub>2c</sub> 100	S <sub>1</sub> 100	E <sub>5</sub> 90	C <sub>4</sub> 90	Nula	Maiz	Clase A	47,24
Baza 4	100	100	P <sub>6</sub> 100	T <sub>7</sub> 100	N <sub>6</sub> 80	O <sub>3</sub> 100	A <sub>1</sub> 90	M <sub>2c</sub> 100	S <sub>1</sub> 100	E <sub>5</sub> 90	C <sub>5</sub> 80	Nula	Maiz	Clase A	51,84
Santa Fe	100	100	P <sub>6</sub> 100	T <sub>6a</sub> 80	N <sub>6</sub> 80	O <sub>2</sub> 90	A <sub>1</sub> 90	M <sub>2c</sub> 100	S <sub>2</sub> 90	E <sub>5</sub> 90	C <sub>4</sub> 90	Nula	Maiz	Clase A	37,79
Guadix	100	100	P <sub>6</sub> 100	T <sub>6b</sub> 90	N <sub>5</sub> 100	O <sub>3</sub> 100	A <sub>0</sub> 85	M <sub>2a</sub> 90	S <sub>1</sub> 100	E <sub>4</sub> 100	C <sub>1</sub> 100	Nula	Maiz	Clase A	68,85
Huetor	100	100	P <sub>6</sub> 100	T <sub>6a</sub> 80	N <sub>5</sub> 100	O <sub>3</sub> 100	A <sub>1</sub> 90	M <sub>2c</sub> 100	S <sub>2</sub> 90	E <sub>4</sub> 100	C <sub>3</sub> 100	Nula	Maiz	Clase A	64,80
Cajar 1	100	100	P <sub>6</sub> 100	T <sub>7</sub> 100	N <sub>5</sub> 100	O <sub>3</sub> 100	A <sub>1</sub> 90	M <sub>2c</sub> 100	S <sub>1</sub> 100	E <sub>5</sub> 90	C <sub>3</sub> 100	Nula	Maiz	Clase A	81,00
Cajar 2	100	100	P <sub>6</sub> 100	T <sub>7</sub> 100	N <sub>6</sub> 80	O <sub>3</sub> 100	A <sub>1</sub> 90	M <sub>3c</sub> 100	S <sub>1</sub> 100	E <sub>4</sub> 100	C <sub>3</sub> 100	Nula	Maiz	Clase A	72,00
Cajar 3	100	100	P <sub>6</sub> 100	T <sub>7</sub> 100	N <sub>6</sub> 80	O <sub>3</sub> 100	A <sub>1</sub> 90	M <sub>2c</sub> 100	S <sub>1</sub> 100	E <sub>5</sub> 90	C <sub>3</sub> 100	Nula	Maiz	Clase A	64,80
Pinos Puente	100	100	P <sub>6</sub> 100	T <sub>5a</sub> 50	N <sub>6</sub> 80	O <sub>2</sub> 90	A <sub>1</sub> 90	M <sub>3c</sub> 100	S <sub>1</sub> 100	E <sub>4</sub> 100	C <sub>4</sub> 100	Nula	Maiz	Clase A	29,16
Chauchina	100	100	P <sub>6</sub> 100	T <sub>7</sub> 100	N <sub>6</sub> 80	O <sub>2</sub> 90	A <sub>1</sub> 90	M <sub>2c</sub> 100	S <sub>1</sub> 100	E <sub>5</sub> 90	C <sub>4</sub> 90	Nula	Maiz	Clase A	52,49
Casanueva	100	100	P <sub>6</sub> 100	T <sub>5a</sub> 50	N <sub>6</sub> 80	O <sub>2</sub> 90	A <sub>1</sub> 90	M <sub>3c</sub> 100	S <sub>12</sub> 95	E <sub>5</sub> 90	C <sub>4</sub> 90	Nula	Maiz	Clase A	24,93
Loja	100	D <sub>3a</sub> 90	P <sub>6</sub> 100	T <sub>5b</sub> 80	N <sub>6</sub> 80	O <sub>2</sub> 90	A <sub>1</sub> 90	M <sub>3c</sub> 100	S <sub>2</sub> 90	E <sub>5</sub> 90	C <sub>4</sub> 90	Nula	Maiz	Clase A	34,01
Loja 1	100	100	P <sub>6</sub> 100	T <sub>6b</sub> 90	N <sub>6</sub> 80	O <sub>2</sub> 90	A <sub>1</sub> 90	M <sub>2a</sub> 90	S <sub>1</sub> 100	E <sub>5</sub> 90	C <sub>4</sub> 90	Nula	Maiz	Clase A	42,51
Motril	100	100	P <sub>6</sub> 100	T <sub>6b</sub> 90	N <sub>5</sub> 100	O <sub>3</sub> 100	A <sub>1</sub> 90	M <sub>2a</sub> 90	S <sub>3</sub> 80	E <sub>4</sub> 100	C <sub>1</sub> 100	Nula	Limero	Clase A	58,32
Motril 2	100	100	P <sub>6</sub> 100	T <sub>7</sub> 100	N <sub>5</sub> 100	O <sub>2</sub> 90	A <sub>1</sub> 90	M <sub>2c</sub> 100	S <sub>1</sub> 100	E <sub>5</sub> 90	C <sub>3</sub> 100	Nula	Limero	Clase A	72,90



A la vista de la tabla anterior, dado que el cultivo es en regadío, en parcelas llanas y con buen drenaje podemos considerar que la humedad, drenaje, profundidad efectiva, erosión y reserva de minerales no son influyentes en nuestro estudio y en menor proporción, la salinidad, toxicidad y la capacidad de cambio.

En cambio, son factores que condicionan la productividad, la textura y estructura, el contenido de materia orgánica y el contenido de carbonatos.

Uno de los problemas que nos plantea el uso de esta metodología estriba, en la asignación de coeficientes a determinados parámetros, según una escala cuyas oscilaciones son del orden de 10, 20, ó 30 unidades y que pueden condicionar la valoración. Por otro lado, cada parámetro tiene la misma importancia relativa, frente al índice final, cuando en realidad la contribución de cada uno de ellos debería ser diferente según las características específicas de cada cultivo.

En definitiva, deben establecerse unos coeficientes que modifiquen la contribución relativa de cada factor, según el cultivo a estudiar, y a partir de los datos de producción. Mientras esto no ocurra, no podrá existir una buena correlación entre los índices calculados por cualquier método de evaluación general y las producciones de un cultivo concreto.

Finalmente, evaluamos nuestros suelos en función de una metodología específica para el cultivo de patata, como es, la de **Manrique y Vehara ( 1984 )**



#### **4.1.4 - Metodología de Manrique y Vehara**

La clasificación de tierras para el cultivo de patata establecida por Manrique y Vehara (1984), toma como referencia los requerimientos del cultivo a una profundidad de 30 cm, en lo que se refiere a clima, agua y propiedades físicas y químicas del suelo ( tabla 2 )

**Tabla 2 .- Requerimientos del cultivo de patata a 30 cm de profundidad  
( Manrique 1982 )**

##### **1 - Requerimientos ambientales**

- temperatura del aire - 15 - 20 ° C
- temperatura del suelo - 15 - 22° C
- Intensidad de luz - 3 - 5 x 10<sup>2</sup> J m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>

##### **2 - Requerimientos de agua**

- consumo de agua 3 - 5 mm d<sup>-1</sup>

##### **3 - Requerimientos físicos del suelo.**

- Compactación del suelo, densidad < 1,5 Mg m<sup>-3</sup>
- Aireación del suelo, velocidad difusión oxígeno > 0,66 x 10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>
- profundidad suelo > 30 cm

##### **4 - Requerimientos químicos del suelo**

- Acidez del suelo, saturación de aluminio < 20%
- $\% \text{ sat Al} = ( \text{Al ext 1M Cl K} / \text{suma bases cambio 1M Ac NH}_4 + \text{Al ext} ) \cdot 100$
- pH 1M Cl K > 5,0
- Salinidad del suelo, conductividad eléctrica < 4 dS m<sup>-1</sup>
- Exceso de sodio; porcentaje de sodio de cambio < 15
- Toxicidad del boro < 2 mg / Kg en extracto de saturación del suelo
- Nitrógeno del suelo > 50 mg / Kg N03 ( método incubación )
- Fósforo suelo > 0,2 mg / Kg en solución del suelo ( Fox y Kanprath, 1970 )
- Potasio del suelo > 0,25 cmol / y Kg ( acetato amónico molar )



En base a dichos requisitos y para establecer las diferentes calidades de suelos, indica una serie de criterios de diagnóstico que nos van a dar idea de la situación de ese suelo en lo que se refiere a disponibilidades de agua, oxígeno, régimen térmico, nutrientes, etc.

En la tabla 3 (página 100), indica los criterios de diagnóstico utilizados. Cada criterio es puntuado según una escala de índices unitarios de cuatro valores o clases.

	Indice
Clase 1 - Buena	100
Clase 2 - Regular	75
Clase 3 - Pobre	50
Clase 4 - Inaceptable	25

Con estos índices parciales para cada criterio, se establece el índice final cuyo cálculo viene dado en función de los criterios de diagnóstico utilizados.

$$\text{Indice final: } \left( \frac{WA}{100} \right) \cdot \left( \frac{OA}{100} \right) \cdot \left( \frac{ST}{100} \right) \cdot \left( \frac{TR}{100} \right) \cdot \left( \frac{RD}{100} \right) \cdot \left( \frac{A}{100} \right) \cdot \left( \frac{S.S}{100} \right) \cdot \left( \frac{NA}{100} \right) \cdot \left( \frac{E}{100} \right)$$

W.A - Disponibilidad de agua - índice de humedad ( regadío )

O.A - Disponibilidad de Oxígeno - Tamaño de partículas ( drenaje )

S.T - Laboreo del Suelo

T. R - Régimen térmico

R.D - Desarrollo Radicular

A - Acidez suelo - pH en Cl K 1 M > 5

S.S - Salinidad y sodicidad - Conductividad eléctrica < 4dS m<sup>-1</sup>

N.A - Disponibilidad nutrientes : K cambiante, C / N, P disponible

E - Posibilidades de erosión



El sistema de clasificación considera la situación del suelo como aceptable o inaceptable según el resultado del índice final o determinados índices parciales.

		<b><u>Índice final</u></b>
Aceptable ( S )	1 Bueno	> 75
	2 Regular	75 - 50
	3 Pobre	50 - 25
Inaceptable ( U )	4 parcialmente	< 25 (WA, NA, A, SS < 25 )
	5 permanentemente	< 25 (OA, ST, TR, RD < 25 )



**Tabla 3 - Criterios de diagnóstico usados para definir algunas cualidades del suelo**

<b><u>Cualidad</u></b>	<b><u>Criterio de diagnóstico principal</u></b>	<b><u>Criterio de diagnóstico alternativo</u></b>
Disponibilidad de agua	Índice de humedad $MAI = \frac{PD}{ETP}$ (Precipitación) (Hargreaves 1977) (Evapotranspiración)	Régimen de humedad del suelo.
Disponibilidad de oxígeno	Porcentaje de arcilla, régimen de humedad del suelo y clase mineralógica	Textura, régimen humedad suelo y clase mineralógica.
Régimen térmico del suelo	Régimen temperatura suelo, temperatura media anual del suelo	Elementos de formación
Acidez del suelo	Saturación Al.	pH en 1M Cl K
<b>Disponibilidad de nutrientes</b>		
Potasio	K de cambio ( Acetato amónico molar )	Textura, clase mineralógica y régimen humedad suelo.
Nitrógeno	Contenido de materia orgánica relación C/N	Régimen humedad suelo, régimen temperatura del suelo, elementos de formación
Fósforo	P asimilable ( Método Olsen )	Textura, clase mineralógica y régimen temperatura del suelo.

A continuación, se realiza una valoración de cada uno de nuestros suelos, en base a esta metodología.



	Disponibilidad de agua	Disponibilidad de oxígeno	Laboreo del suelo	Regimen de temperatura	Desarrollo radicular	Acidez del suelo	Salinidad y sodicidad	Disponibilidad de nutrientes	Posibilidades de erosión	Indice global
Deifontes 1	100	100	100	75	75	100	100	75	75	31,64
Deifontes 2	100	100	100	75	75	100	100	100	100	56,25
Deifontes 3	100	100	100	75	75	100	100	100	100	56,25
Deifontes 4	100	100	100	75	100	100	100	100	75	56,25
Durcal 1	100	100	100	75	100	100	100	100	100	75
Durcal 2	100	100	100	75	100	75	75	100	100	42,18
Durcal 3	100	100	100	75	100	100	100	100	100	75
Durcal 4	100	100	100	75	100	100	100	100	100	75
Baza 1	100	100	100	75	75	100	100	100	100	56,25
Baza 2	100	100	100	75	75	100	100	100	100	56,25
Baza 3	100	100	100	75	75	100	100	75	100	42,18
Baza 4	75	100	100	75	100	100	100	100	100	56,25
Santa Fe	100	100	100	75	75	100	75	100	100	42,18
Guadix	100	100	100	75	100	100	100	100	100	75
Huetor	100	100	100	75	75	100	75	75	100	31,64
Cajar 1	100	100	100	75	75	100	100	100	100	56,25
Cajar 2	100	100	100	75	75	100	100	100	100	56,25
Cajar 3	100	100	100	75	75	100	100	100	100	56,25
Pinos Puente	100	100	100	75	75	100	100	100	100	56,25
Chauchina	100	100	100	75	100	100	100	75	100	56,25
Casanueva	100	100	100	75	50	100	75	100	100	28,12
Loja	100	75	100	75	75	100	75	75	100	23,73
Loja 1	100	100	100	75	75	100	100	75	100	42,18
Motril	100	100	100	75	100	100	50	75	100	28,12
Motril 2	100	100	100	75	75	100	100	75	100	42,18



La problemática en la aplicación de esta metodología la encontramos en la asignación del valor de cada índice dentro de una clase determinada. Solo se distinguen cuatro niveles 25, 50, 75 y 100 mientras que nos resulta difícil establecer los valores intermedios. Esto condiciona que los índices globales obtenidos para nuestros suelos sean bastante parecidos quedando englobados en las categorías de pobre, Deifontes 1, Durcal 2, Baza 3, Santa Fe, Huetor, Casanueva, Loja y Motril y en la categoría de regular, Deifontes 2, Deifontes 3, Deifontes 4, Durcal 1, Durcal 3, Durcal 4, Baza 1, Baza 2, Baza 4, Guadix, Cajar 1, Cajar 2, Cajar 3, Pinos Puente y Chauchina

Si tenemos en cuenta los datos de producción, el análisis de regresión de los mismos frente a los índices de Manrique, por un lado, y de Aguilar por otro, nos indica que existe cierta correlación, aún cuando ésta no es muy buena. En la tabla adjunta, se establecen las ecuaciones de regresión encontradas, en la que se observa como la correlación mejora si se consideran los datos de cada variedad independientemente. Las representaciones gráficas correspondientes se reflejan en las hojas siguientes.

### Análisis de regresión

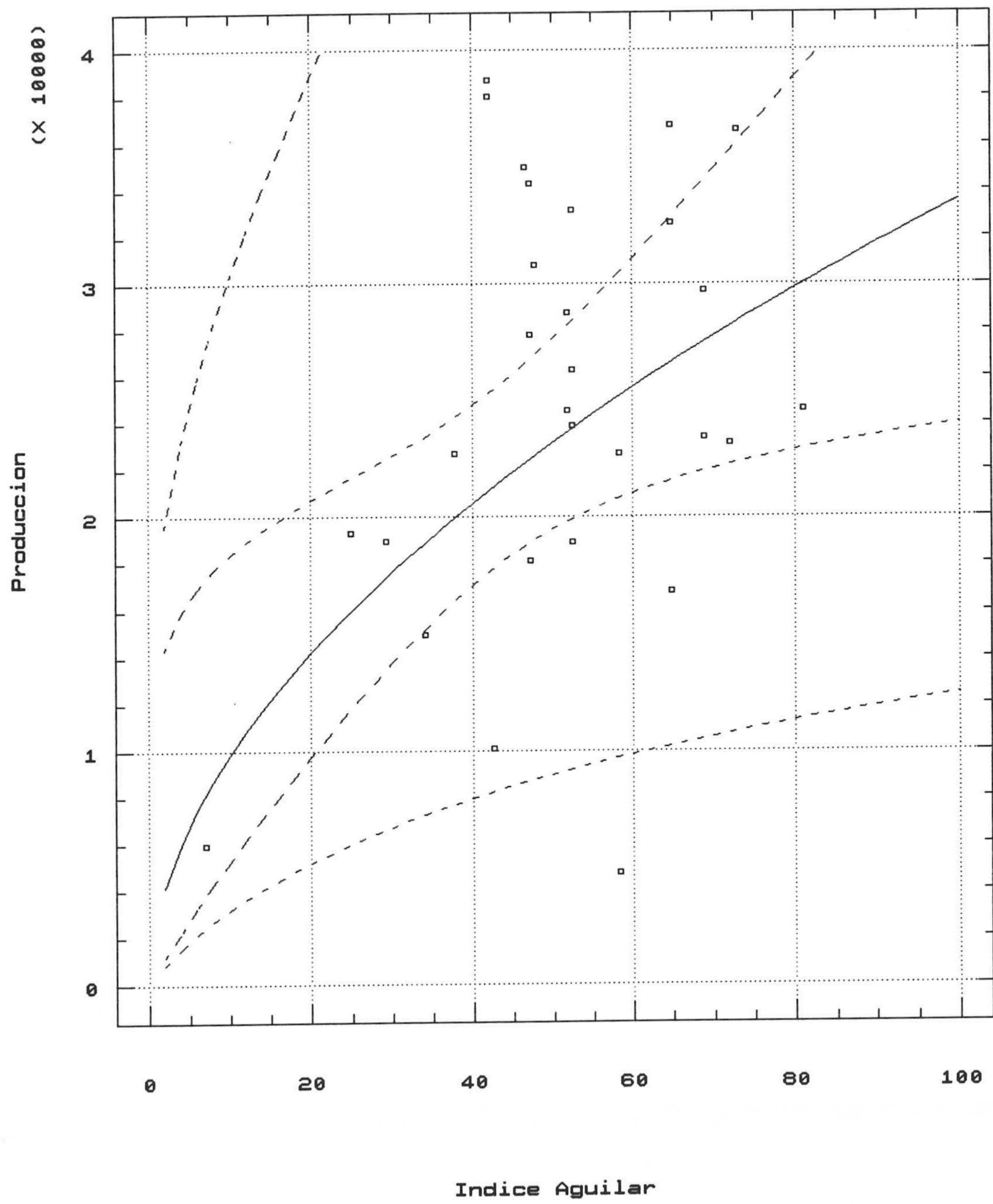
	Coefficiente Correlación	R <sup>2</sup>	F - Ratio	Significación
1 - Kg / ha = 2875.(Índice Aguilar) <sup>0,533595</sup>	0,479	22,97%	8,05	0,85%
2 - Kg / ha = 673,6. (Índice Manrique) <sup>0,897649</sup>	0,558	31,11%	12,19	0,16%
3 - Kg / ha <sub>Vd</sub> = 2223,6. (Índice Aguilar) <sup>0,626388</sup>	0,814	66,30%	17,70	0,23%

Kg / ha - Producciones en Kilogramos por hectarea

Vd = variedad Jaerla

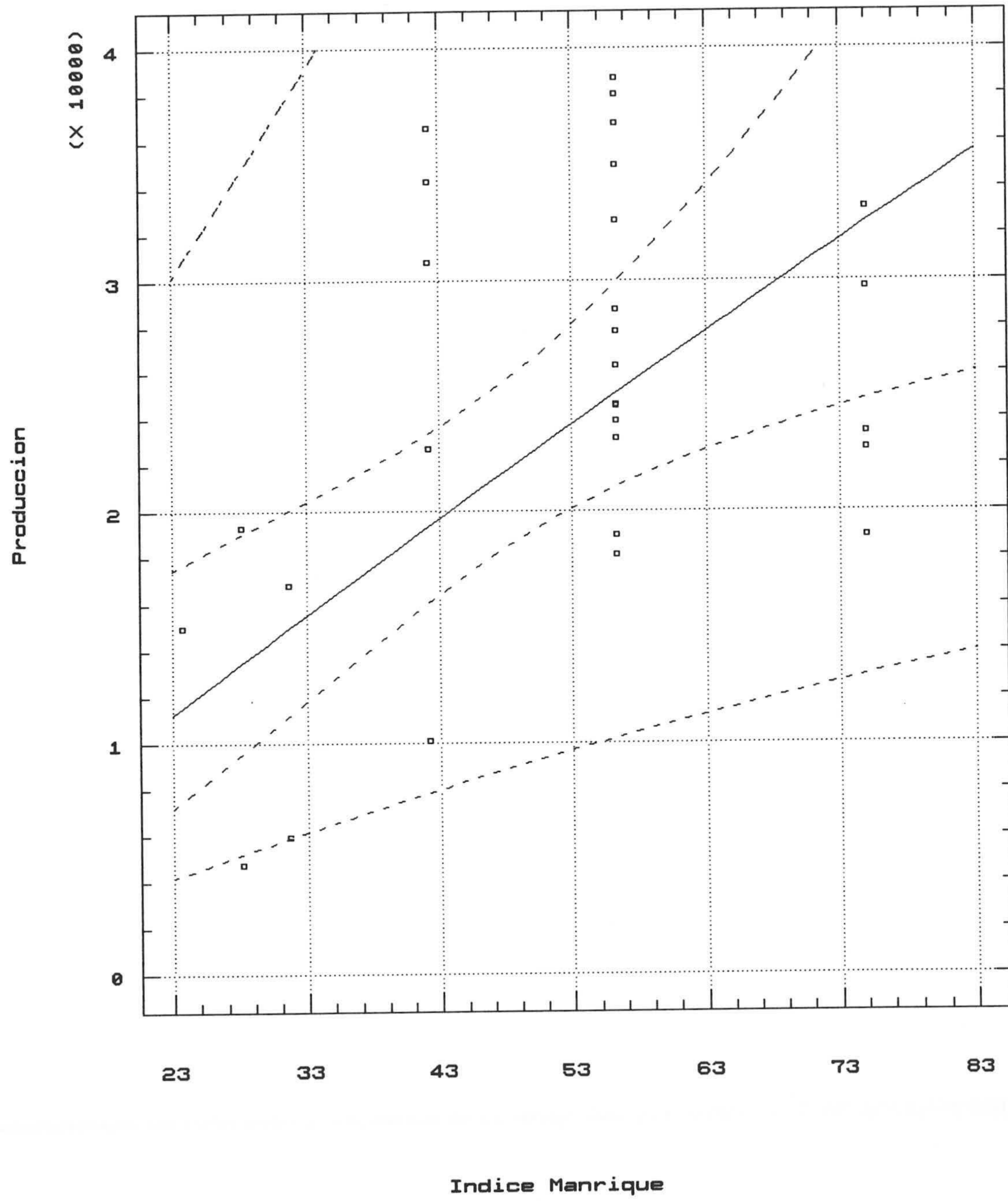


Regresion de la produccion en Kg/ha frente a indice Aguilar



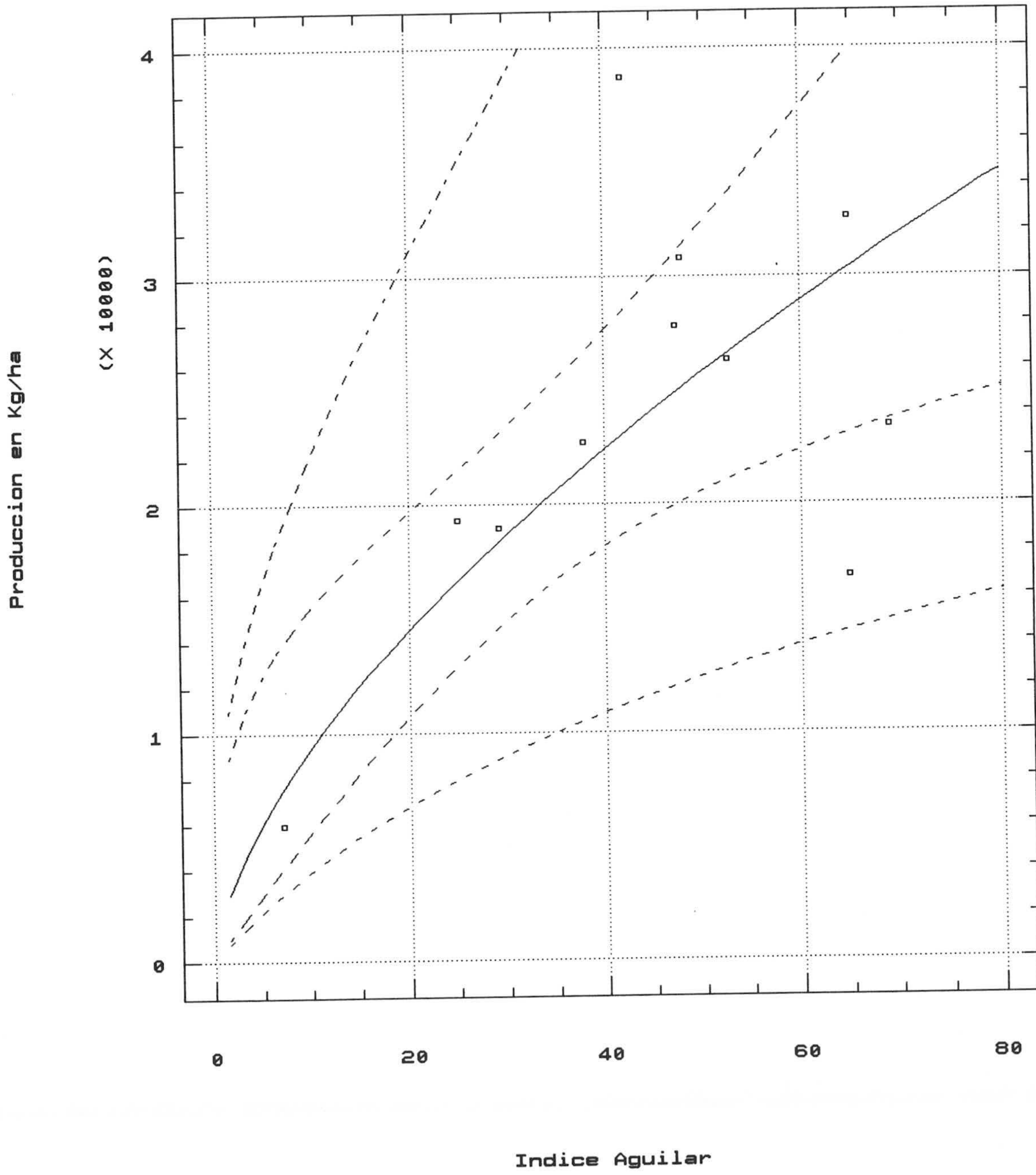


Regresion de la produccion en kg/ha frente a indice Manrique





Regresion de produccion frente indice Aguilar. Var. Jaerla





#### 4.1.5 - Modelos de regresión

Como quiera que los métodos de evaluación empleados no se ajustaban correctamente a nuestros datos de producción, procedimos a realizar un análisis de regresión para establecer el mejor ajuste posible con las características de nuestros suelos.

En primer lugar, consideramos si los parámetros ajenos al suelo podrán haber condicionado la producción.

Un análisis de la varianza de nuestros datos de producción frente al número de riegos, variedad, número de plantas por metro cuadrado y número de Kilogramos sembrados por hectárea nos dio fuertemente no significativo por lo que consideramos inicialmente que los datos del cultivo no específicos del suelo se podrían despreciar en nuestro estudio, como no significativos para la producción.

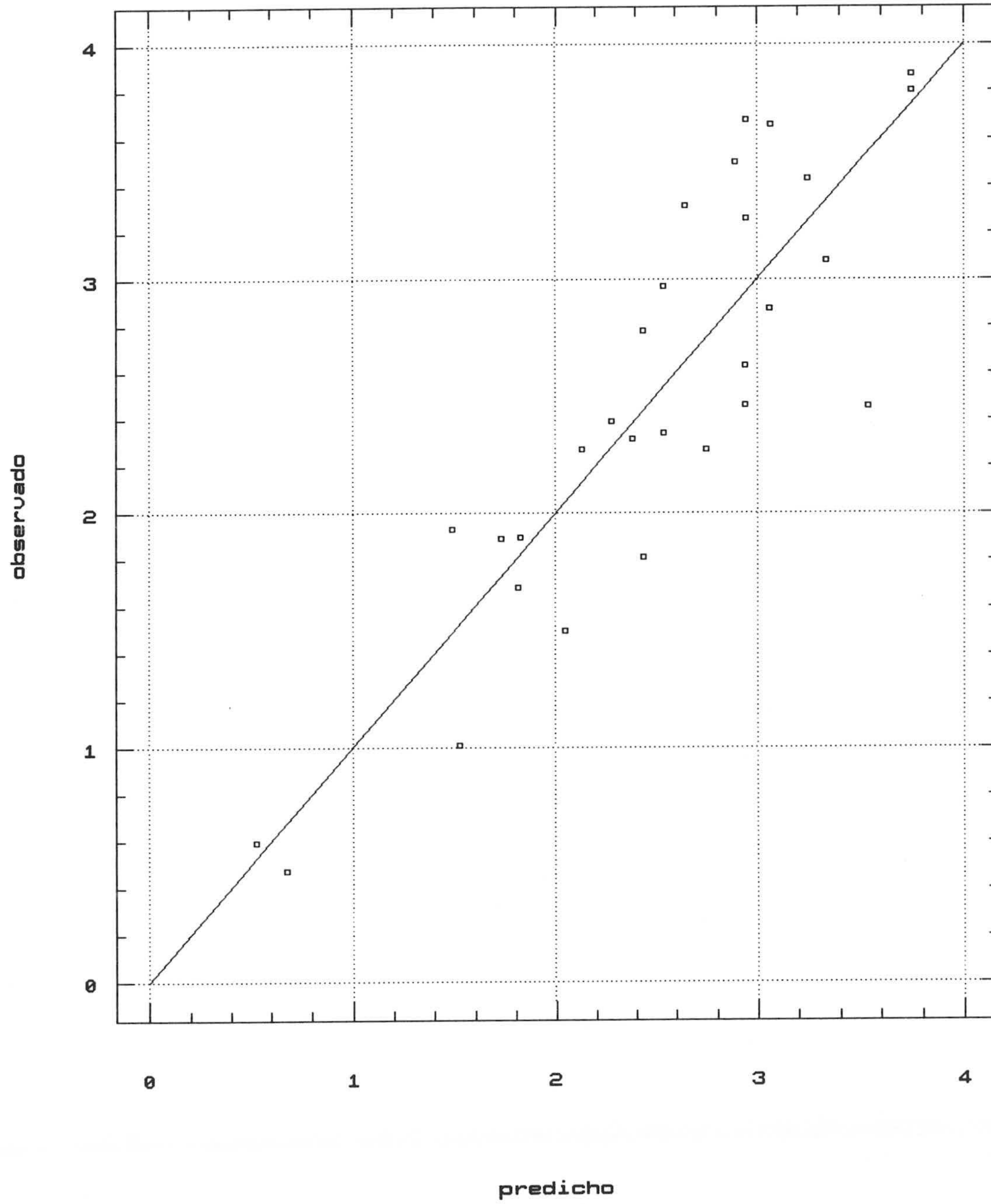
La no significación era independiente de que se considerasen los datos globales o para cada una de las variedades.

A continuación y basándonos en parámetros del suelo, se establecieron varios modelos de regresión que son significativos y que pasamos a describir a continuación.

Modelo	Ecuación	R <sup>2</sup>	Fratio	Pvalor
1	$\text{Kg/m}^2 = 6,557 \text{ txt} - 0,6779 \text{ pH}$	0,297	6,91	0,39%
2	$\text{Kg/m}^2 = 6,267 \text{ txt} + 0,074 \text{ P} - 0,157 \text{ C/N} - 6,379 \text{ N}$	0,429	6,26	0,13%
3	$\text{Kg/m}^2 = 6,322 \text{ txt} + 0,088 \text{ P} - 0,206 \text{ C/N}$ $+ 0,0218 \text{ C O}_3^- - 6,185 \text{ N} - 0,778 \text{ pH}$	0,549	6,68	0,04%
4	$\text{Kg/m}^2 = 8,803 \text{ txt} - 0,296 \text{ C/N} - 14,74 \text{ N} - 1,089 \text{ pH}$ $+ 0,0276 \text{ C O}_3^- + 1,2296 \text{ Corg} + 1,021 \text{ Na}$	0,620	7,53	0,01%
5	$\text{Kg/m}^2 = 8,47 \text{ txt} - 0,28 \text{ C/N} + 0,028 \text{ CO}_3^- - 0,909 \text{ pH}$ $+ 0,955 \text{ Na} - 11 \text{ N} + 0,99 \text{ Corg} - 0,051 \text{ CIC} + 0,897 \text{ K}$	0,665	7,19	0,02%
T	$\text{Kg/m}^2 = 8,64 \text{ txt} - 0,28 \text{ C/N} + 0,028 \text{ CO}_3^- - 0,91 \text{ pH}$ $- 10,92 \text{ N} + 1 \text{ Na} + 1,02 \text{ Corg} + 0,94 \text{ K} - 0,059 \text{ CIC}$ $+ 0,012 \text{ Mg} - 0,007 \text{ P} - 0,006 \text{ Salinidad}$	0,605	4,59	0,28%



Produccion en Kg/mm. Modelo T





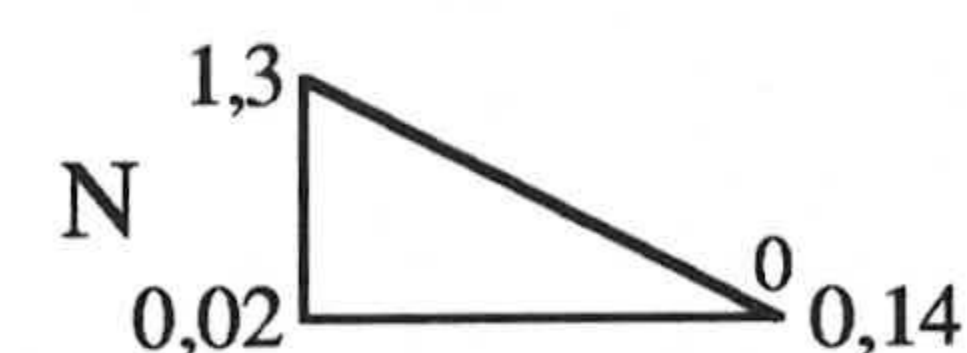
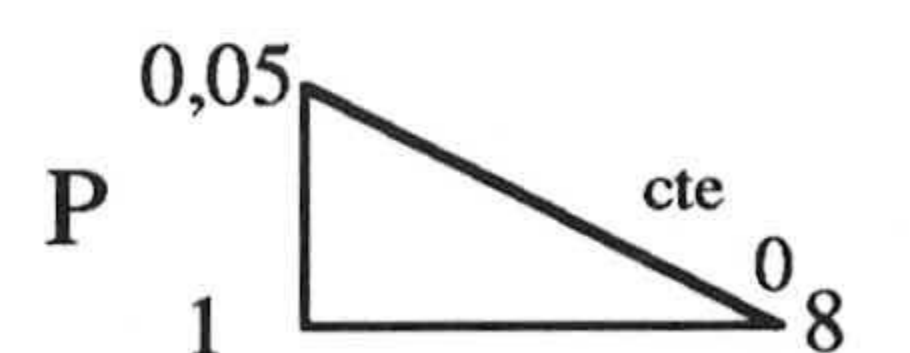
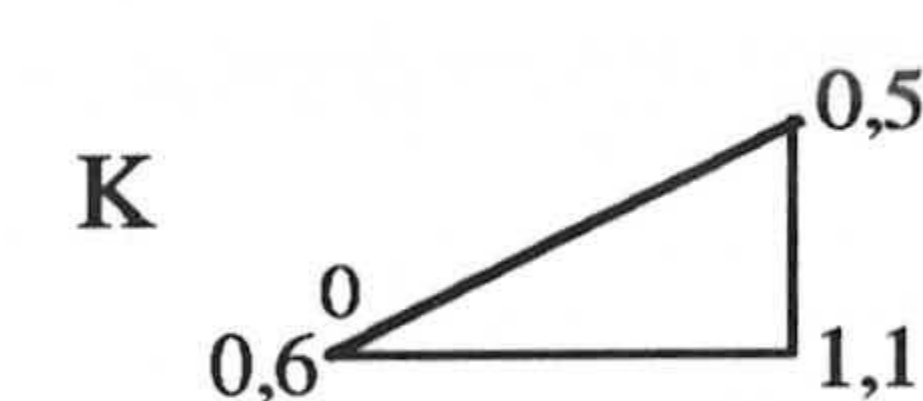
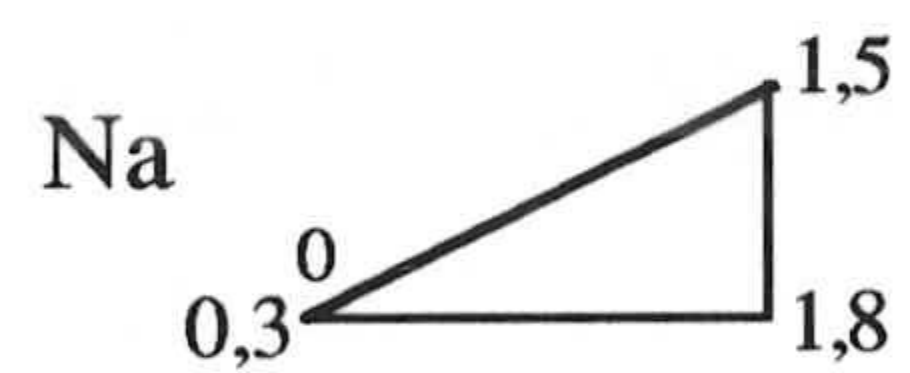
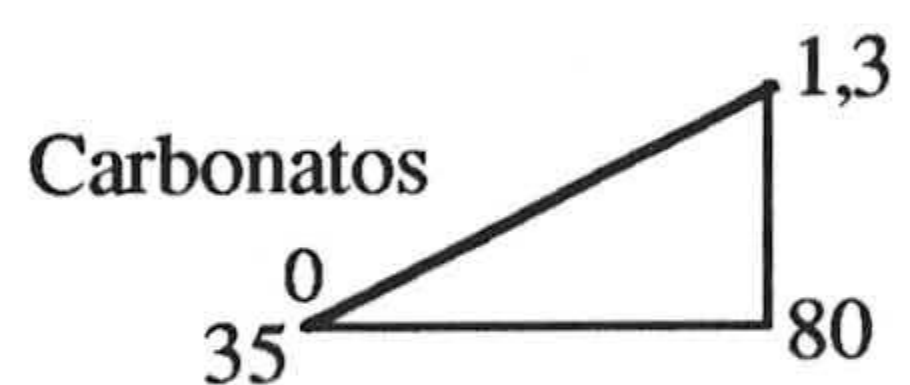
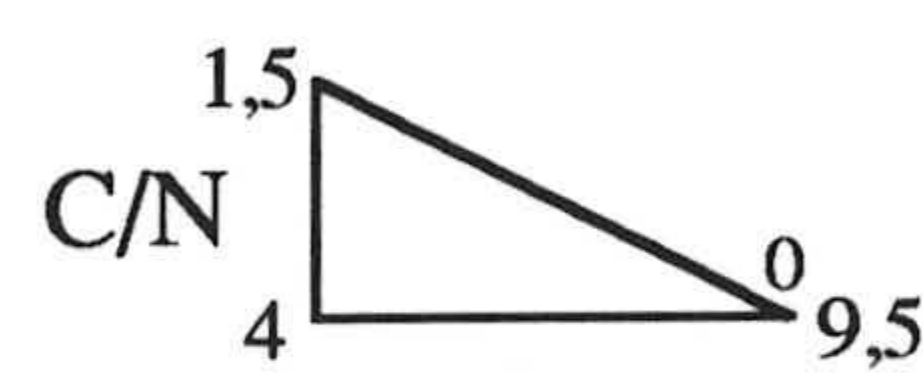
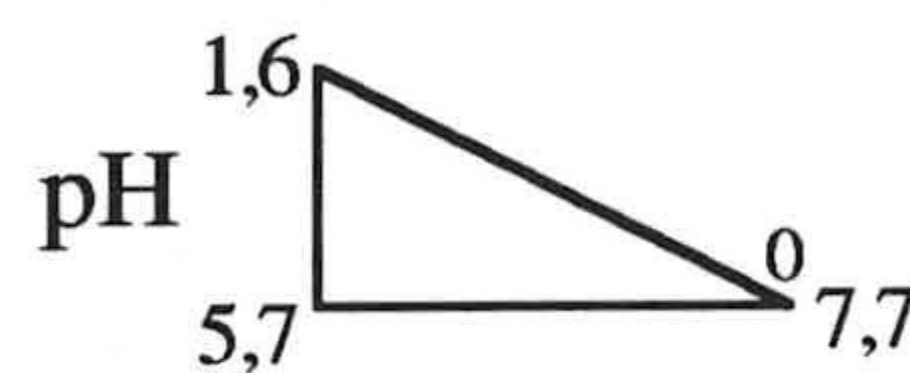
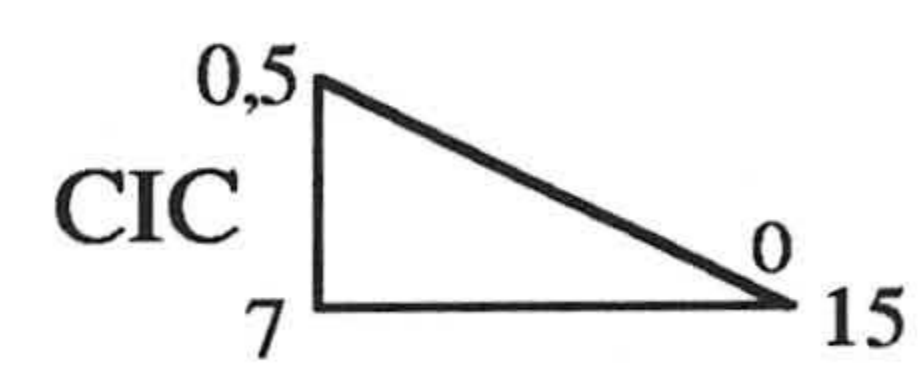
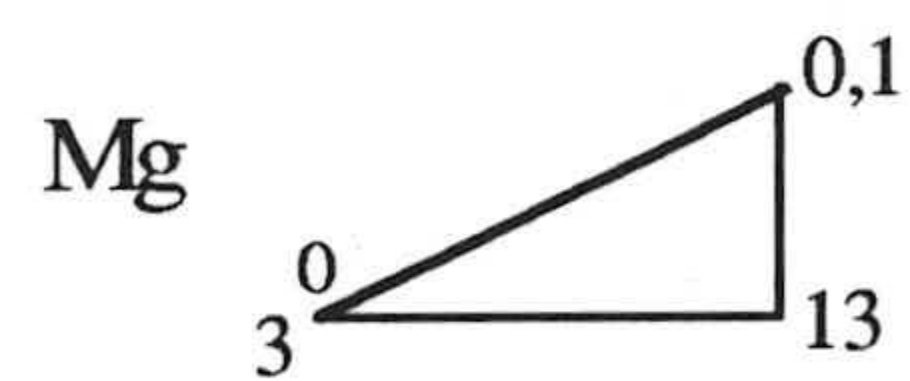
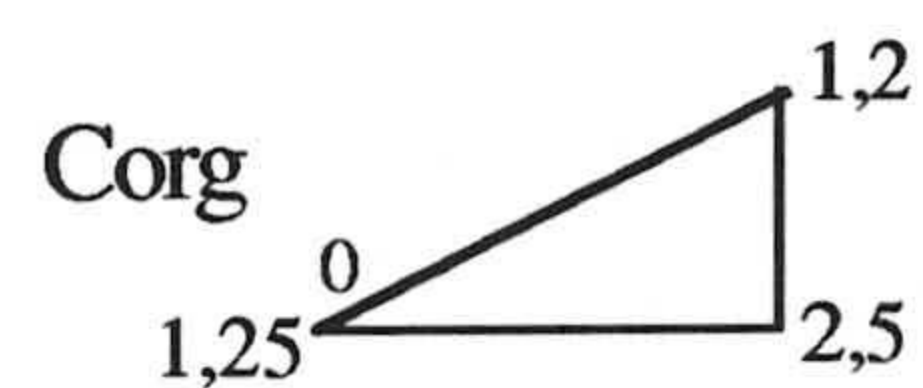
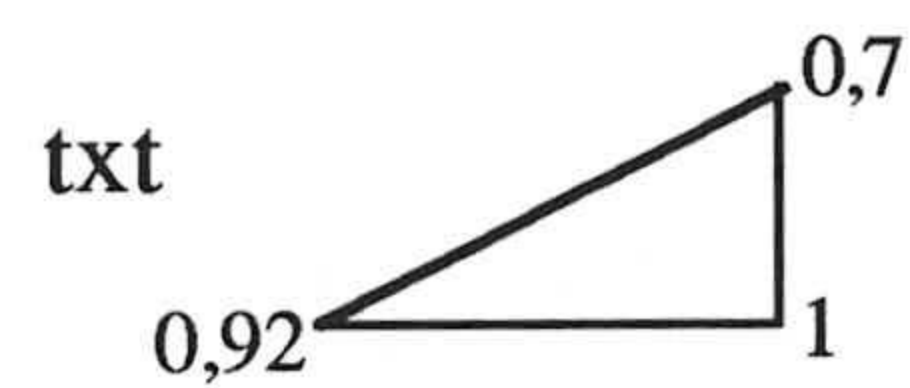
Vemos como los modelos 4 y 5 son los que explican mejor la variabilidad de los datos con un ajuste del 62 y del 66,5% respectivamente.

Según estos modelos, los parámetros del suelo que influyen significativamente sobre la producción de patata serían y por orden, de importancia, la textura, la relación Carbono - nitrógeno, el contenido de Nitrógeno, el pH, el contenido de Carbonatos, el contenido de Carbono Orgánico, Sodio, la Capacidad de Intercambio Catiónico y el contenido de Potasio.

De todos ellos los que presentan mayor coeficiente y por consiguiente, sus variaciones producirían mayor efecto en la producción son el Nitrógeno y la textura y en menor proporción, el Carbono Orgánico, pH, Sodio y Potasio.

Unos son positivos frente a la producción y otros negativos.

Estas tendencias las podemos representar para cada parámetro, según las gráficas adjuntas.





Según esto, las texturas francas son las que ejercen una influencia más positiva sobre la producción; los contenidos de Carbono Orgánico son positivos frente a la producción; los contenidos de Carbonatos son igualmente positivos así como los contenidos de Sodio y de Potasio.

Los parámetros que varían en sentido contrario a la producción nos indican que deben mantenerse en valores pequeños. Así el pH, la Capacidad de Intercambio catiónico, la relación Carbono - Nitrógeno y el contenido de Nitrógeno.

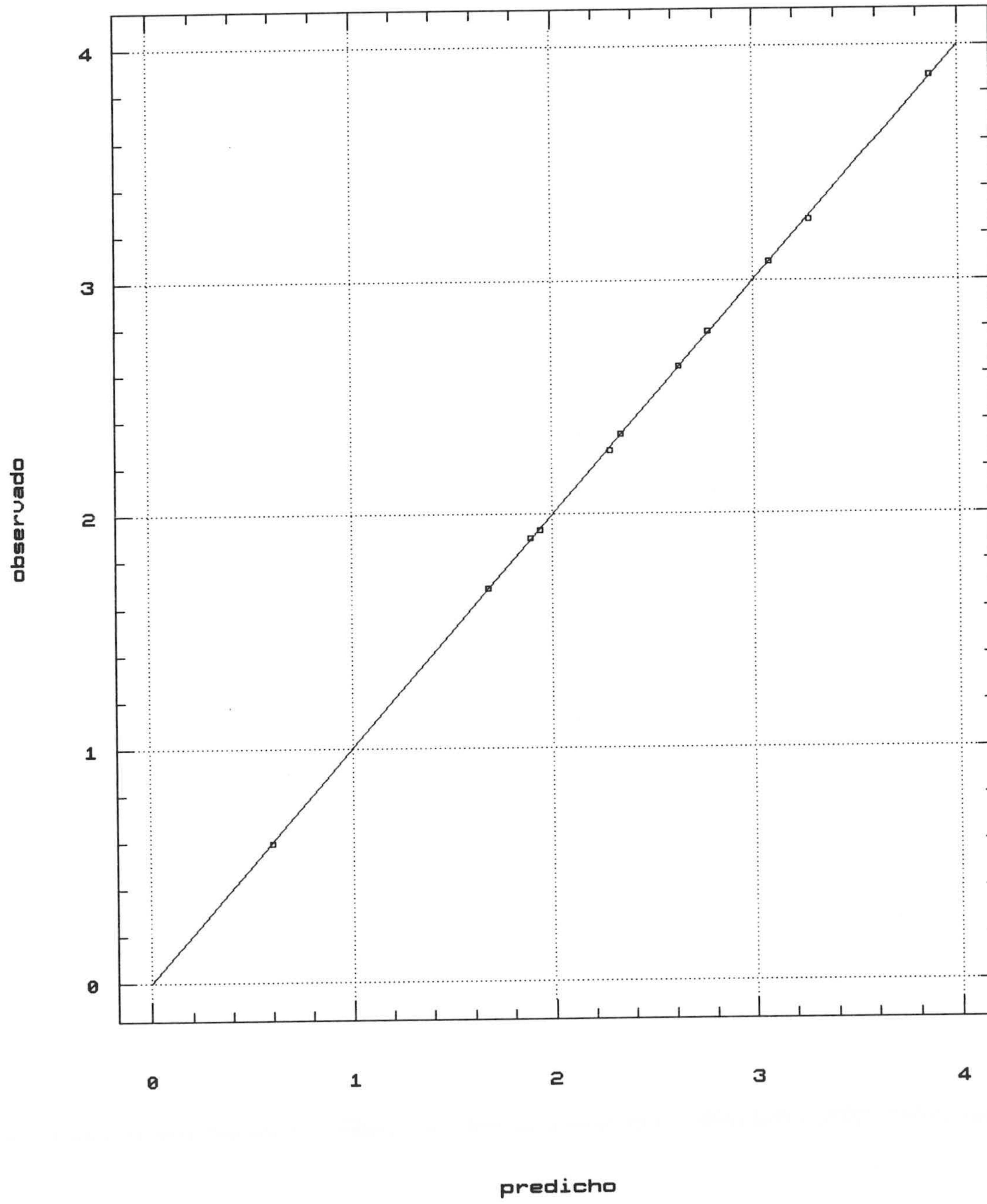
Por otro lado, si consideramos cada variedad independientemente, podemos establecer otros modelos de regresión que se ajustan mejor a los datos. Hemos diferenciado las variedades Jaerla y Red Pontiac de las que disponíamos de suficientes datos y hemos agrupado el resto de las variedades en otro grupo. En este caso los modelos de regresión son:

Modelo	Ecuación	R <sup>2</sup>	Fratio	Pvalor
Variedad - Jaerla	$\text{Kg/m}^2 = 0,123P + 9,867\text{txt} - 0,168 \text{ C/N} - 0,65\text{pH} - 10,29N$ $+ 0,917K + 0,0118 \text{ CO}_3^- + 0,0158 \text{ CIC} - 0,845$	0,999	2919	0,03%
Variedad - Red Pontiac	$\text{Kg/m}^2 = 0,0497 \text{ CO}_3^- - 4,292\text{pH} - 0,357 \text{ C/N} - 0,678Mg$ $+ 16,38N + 0,186 \text{ CIC} + 34,693$	0,98	66,44	1,49%
Resto variedades	$\text{Kg/m}^2 = 11,605\text{txt} + 2,168K - 1,55\text{Corg} + 12,32N - 0,114\text{CIC}$ $+ 1,865\text{pH} - 22,207$	0,999	1973	0,05%

Las rectas de regresión correspondientes a cada variedad se representan a continuación.

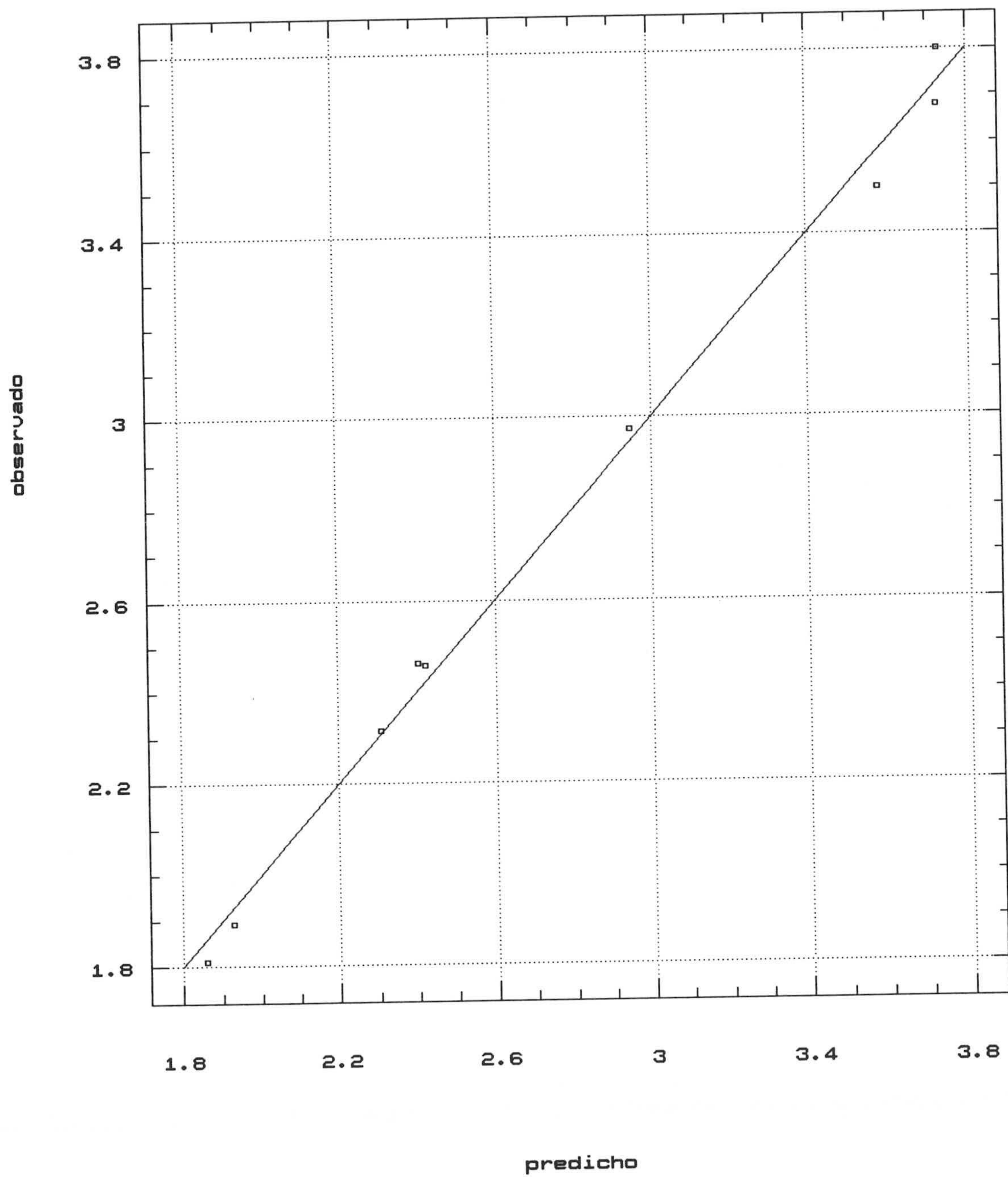


Produccion en kg/mm de la variedad Jaerla





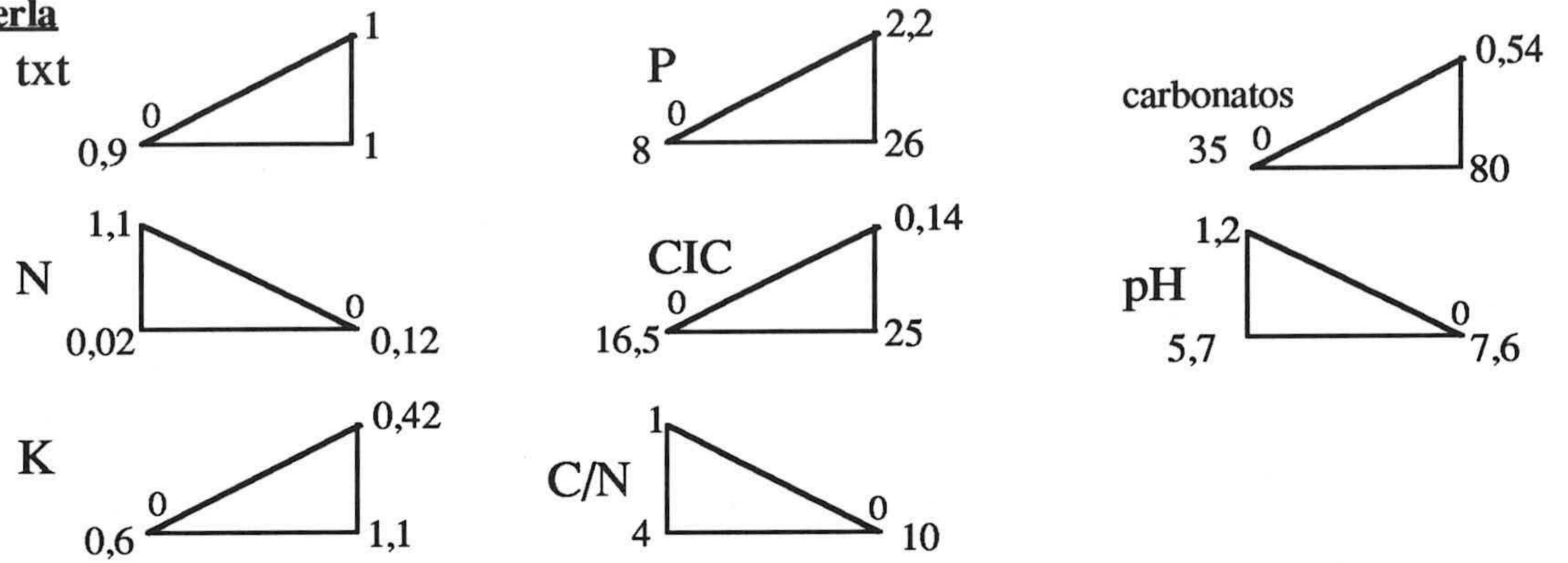
Produccion en kg/mm de la variedad Red Pontiac



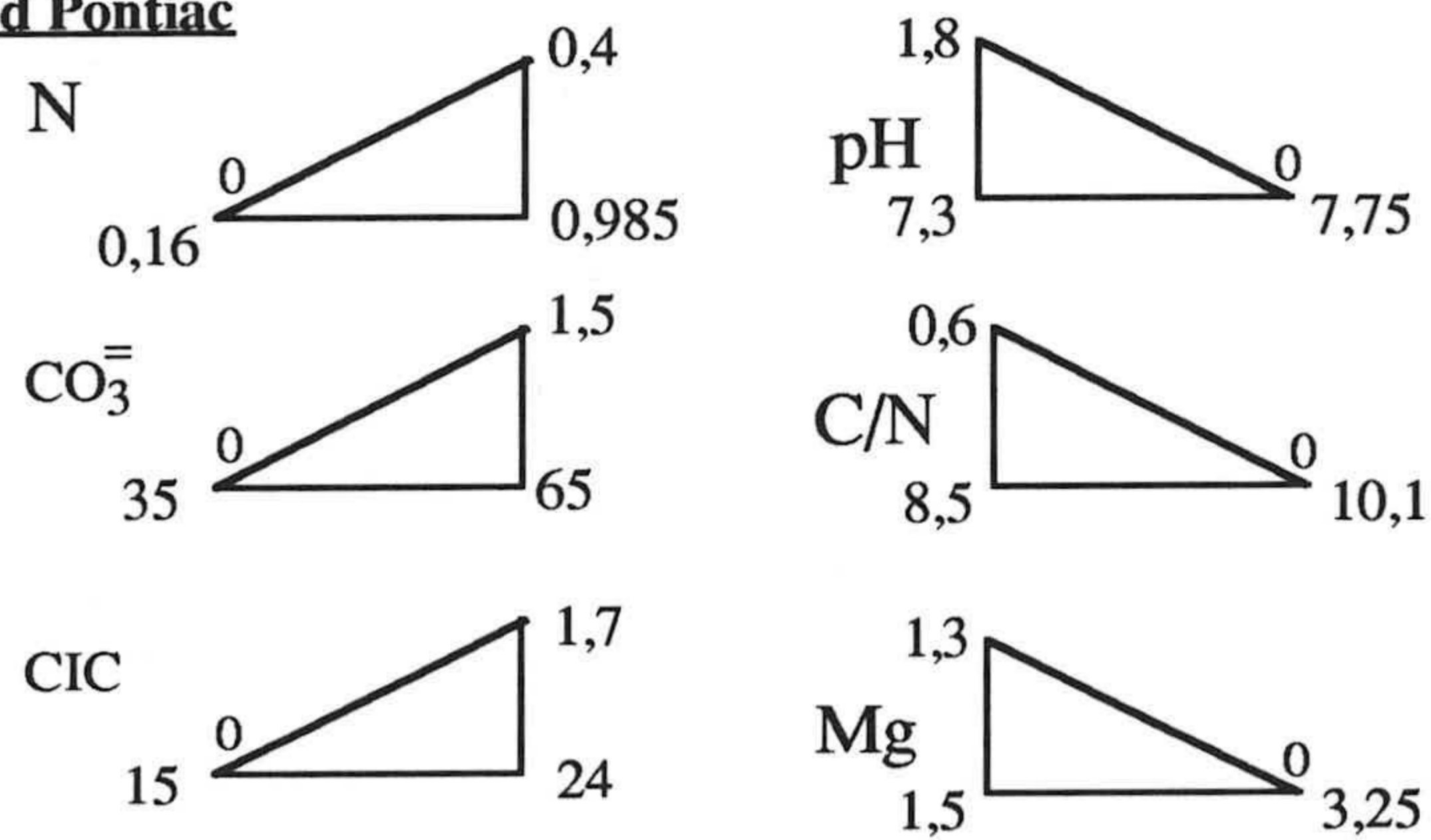


Los parámetros del suelo que influyen significativamente sobre la producción son ligeramente diferentes para cada variedad siendo sus influencias positivas o negativas según los casos como se indican esquemáticamente a continuación:

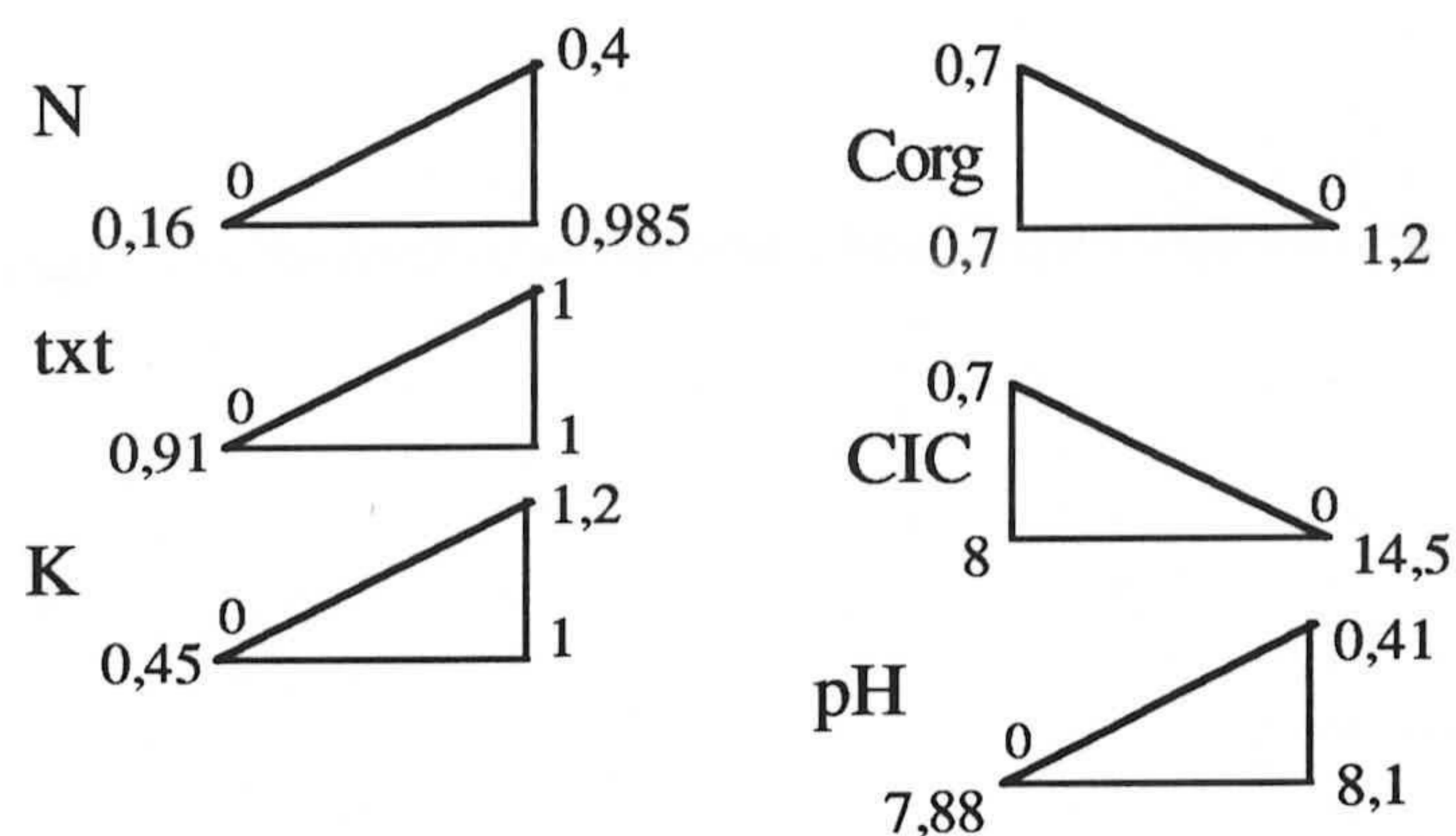
**Variedad . Jaerla**



**Variedad Red Pontiac**



**Resto Variedades**





Para la variedad 1 Jaerla, las texturas francas son las que ejercen una influencia más positiva sobre la producción; los contenidos de Fósforo por encima de 8 ppm; de potasio por encima de 0,6 meq / 100gr; los contenidos de carbonatos superiores al 35%; los suelos con capacidad de intercambio superior a 16,5 meq / 100 gr; pH por debajo de 7,6; los contenidos de nitrógeno inferiores al 0,12% y una relación C/N inferior a 7.

Para la variedad 2, Red Pontiac, influyen positivamente sobre la producción los suelos cuyos contenidos de carbonatos son superiores al 35%; cuya capacidad de intercambio es superior a 15 meq / 100 gr y cuyos niveles de nitrógeno son superiores al 0,16%; pH por debajo de 7,75; Magnesio por debajo de 3,25 meq / 100 gr y una relación C /N inferior a 10.

Para el resto de las variedades, influyen positivamente la texturas francas, los contenidos de potasio superiores a 0,45 meq / 100 gr; de nitrógeno superior al 0,14%; cuyo pH es mayor de 7,88; y cuyos contenidos de carbono orgánico son inferiores al 1,2% y cuya capacidad de intercambio es inferior a 14,5 meq / 100 gr.

En resumen, podemos concluir significando la existencia de parámetros crecientes con la producción como son la textura, carbonatos, y potasio; otros decrecientes como son la relación C /N, pH y otros que se manifiestan en ambos sentidos según la variedad entre los que destacamos el Carbono orgánico, Nitrógeno y la capacidad de intercambio catiónico.

Los valores de cada parámetro más favorables para obtener mayor producción serían en todos los casos

#### **Textura franca**

Contenido de carbonatos > 35 %	pH < 7,7
Contenido de potasio > 0,45 meq / 100 gr	C/N < 10

#### **Según los casos**

N  $\geq$  0,14 %  
CIC  $\geq$  15 meq / 100 gr  
C org  $\geq$  1,25 %



Fósforo > 8 mq / 100 gr

Magnesio < 3,25 meq / 100 gr

Na > 0,3 meq / 100 gr

La contribución relativa de cada factor viene determinada por los coeficientes de las ecuaciones de regresión que serían en valores medios:

$$8,8 \text{ txt} - 0,28 \text{ C/N} + 0,028 \text{ CO}_3^- - 0,91 \text{ pH} + 11 \text{ N} + 1,02 \text{ Corg} + 1 \text{ Na} + 0,9 \text{ K} + 0,05 \text{ CIC}$$

Con lo que la contribución real de cada factor a la producción sería por orden de importancia

$$\text{txt} > \text{pH} > \text{C/N} > \text{CO}_3^- > \text{Corg} > \text{N} > \text{CIC} > \text{K} > \text{Na}$$

Así pues, nuestros resultados coinciden con **Kern ( 1979 )** y **Borin ( 1987 )** en el sentido de que la textura determina las mejores condiciones para el cultivo; siendo la textura franca la que mejor se adecúa a las características del cultivo de la patata.

En suelos más arcillosos, el crecimiento de las raíces y tubérculos puede verse restringido ( **Rusell 1961** )

Otro parámetro importante, el pH, debe mantenerse por debajo del valor 7,7. Este resultado concuerda con las indicaciones de **Smith y Nash ( 1941 )** que cifran en 7,55 el próximo valor de pH que no afecta negativamente a la producción de materia seca del tubérculo.

**Lema ( 1988 )** da, sin embargo, el valor 6 como límite superior de pH para una buena producción.

Parece beneficioso el efecto de los carbonatos en concentraciones elevadas, aumentando el pH del suelo y contrarrestando de alguna manera el efecto del mismo.

El tercer factor en importancia es la relación C/N que según **Lema ( 1988 )** debe estar próxima a 10; aun cuando nuestros resultados indican que debe ser menor a ese valor.

Los niveles encontrados para el Potasio ( > 0,45 - 0,6 mq/100 gr ) son ligeramente



superiores a los indicados por Lema ( 1988 ) que cifraba el valor óptimo entre ( 0,3 - 0,6 meq/100 gr )

Los contenidos de Materia Orgánica y Nitrógeno no son determinantes para la producción en si mismos, sino en cuanto afectan a la relación C/N.

Así se explicaría el hecho de que puedan actuar positiva o negativamente frente a la producción.

Los niveles de nutrientes considerados óptimos por Manrique ( 1982 ) son más bajos a los indicados por Lema ( 1988 )

K - 0,3 - 0,6 meq/100 gr  
Mg - 0,8 - 1,2 meq/100 gr  
P - 5 ppm

que a su vez son ligeramente inferiores a los encontrados en nuestro estudio.

K > 0,45 - 0,6 meq / 100 gr  
Mg < 3,25 meq / 100 gr  
P > 8 mg / 100 gr P<sub>2</sub> O<sub>5</sub>

No obstante, Fósforo y Magnesio parecen contribuir a la producción en determinados casos, siendo su influencia casi nula, en el conjunto global de las producciones.

De las diferentes metodologías estudiadas, cualitativamente la de Lema ( 1988 ) la que mejor se ajusta a nuestros resultados. A nivel cuantitativo, ninguna predice más allá de un 30% de la variabilidad de los datos de producción, cuando el análisis de regresión permite explicar hasta un 60%. Si diferenciamos el estudio por variedades, el método de evaluación integral de Aguilar ( 1988 ) permite predecir sobre un 60% de la variabilidad de la producción para la variedad Jaerla. Sin embargo, el análisis de regresión permite llegar a predecir hasta el 98%.

Esto nos lleva a considerar con ciertas reservas los métodos cuantitativos estudiados, y a destacar la influencia de la variedad, que puede producir diferencias en los datos de producción, de manera que los resultados puedan no ser comparables entre distintas variedades de un mismo cultivo, en este caso de patata.



## **4.2 - Experiencia de regadío**

Como ya se ha indicado en el apartado de metodología, el ensayo de regadío, se llevó a cabo durante los años 1989 y 1990, en una parcela de Dilar cuyas características edáficas se indican en el Anexo I - Suelos.

Se ensayaron dos variedades de patata, Jaerla y Red Pontiac, junto con tres tratamientos de riego, con periodicidad semanal, bisemanal y trisemanal y con dos repeticiones cada uno.

Durante el primer año, se realizaron tres muestreos de suelo y planta correspondientes al inicio de la tuberización, 60% de la floración y madurez, y dos en el segundo, debido a que no se produjo floración a consecuencia del estrés, al comienzo de la tuberización y en la madurez; la planta se separó en tallo, raíz y tubérculo.

En la recolección se obtuvieron los pesos y número de piezas totales y por tamaños longitud menor de 5 cm, entre 5 y 8 cm y mayor de 8 cm para el año 1989 y calibre menor de 30 cm, entre 30 y 45 cm, entre 45 y 80 cm y mayor de 80 cm para el año 1990.

En planta, se analizaron nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, hierro, cobre, manganeso y cinc, junto con los pesos húmedo y seco de tallo, raíz y tubérculo. En suelo se analizaron nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio.

Los resultados obtenidos, se indican en el Anexo I - Riego, con la misma terminología y abreviaturas que se han utilizado para diferenciar los ficheros, y cuya explicación aparecen en el propio anexo.

El tratamiento de los datos se ha realizado aplicando el programa estadístico Statgraphics, diferenciando el estudio estadístico y gráfico de los datos, cada uno de los cuales, pasamos a desarrollar a continuación.



#### **4.2.1 - Resultados Dilar 1989**

Se ha realizado un análisis de la varianza múltiple, utilizando los datos de producción final de tubérculos por un lado, y los datos de los muestreos, por otro.

Como variables de estudio hemos introducido la variedad ( 1 - Red Pontiac y 2 - Jaerla), la periodicidad en el riego, ( Tratamiento A - semanal, Tratamiento B - bisemanal y Tratamiento C - trisemanal ), el volumen de agua aportada con el riego más la lluvia, y los días transcurridos desde la fecha de siembra.

Como quiera que el volumen de agua añadido se distribuye de manera continua, el estudio estadístico no es capaz de discriminar entre los diferentes valores por lo que hemos utilizado el estudio gráfico para obtener más información sobre el comportamiento de esta variable. No obstante, volumen de agua y periodicidad son variables dependientes entre si, de manera que los resultados que se obtienen para una de ellas, son similares a los de la otra.

Debido a estas interrelaciones entre variables, se ha realizado el estudio por partes, considerando en cada caso aquellas variables que fuesen independientes entre si.

En función de esto, hemos realizado varios análisis de la varianza, que vamos a ir considerando por separado y para cada año.

##### **4.2.1.1 - Análisis de la Producción D - 89 - periodicidad en el riego - variedad**

Con los datos de producción del primer año, se realiza un análisis de la varianza, diferenciando los distintos tamaños de tubérculo y utilizando como variables, la periodicidad y la variedad.

Los parámetros evaluados fueron, el peso de tubérculos, el número de piezas, el porcentaje de piezas de cada tamaño, el peso de tubérculo producido por unidad de volumen de agua recibido ( kg/l ), el peso por unidad de superficie ( Kg/m<sup>2</sup> ) y el peso de tubérculo producido por planta.

Los resultados de estos análisis de la varianza se resumen en la gráfica R - 1



Gráfica R- 1. - Analisis de la varianza de las producciones del año 1989 en Dilar en función de la periodicidad y la variedad.

Tamaño Parámetro	45 mm	45-80 mm	80 mm	Total
Peso				
Piezas				
% piezas				
Kg / l				
Kg / m²				
Kg / pl				

X - parámetro significativo al 5% frente a la periodicidad

S - diferencia significativa entre tratamientos



Del estudio del mismo, podemos indicar que existen diferencias significativas al 5% con respecto a la periodicidad, en cada uno de los siguiente parámetros:

-El porcentaje de piezas pequeñas ( calibre < 45 mm ) y el peso por unidad de volumen de agua ( Kg/l ) de las mismas.

-El peso, número de piezas, porcentaje de piezas, peso por unidad de volumen de agua ( Kg/l ), peso por unidad de superficie ( Kg/m<sup>2</sup> ) y peso por planta ( Kg/pl ) de los tubérculos cuyo calibre está comprendido entre 45 - 80 mm ( medianos)

-El peso, número de piezas, porcentaje de piezas, peso por unidad de volumen de agua ( kg/l ), pero por unidad de superficie ( Kg/m<sup>2</sup> ), y peso por planta, ( Kg/pl ) de los tubérculos cuyo calibre es superior a 80 mm ( grandes ).

-El peso, peso por unidad de volumen de agua ( Kg/l ), peso por unidad de superficie ( Kg/m<sup>2</sup> ) y peso por planta ( Kg/pl ) del conjunto de tubérculos.

Ninguno de los parámetros evaluados presenta diferencias significativas al 5% con respecto a la variedad.

La respuesta al riego de las dos variedades, es similar. Sin embargo, la bibliografía consultada es contradictoria en este tema. **Para Lynch ( 1988 )**, la respuesta al stress hídrico es distinta según la variedad; con lo que es posible seleccionar variedades resistentes a la sequía. ( **Shock 1988** )

**Jefferies (1987)** establece que existen diferencias entre variedades en el número de tubérculos por unidad de superficie, mientras que **Trebejo ( 1990 )**, indica que las distintas variedades varían en su eficiencia al agua.

Para **Dwyer ( 1990 )**, sin embargo, los rendimientos se incrementan con el riego, dependiendo de la variedad, aun cuando no encuentra diferencias significativas entre variedades, al igual que **Furunes ( 1990 )**.

Por otro lado, cada tamaño manifiesta un comportamiento diferente con respecto a la periodicidad en el riego. Así, por ejemplo, las piezas pequeñas disminuyen su peso, número, porcentaje frente al total, peso por unidad de volumen de agua añadido ( Kg/l ), peso por unidad de superficie ( Kg/m<sup>2</sup> ) y peso por planta, conforme pasamos del tratamiento TC al tratamiento TA.

El número de piezas pequeñas que se producen con el tratamiento TA, es



significativamente menor, que con el tratamiento TC, y el porcentaje de las mismas respecto al total es significativamente mayor para el tratamiento TC respecto a los otros dos.

En este sentido, el tratamiento TA disminuiría significativamente, el número y el porcentaje de piezas pequeñas frente al tratamiento TC.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por **Minhas (1991)** y **Zaag (1985)** que señalan el incremento del porcentaje de tubérculos pequeños con el estrés hídrico. **Minhas (1991)** cifra este incremento entre el 9 y el 25%, mientras que nuestros resultados son más altos entre el 30 y el 33%.

Los tubérculos medianos ( calibre entre 45 - 80 mm ) aumentan significativamente su peso, peso por unidad de superficie ( Kg/m<sup>2</sup> ) y peso por planta al aumentar la periodicidad en el riego. Sin embargo, en lo que se refiere a número de piezas, porcentaje de las mismas frente al total y peso por unidad de volumen de agua añadido ( kg/l ) el crecimiento significativo se produce entre el tratamiento TC y el TB, disminuyendo entre el TB y TA.

Según esto, la periodicidad bisemanal aportaría más piezas de tamaño mediano que las otras dos y en concreto, más que la trisemanal, cuya producción es significativamente más baja.

Es de destacar, el aumento de peso y número de piezas de tubérculos medianos con el riego. Según **Kamla (1984)** el riego incrementa la producción de tubérculos medianos. En el mismo sentido, se manifiestan diferentes autores **Roth (1987)**, **Guarda (1987)**, **D'amato (1989)**, **Pisa (1989)**.

Para **Dwyer (1990)**, sin embargo, el rendimiento se incrementa con el riego, debido al mayor número de tubérculos y a la mayor proporción de los de tamaño comercial, aunque las diferencias encontradas no son estadísticamente significativas.

Para **Vetter (1988)**, el riego incrementa la producción, por el aumento del peso de los tubérculos, más que por el incremento del número de tubérculos por planta. De la misma manera, según **Ekeberg (1986)**, el riego aumenta el tamaño, pero no el n<sup>o</sup> de los tubérculos.

Nuestros resultados, ponen de manifiesto que además del peso, el riego produce un



aumento en el número de tubérculos de tamaño comercial.

Los tubérculos grandes ( calibre mayor de 80 mm ) aumentan significativamente su peso, número de piezas, porcentaje de piezas frente al total, peso por unidad de volumen de agua añadida ( Kg/l ), peso por unidad de superficie ( Kg/m<sup>2</sup> ) y peso por planta ( Kg/pl ) con el aumento de la periodicidad en el riego, siendo el incremento más significativo al pasar del tratamiento TB al TA.

En el conjunto de la producción, aumenta de manera significativa, el peso de los tubérculos, el peso por unidad de superficie ( Kg/m<sup>2</sup> ) y el peso por planta, con el aumento de la periodicidad; el número de piezas crece también, pero no de manera significativa, y el peso por unidad de volumen ( Kg/l ), es significativamente menor para el tratamiento TC frente a los otros dos.

A la vista de estos resultados, podemos concluir que el riego con una periodicidad bisemanal producirá mayor número de piezas de tamaño mediano, mientras que la semanal produce mayor número de piezas y peso de tubérculos de tamaño grande.

La mayor periodicidad en el riego, produce mayor número y peso de tubérculos grandes y mejora el rendimiento de tubérculos totales. Estos resultados, están de acuerdo con los trabajos de **Guarda (1987)**, **Silva (1988)** y **D'Amato (1989)**, de manera específica.


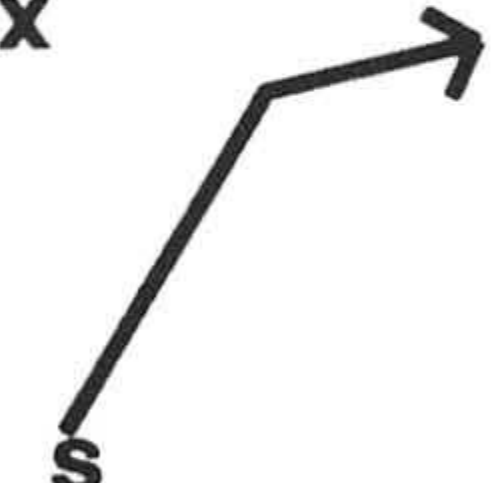

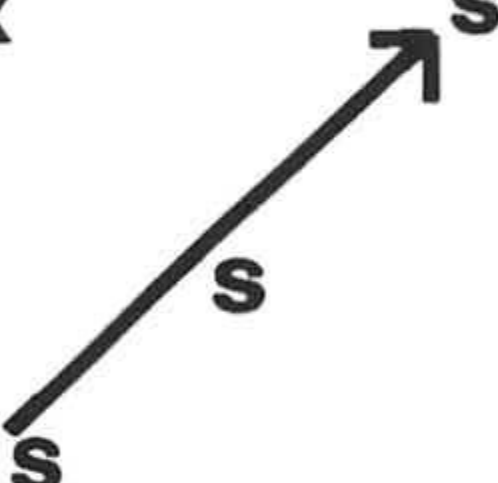







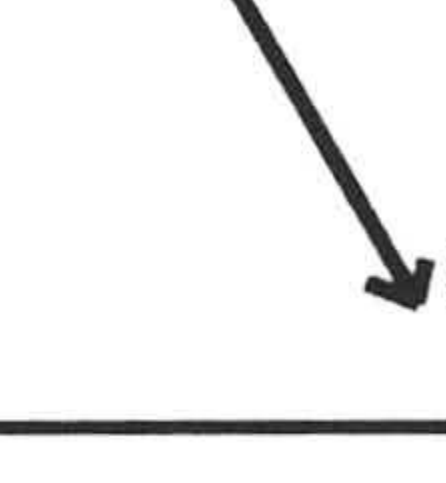



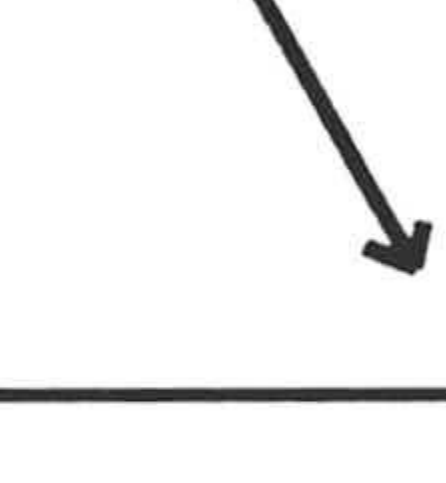
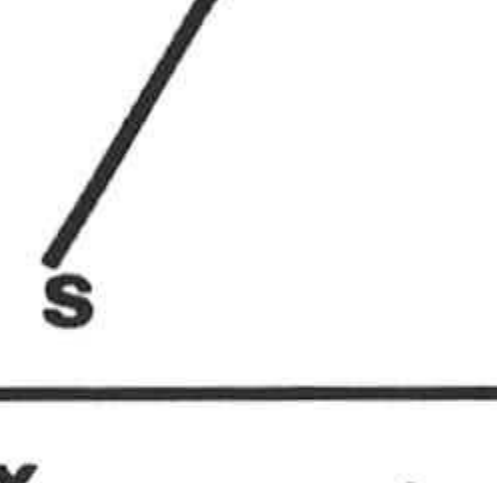

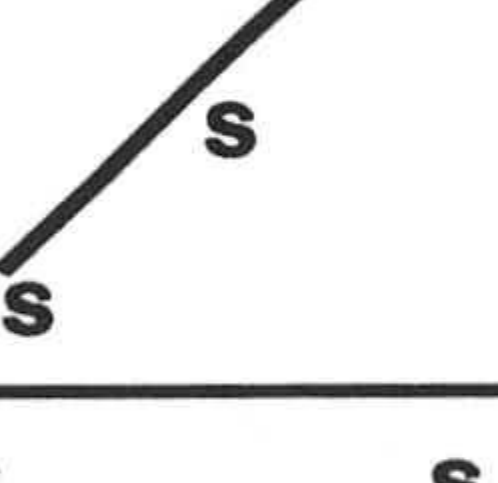
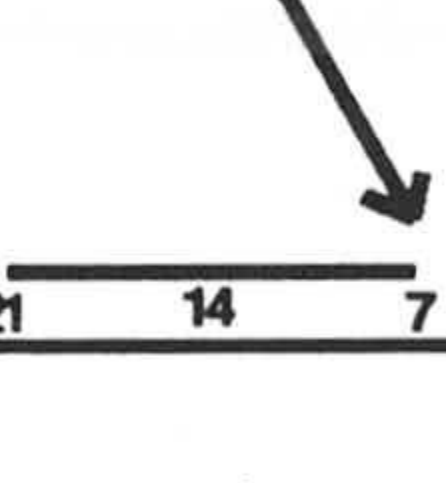
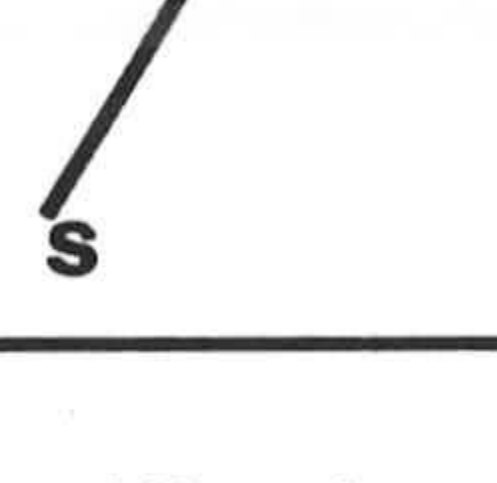

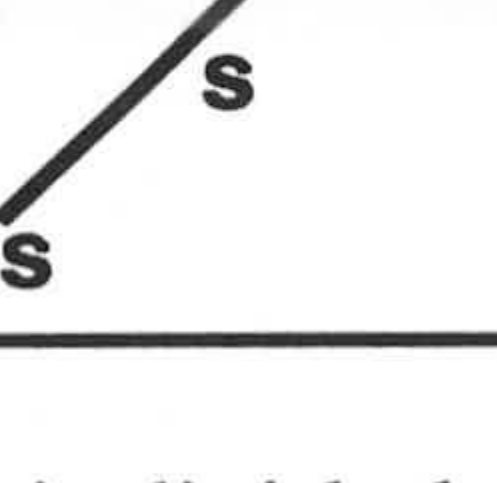
En términos generales, podemos indicar que el riego aumenta la producción, siendo varios los autores que se manifiestan en este sentido **Popescu (1986)**, **Roth (1987)**, **Vetter (1988)**, **Raghuwanski (1991)**.

**Reust (1989)**, cifra el aumento de producción con el riego entre el 0 y el 35%. En nuestras experiencias se pone el manifiesto que el aumento de la producción puede ser más elevado.

El estudio de la producción frente a la periodicidad se ha realizado, asimismo, considerando cada variedad separadamente. Los resultados aparecen reflejados de forma resumida en las gráficas R -2 para la variedad 1 y R - 3 para la variedad 2.



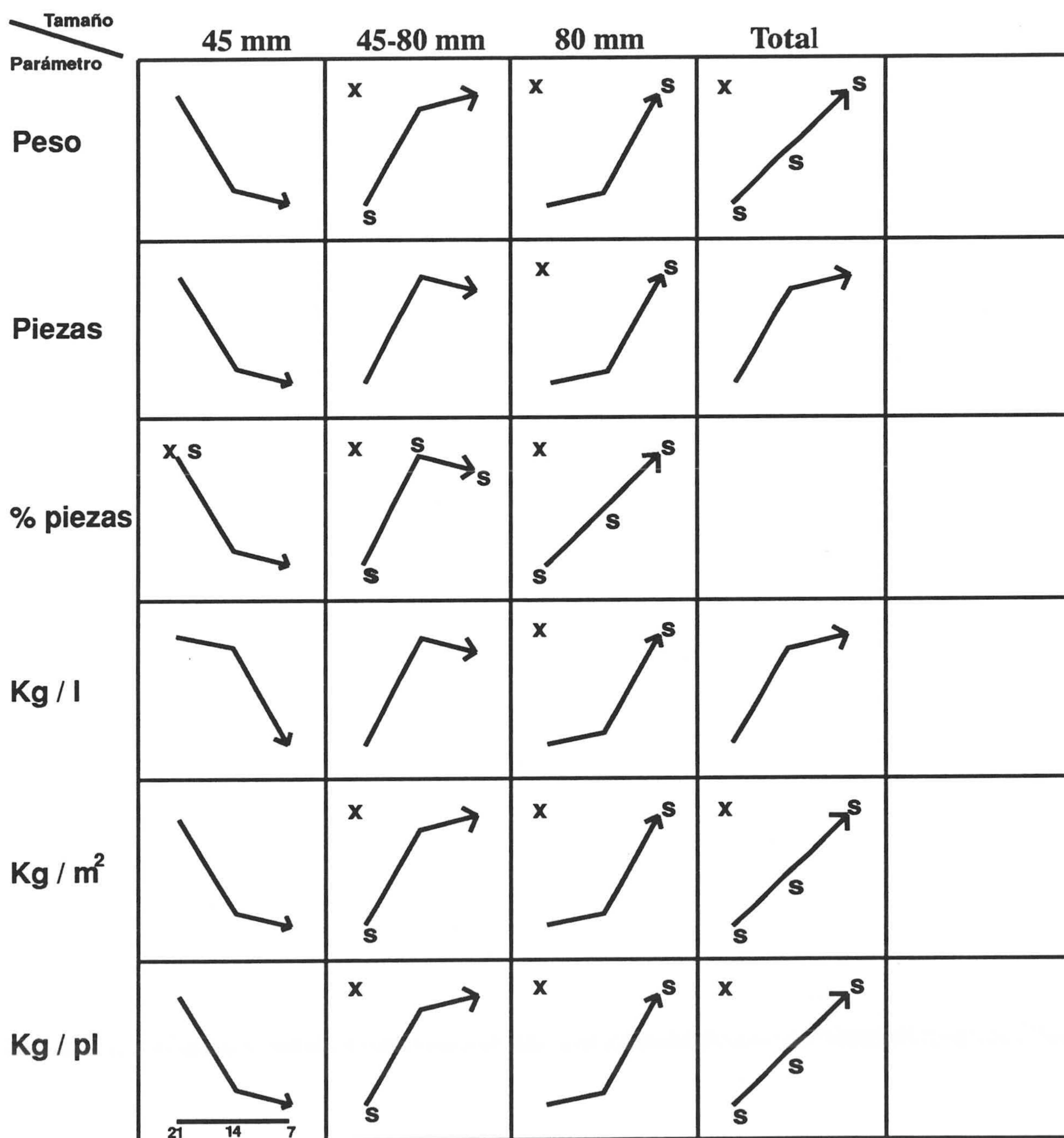
Gráfica R - 2. - Análisis de la varianza de las producciones del año 1989 en Dilar en función de la periodicidad. ( Variedad Red Pontiac )

Tamaño Parámetro	45 mm	45-80 mm	80 mm	Total
Peso				
Piezas				
% piezas				
Kg / l				
Kg / m <sup>2</sup>				
Kg / pl				

X - parámetro significativo al 5% frente a la periodicidad  
 S - diferencia significativa entre tratamientos



Gráfica R - 3. - Análisis de la varianza de las producciones del año 1989 en Dilar en función de la periodicidad. ( Variedad Jaerla )



X - parámetro significativo al 5% frente a la periodicidad  
 S - diferencia significativa entre tratamientos



Como podemos comprobar, las dos variedades tienen un comportamiento similar en su respuesta a la periodicidad en el riego, y la única diferenciación estriba en la respuesta significativa frente a la periodicidad del porcentaje de piezas de tamaño pequeño y mediano, que existe para la variedad 2 y no para la 1.

En lo demás, las dos variedades manifiestan diferencias significativas al 5% frente a la periodicidad en el riego, para los parámetros siguientes:

- Peso total de tubérculos, peso de tubérculos grandes y medianos;
- Número de piezas de tubérculos grandes y porcentaje de las mismas frente al total de piezas.
- Peso por unidad de volumen de agua añadida ( Kg/l ), de tubérculos grandes.
- Peso por unidad de superficie ( Kg/m<sup>2</sup> ) de tubérculos medianos, grandes y totales.
- Peso por planta de tubérculos medianos, grandes y totales.

Por tamaños, destaca la disminución de todos los parámetros estudiados, peso, piezas, etc, de tubérculos pequeños conforme pasamos del tratamiento TC al TA.

El peso de tubérculos medianos, es significativamente más pequeño para el tratamiento TC, que para los otros dos. Para este tamaño, y en lo que se refiere a número de piezas, porcentaje de las mismas frente al total, y peso por unidad de volumen de agua ( Kg/l ) se alcanza un máximo de producción con el riego bisemanal, de manera que una mayor periodicidad, disminuye los rendimientos.

Para los tubérculos grandes, el crecimiento con la periodicidad de riego se produce de manera lineal, siendo los incrementos de producción estadísticamente significativos. Así pues, el riego semanal, logra una producción de tubérculos grandes, significativamente mayor que los otros dos tratamientos.

Estos resultados son coincidentes, con los indicados anteriormente para el caso general y reflejados en la gráfica R - 1.



### Producción D - 89 - Volumen de agua - Variedad

Como quiera que los tres tratamientos de riego ensayados, condicionan que cada parcela reciba un volumen diferente de agua, hemos considerado que la variable volumen de agua ( riego más lluvia ) debe ser, en último extremo, el factor determinante de la variabilidad de la producción y es por lo que, procedimos a su análisis junto a la variedad.

Los resultados del análisis de la varianza referidos a los datos de producción final, se reflejan en el cuadro número 4, en donde solamente se indican aquellos parámetros que presentan diferencias significativas al 5% frente al volumen de agua ( en litros ), para lo que utilizamos el símbolo " I ", y el símbolo " v " para indicar las diferencias significativas entre variedades, y los subíndices 12 si el valor de la variedad 1 es superior al de la 2 y 21 si ocurre a la inversa.

**Cuadro R1 - Tabla de significación al 5% de los datos de producción de tubérculos de diferentes tamaños frente a los litros de agua recibidos y la variedad.**

Tamaño Parámetro	45 mm	45-80 mm	80 mm	Total
Peso		I	I	I
Piezas	I		I	
% piezas	I		I	
Kg / l riego	I		I V <sub>12</sub>	
Kg / l total	I		I V <sub>12</sub>	I
Kg / m <sup>2</sup>		I	I	I
Kg / pl		I	I	I

Es de destacar que todos los parámetros estudiados, para los tubérculos de calibre superior a 80 mm( grandes ), varían significativamente con el volumen de agua añadida,



lo que pone de manifiesto, la influencia del riego sobre la producción de tubérculos grandes.

Para los tubérculos de tamaño intermedio, la influencia de agua añadida se manifiesta sobre el peso de los mismos, mientras que para los tubérculos pequeños la influencia del agua aportada se manifiesta sobre el número de piezas.

La mayoría de los autores consultados, indican el aumento de la producción de tubérculos comerciales con el riego. **Roth (1987)**, **Pisa (1989)**, **D'Amato (1989)**, **Dwyer (1990)**, sin hacer referencia específica a los diferentes tamaños de tubérculos.

**Guarda (1987)** puntualiza más, al indicar que el aumento en la cantidad de agua aportada favorece la formación de tubérculos medianos ( 40 - 60 mm ) y grandes ( mayor de 60 mm ).

En nuestro caso, el agua ejerce un efecto positivo en el aumento del peso de tubérculos medianos y grandes y del número de piezas de tubérculos grandes.

Hay que resaltar, la no existencia de diferencias significativas respecto a la variedad de los diferentes parámetros estudiados, salvo en el peso por unidad de volumen de agua ( kg/l ) de tubérculos grandes en que la variedad Red Pontiac, supera significativamente a la variedad Jaerla.

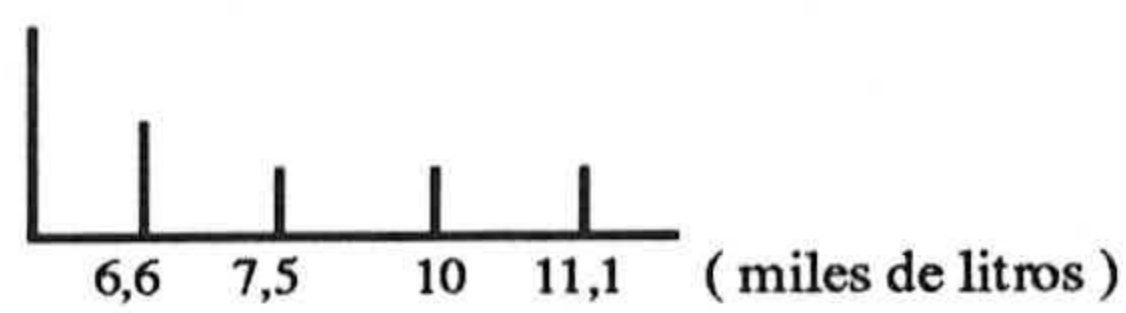
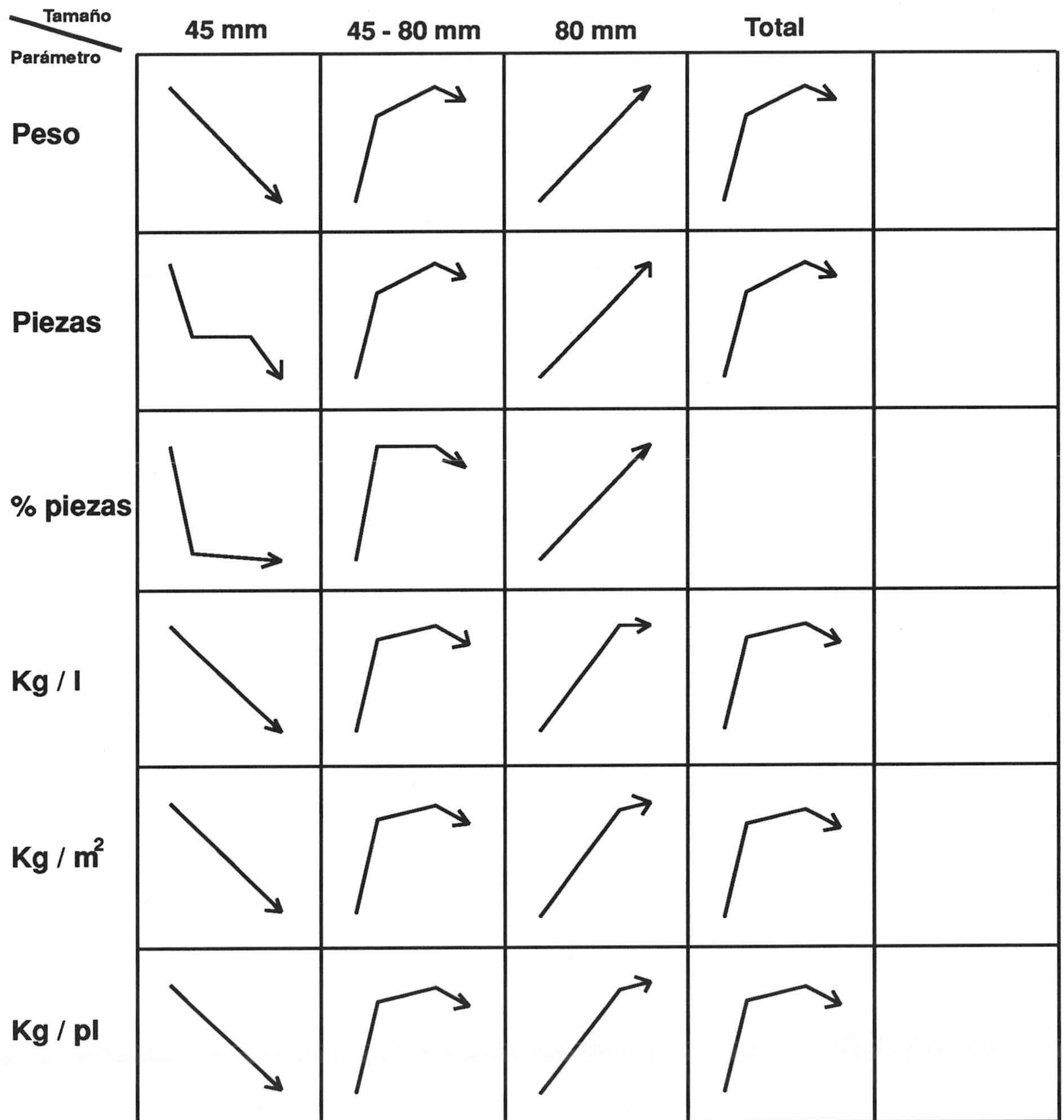
Asimismo, hay que señalar, que aunque no de manera estadísticamente significativa, la variedad 1 supera a la 2 en todos los parámetros salvo en el número de piezas, de tamaño pequeño, medianas y totales.

Estas pequeñas diferencias son las que confirmarían las hipótesis de **Lynch (1988)**, y **Trebejo (1990)** al señalar la diferencia existente entre variedades en su respuesta al estrés hídrico.

Los resultados anteriores establecidos de manera estadística, pueden visualizarse de forma gráfica. En las gráficas R 4 y R 5, se representan las variaciones de la producción de los diferentes tamaños de tubérculos en función de los litros de agua añadidos y para cada una de las variedades .

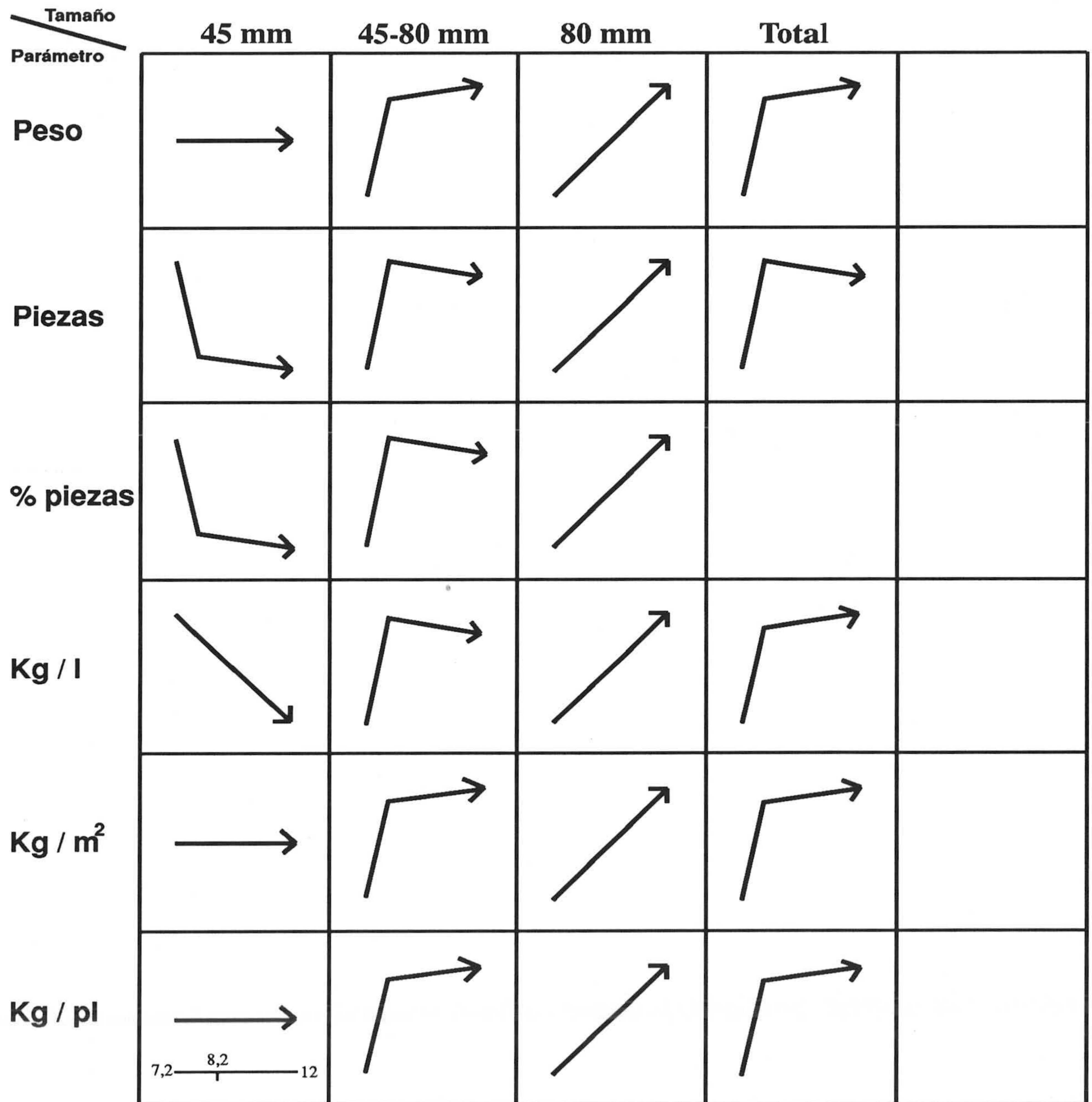


Gráfica R- 4. - Gráficas de variación de la producción de la Variedad Red Pontiac en función del volumen de agua aportados en litros. ( Dilar 1989 )





Gráfica R- 5. - Gráficas de variación de la producción de la Variedad Jaerla en función del volumen de agua aportados en litros.( Dilar 1989 )





De las mismas destacamos: La disminución de la producción de tubérculos pequeños para la variedad 1 y más escasa para la 2; el aumento inicial de la producción de tubérculos medianos con el riego para luego disminuir cuando los niveles de agua aportada son más elevados; el aumento prácticamente lineal de producción de tubérculos grandes con el riego; las variaciones de la producción de tubérculos totales vienen condicionadas por los tubérculos medianos que se encuentran en mayor proporción.

La efectividad al agua varía entre 4,5 y 2,5 Kg/m<sup>3</sup>. Estos valores coinciden con los de **Trebejo (1990)** que da valores entre 3,9 y 4,2 kg/m<sup>3</sup> y son más bajos que los indicados por otros autores, **Janiesson (1987)** ( 4,5 - 5 kg/m<sup>3</sup> ), **Jana (1989)** ( 5,25 - 7 Kg/m<sup>3</sup> ), y **Slusarczy (1984)** (11,9 Kg/m<sup>3</sup>).



**Ecuaciones de las producciones frente a la periodicidad**

Las variaciones de la producción de tubérculos frente a la periodicidad y los litros siguen modelos lineales para los tubérculos grandes y modelos multiplicativos para los medianos y totales, siendo las ecuaciones que se ajustan a los datos, las indicadas en la tabla siguiente.

**Variedad Red Pontiac**

	signif.	Coef correl	R <sup>2</sup>
piezas calibre ( 80 )= 390,003 p - 19,287	0,03%	0,97	94,02%
peso calibre (45-80 )= 168,8. p <sup>0,8664</sup>	2%	0,83	69,27%
peso calibre ( 80 ) = 98,49 p - 4,49	0,01%	0,98	95,42%
peso total = 184,93 . p <sup>0,7252</sup>	0,4%	0,91	82,73%
peso (calibre 45) = 1 / ( 0,811 p + 0,0838)	1%	0,87	75,11%

**Ecuaciones de las producciones frente a los litros**

piezas calibre (80)= 0,00967 lt - 64,0067	0,004%	0,99	97,24%
peso calibre (45-80) = 3,9 . 10 <sup>-7</sup> lt <sup>1,9677</sup>	2,51%	0,82	66,60%
peso calibre (80) = 0,0024 lt - 16	0,008%	0,98	96,46%
peso total = 9,56 . 10 <sup>-6</sup> lt <sup>1,6619</sup>	0,57%	0,90	80,99%
peso calibre (45) = 1 / (2,04 . 10 <sup>-5</sup> lt - 0,011)	0,68%	0,89	79,72%



**Ecuaciones de las producciones frente a la periodicidad****Variedad Jaerla**

	signif.	Coef correl	R <sup>2</sup>
piezas calibre (80) = 557,232 p - 28,3169	0,1%	0,97	94,89%
peso calibre (45-80) = 123 p <sup>0,6928</sup>	2,8%	0,86	73,60%
peso calibre (80) = 143,679 p - 7,3277	0,04%	0,98	96,69%
peso total = 246,83 p <sup>0,8105</sup>	0,59%	0,94	87,68%

**Ecuaciones de las producciones frente a los litros**

piezas calibre (8) = 0,01098 lt - 79,967	0,02%	0,99	97,78%
peso calibre (45-80) = 9,7 . 10 <sup>-5</sup> lt <sup>1,3515</sup>	4,97%	0,81	65,93%
peso calibre (80) = 0,0028 lt - 20,53	0,006%	0,99	98,76%
peso total = 1,2 . 10 <sup>-5</sup> lt <sup>1,62457</sup>	1%	0,91	82,92%

De las mismas, se deduce que el comportamiento de las dos variedades es similar, de manera que para producir tubérculos grandes el intervalo entre riegos debe ser inferior a 19 días, y el número de litros aportados a cada parcela de 6.720 y 7.370 litros para la variedad 1 y 2, respectivamente; mientras que la producción de tubérculos medianos se inicia a partir de 1.800 y 930 litros por parcela para la variedad 1 y 2, respectivamente.



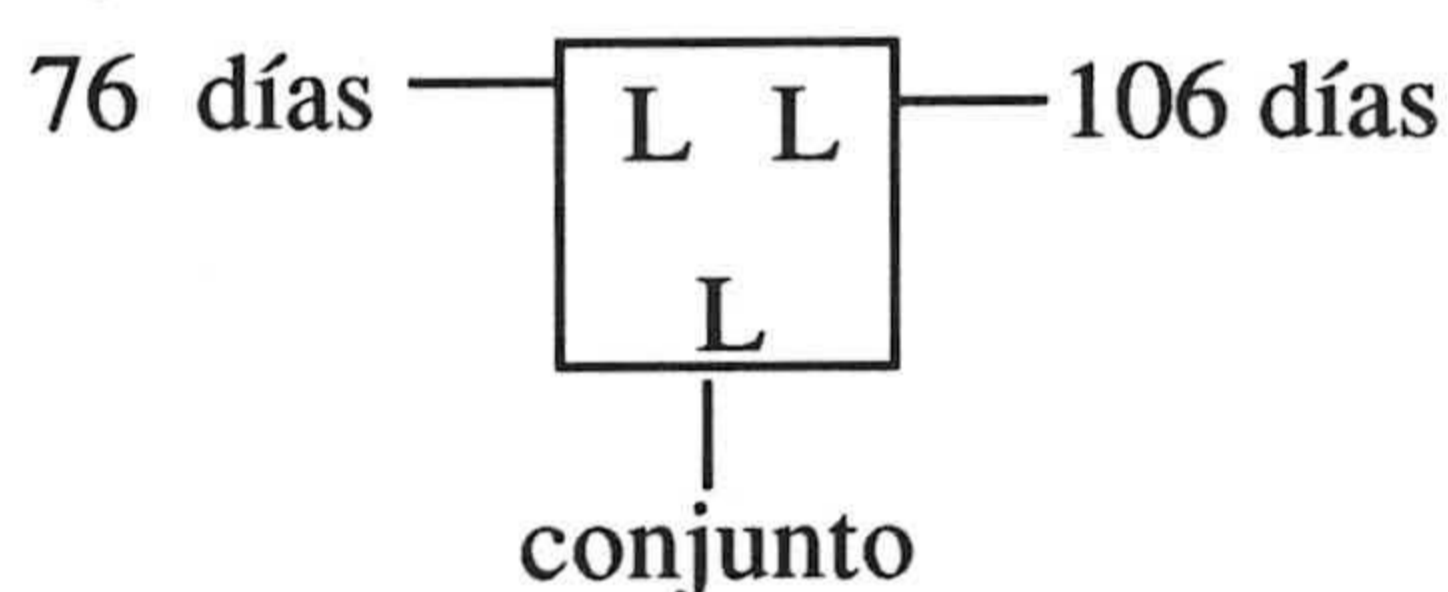
#### 4. 2. 1. 2 - Análisis del crecimiento

##### Crecimiento - Evolución frente al volumen de agua y la variedad

Los resultados de producción final deberían relacionarse con las variaciones en la composición de suelo y planta a lo largo del crecimiento. Para ello y como quiera que disponemos de los niveles de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio, Hierro, Cobre, Manganeso y Cinc, así como de los pesos húmedo y seco de tallo, raíz y tubérculo, tanto a los 76 días ( 60% de la floración ) y a los 106 días después de la siembra ( madurez ) junto con los niveles de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio en suelo, hemos procedido a su estudio según un análisis de la varianza en función del volumen de agua añadido por planta ( en litros ) y de la variedad.

Los resultados se reflejan en los cuadros R 5 ( para los litros ) y R 6 ( para la variedad), en donde se indican las diferencias significativas al 5% según la notación siguiente.

L - Resultado significativamente distinto al 5% con respecto al volumen de agua ( litros ) a los 76 días y 106 días después de la siembra y en el conjunto de los datos.



A los 76 días ( 60% de floración ), existen diferencias significativas frente a los litros de agua añadidos en: Los pesos húmedo y seco de tallo, tubérculo y raíz y en los contenidos totales de todos los elementos estudiados en el tallo, tubérculo y planta, así como en los contenidos totales de Nitrógeno, Potasio y Magnesio de la raíz.

El peso seco de la planta, así como el peso seco de planta por unidad de volumen de agua añadido y el peso de tubérculo ( tanto húmedo como seco ) por unidad de volumen de agua añadido también presentan diferencias significativas frente a los litros.

A los 106 días ( madurez ), el volumen de agua añadido parece ejercer menos influencia sobre las variaciones de los contenidos de nutrientes de la planta, aún cuando afecta significativamente a los contenidos de Fósforo y Potasio del tallo ;de Nitrógeno, Fósforo, Magnesio, Hierro y Manganeso del tubérculo; de Nitrógeno, Hierro y Manganeso de la raíz y de Nitrógeno, Fósforo y Magnesio de la planta completa.



Considerando el conjunto de todos los datos, el volumen de agua añadido afecta significativamente a la composición porcentual de todos los elementos estudiados en el tallo menos el Cinc; a la composición porcentual y contenidos totales de todos los elementos estudiados en el tubérculo, junto a los pesos del mismo; a la composición porcentual y contenidos totales de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Cobre y Cinc de la raíz, junto a los pesos de la misma, y a los contenidos totales de todos los elementos estudiados en la planta completa.

**Cuadro R 2 - Diferencias significativas al 5% de los constituyentes de planta y suelo a los 76 y 106 días y en conjunto frente a los litros. ( Dilar 1989 )**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N	I	I	I	I (X)	I	I	I (X)	
P	I	I I	I	I I	I	I	I I	
K	I	I I	I	I	I	I	I	
Mg	I	I	I	I (X)		I	I I	
Fe	I	I		I I	I	I	I	
Cu	I	I	I	I	I	I	I	
Mn	I	I	I	I I		I	I	
Zn		I	I	I	I		I	gr ptSII
PH	I		I		I			gr ptHII
PS	I		I		I			gr ItcII
%PS	I		I		I			Peso S planta



Como se observa en el cuadro R 2, la incidencia del agua añadida es más significativa sobre el conjunto y partes de la planta, en la floración que en la madurez, siendo esta mayor influencia en etapas iniciales del crecimiento del tubérculo la que condiciona el efecto sobre el conjunto del crecimiento de la planta.

La incidencia del riego y del estres hídrico en las distintas etapas del desarrollo de la planta, han sido analizados por diferentes autores, siendo sus conclusiones prácticamente similares.

Así **Jana (1989)**, indica que el estres hídrico al comienzo y durante la tuberización disminuye los rendimientos, mientras que al final de la tuberización y hasta la madurez, no afecta a los mismos.

Para **Minhas (1991)**, la mayor reducción de los rendimientos con el estres hídrico, se produce al inicio de la tuberización. Los rendimientos se reducen del 30 al 65% y se incrementa el porcentaje de tubérculos pequeños desde un 9 a un 25%.

El efecto del estres de agua, puede hacerse evidente, relativamente pronto. Según **Trebejo (1990)** a los 28 días después de la siembra ya se manifiesta en la acumulación de materia seca y con el acortamiento de la planta.

La incidencia del estres hídrico, no solamente afecta al rendimiento, sino que se manifiesta en las diferentes partes de la planta. El estres de agua, reduce el área de la hoja y el peso de la parte leñosa, debido a la reducción, en parte, de la longitud de hoja, tallo y raíz. **Ojala (1990)**

**Martin (1992)** establece, a su vez, que la sequía durante el crecimiento final del tubérculo reduce los rendimientos hasta un 20%, por disminución del tamaño y número de tubérculos.

Este autor establece ecuaciones de rendimiento relativo en función del déficit hídrico, diferenciando las etapas de prefloración y postfloración y considerando a ésta con mayor sensibilidad a la sequía.

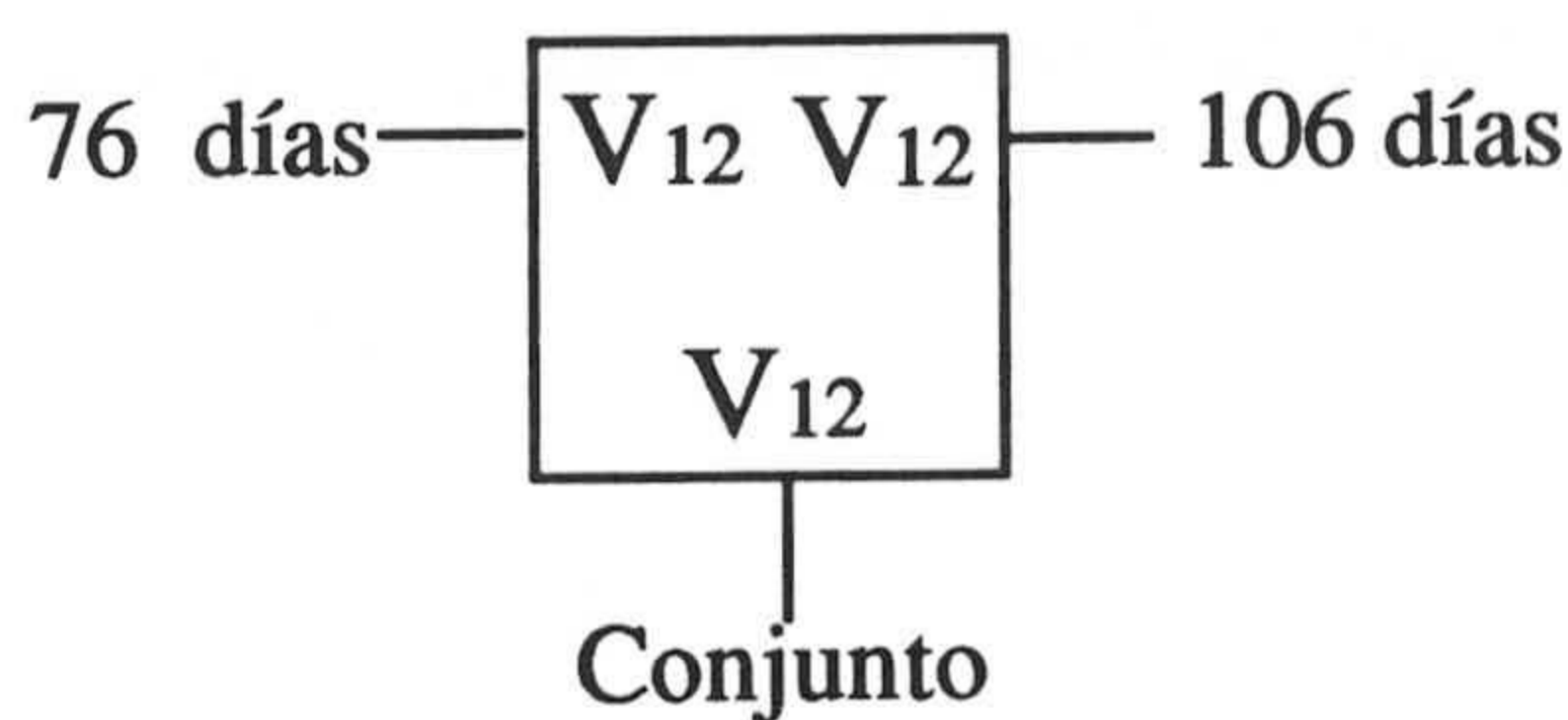
( Prefloración )    Rendimiento relativo =  $1,002 - 0,00107$  Déficit máximo

( Postfloración )    Rendimiento relativo =  $0,976 - 0,00263$  Déficit máximo



**Cuadro R 3 - Diferencias significativas al 5% de los constituyentes de planta y suelo a los 76 y 106 días y en conjunto frente a la variedad.( Dilar 1989 )**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N				V <sub>12</sub>	V <sub>21</sub> V <sub>21</sub>			
P		V <sub>12</sub>		V <sub>12</sub> V <sub>12</sub>		V <sub>12</sub>	V <sub>12</sub>	
K			V <sub>12</sub>	V <sub>12</sub> V <sub>12</sub>		V <sub>12</sub> V <sub>12</sub> V <sub>12</sub>	V <sub>12</sub> V <sub>12</sub>	V <sub>12</sub>
Mg			V <sub>12</sub>	V <sub>12</sub> V <sub>12</sub>		V <sub>12</sub> V <sub>12</sub> V <sub>12</sub>	V <sub>12</sub>	
Fe							V <sub>12</sub>	
Cu	V <sub>12</sub>	V <sub>12</sub>				V <sub>12</sub>	V <sub>12</sub>	
Mn	V <sub>21</sub>		V <sub>21</sub>		V <sub>12</sub>	V <sub>12</sub> V <sub>12</sub> V <sub>12</sub>		
Zn				V <sub>12</sub>		V <sub>12</sub>	V <sub>12</sub>	gr p <sub>12</sub> V <sub>12</sub>
PH					V <sub>12</sub> V <sub>12</sub>			gr p <sub>12</sub> V <sub>12</sub>
PS			V <sub>12</sub> V <sub>12</sub>		V <sub>12</sub> V <sub>12</sub> V <sub>12</sub>			gr kcl V <sub>12</sub> V <sub>12</sub>
%PS	V <sub>21</sub>		V <sub>12</sub>					Pero S planta V <sub>12</sub> V <sub>12</sub>





Según nuestros resultados la mayor sensibilidad frente al agua se produce en la floración y menos en la madurez, ajustándose el comportamiento general de la mayor parte de las plantas.

La influencia de la variedad, que no se manifiesta sobre la producción final, como vimos anteriormente, queda reflejada en el cuadro R 3, en donde se aprecia que no existe ningún componente de la planta que diferencie significativamente a las dos variedades.

No obstante, hay que señalar que en todos los parámetros en los que se producen diferencias significativas a causa de la variedad, los contenidos en la variedad 1 son significativamente mayores que en la variedad 2, salvo en el porcentaje de Manganeso en el tallo y tubérculo y en el de Nitrógeno de la raíz, en donde la variedad 2 es mayor que la variedad 1.

Fundamentalmente, son los pesos húmedo y seco de la raíz, y el peso seco del tubérculo, los que al ser significativamente diferentes entre las dos variedades, condicionan el hecho de que los contenidos totales de algunos elementos sean diferentes entre las dos variedades, pero las diferencias no son debidas a los contenidos porcentuales de cada elemento. Así, solamente los porcentajes de Cobre y Manganeso en el tallo y de Nitrógeno en la raíz son significativamente diferentes entre las dos variedades.

Los contenidos totales de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio en el tubérculo, consideramos que presentan diferencias significativas entre las dos variedades por la influencia del peso seco del tubérculo. Igualmente ocurriría con los contenidos totales de Potasio, Magnesio, Cobre, Manganeso y Cinc de la raíz.

Son fundamentalmente, tubérculo y raíz los que presentan más diferencias en su composición entre las dos variedades, siendo en la madurez donde se manifiestan en mayor extensión y destacando los elementos Potasio, Magnesio, Cinc y Manganeso, entre otros, como los causantes de las diferencias observadas.



### **Crecimiento - Evolución frente a los días después de la siembra**

Como quiera que la planta de patata en su desarrollo vegetativo, se ve afectada por otros factores, aparte de los indicados en este estudio, es conveniente delimitar la situación de cada uno de los parámetros de estudio en diferentes días o etapas de desarrollo de la planta, al objeto de poder hacer comparaciones sobre la influencia de cada factor.

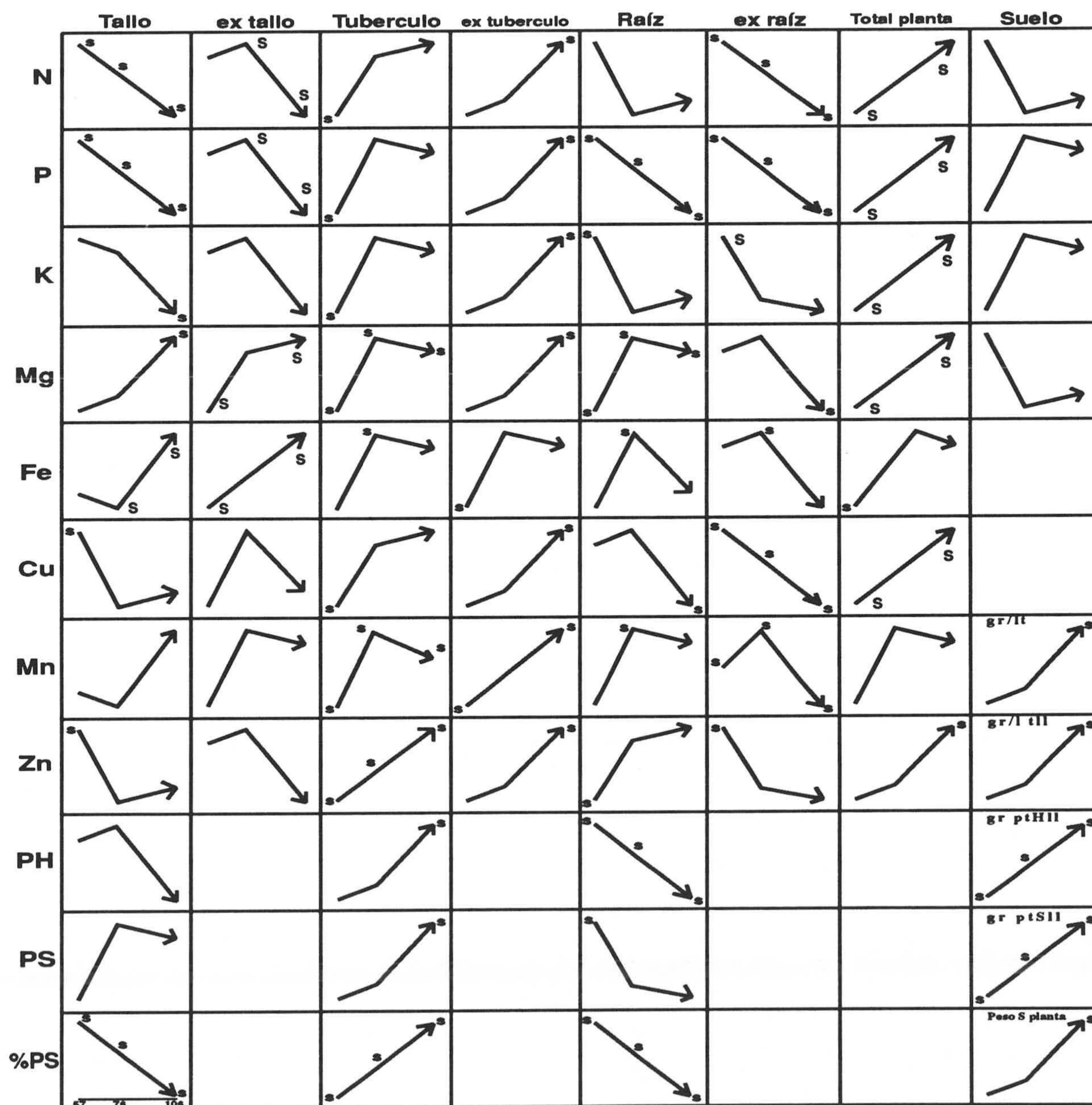
En nuestro caso, una vez analizados la variedad, la periodicidad y el volumen de agua como causas de variación, hemos creído conveniente estudiar la evolución de la planta en relación a los días después de la siembra. Para ello se realizó un análisis de la varianza de los contenidos elementales en las diferentes partes de la planta, frente a la variedad y a los días después de la siembra.

Este estudio, se resume esquemáticamente en las gráficas R -6 para la variedad 1, y R-7 para la variedad 2, y que pasamos a comentar a continuación.



**Gráfica R - 6 - Análisis estadístico - gráfico de los datos de planta y suelo , en función de los días desde la siembra. ( 57, 76, 106 ) para la Variedad Red Pontiac. ( Dilar 1989 )**

En ordenadas se representan los contenidos de cada elemento y en abscisas los días transcurridos desde la siembra.



S - diferencia significativa al 5% entre tratamientos.



En lo que se refiere a los pesos húmedos y secos, el de la raíz es significativamente decreciente, con el crecimiento de la planta, mientras que los de los tubérculos son crecientes y los del tallo tienen su máximo desarrollo a los 76 días. Los porcentajes de peso seco de tallo y raíz son decrecientes, mientras que los de los tubérculos son crecientes. Estos resultados son lógicos, pues la patata desarrolla inicialmente su parte aérea y los tubérculos crecen a la vez que la parte aérea se empobrece.

En este sentido son interesantes los trabajos de Millard (1989) con la introducción de N<sup>15</sup> en diferentes etapas de desarrollo de la planta de patata. De sus conclusiones, destacamos el hecho de que durante los últimos 28 días de crecimiento, el contenido de nitrógeno se elevaba en los tubérculos y que estas elevaciones se producen, fundamentalmente, a partir del Nitrógeno contenido en la propia planta, y no tanto, por el suministrado por el suelo, o fertilización, en ese momento.

El comportamiento de los pesos condiciona, generalmente, las extracciones de los diferentes elementos, con algunas excepciones. Así, como el peso de tallo es máximo en la floración (76 días), los contenidos totales de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Cobre, Manganeso y Cinc siguen el mismo comportamiento. Solamente el Magnesio y el Hierro manifiestan un comportamiento diferente.

En general, podemos decir que los contenidos totales del tallo vienen condicionados, fundamentalmente, por el peso del mismo

Otro tanto igual, podemos decir para el tubérculo, cuyo peso húmedo y seco es creciente con los días, lo que hace que los contenidos totales de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio, Cobre, Manganeso y Cinc sean igualmente crecientes. Aquí, igualmente, el Hierro manifiesta un comportamiento distinto.

En lo referente a la raíz, el hecho de que los pesos sean decrecientes hace que en general, los contenidos totales de los distintos elementos sean decrecientes, salvo para el Magnesio, Hierro y el Manganeso.

En el conjunto de la planta, los contenidos totales son crecientes, salvo para el Hierro y el Manganeso que alcanzan su máximo a los 76 días.

Siguiendo con el estudio de la evolución de las diferentes partes de la planta, observamos en el tallo cuatro tipos de comportamientos diferentes: Los porcentajes de



Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Cobre y Cinc en el tallo y el porcentaje del peso de tallo frente al total de la planta, son significativamente decrecientes.

El Magnesio y Hierro son significativamente más altos en la madurez, mientras que los porcentajes de los microelementos Cobre, Manganeso y Cinc en el tallo, pasan por un mínimo a los 76 días ( floración ), al contrario que el peso húmedo y seco de tallo que son máximos en ese momento, aunque no significativamente.

El tubérculo solamente manifiesta dos comportamientos: Uno creciente, para los porcentajes de Nitrógeno, Cobre, Cinc, pesos húmedo y seco y porcentaje en peso tubérculo frente al peso total de la planta y otro, que siendo creciente pasa por un máximo a los 76 días, como son los porcentajes de Fósforo, Potasio, Magnesio, Hierro y Manganeso.

Los pesos, tanto húmedo como seco, de tubérculo por litro de agua aplicado son significativamente crecientes con respecto a los días.

La raíz, ofrece al igual que el tallo, más variedad en sus comportamientos, siendo decrecientes el porcentaje de Fósforo, y los pesos húmedo y seco y el porcentaje en peso de raíz frente al total de la planta; presentan un mínimo a los 76 días, el Nitrógeno y el Potasio, y un máximo en ese momento ( floración ), Magnesio, Hierro, Cobre y Manganeso.

El peso seco de planta y el peso por litro de agua aplicada crece, siendo significativamente mayor a los 106 días quizá por la mayor influencia porcentual del peso de tubérculo.



Si consideramos las tendencias creciente o decreciente de los diferentes elementos estudiados, podíamos establecer la siguiente agrupación.

Crecen significativamente con respecto a los días desde la siembra

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raiz	ex raiz	Total planta	Suelo
N			X	X			X	
P			X	X			X	X
K			X	X			X	
Mg	X	X	X	X	X		X	X
Fe	X	X	X	X	X	X	X	
Cu			X	X	X		X	
Mn			X	X	X	X		
Zn			X	X	X	X	X	gr pISI
PH			X	X	X	X	X	gr pIFI
PS			X	X			X	gr lICI
%PS			X	X				

Decrecen significativamente con respecto a los días desde la siembra

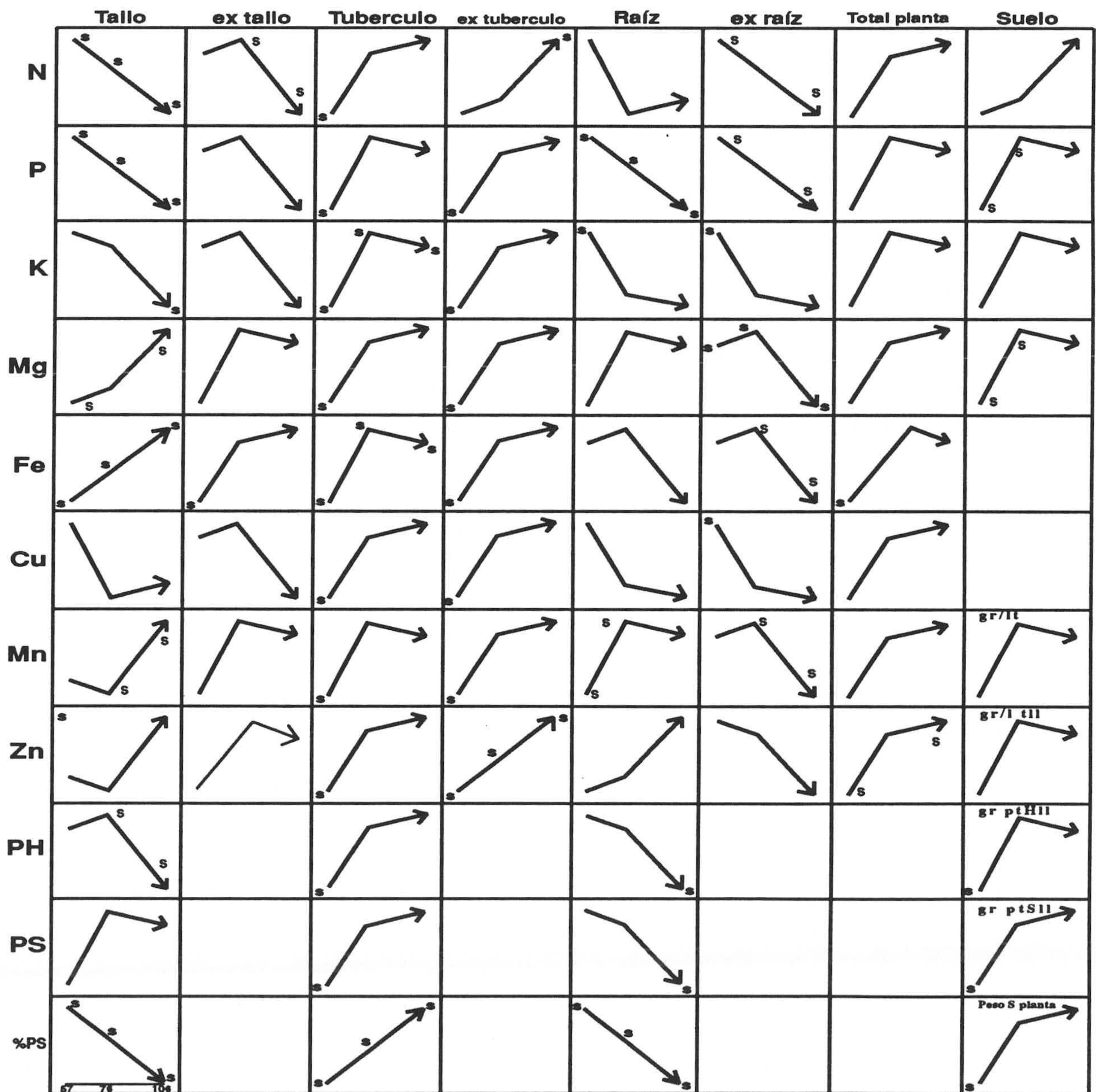
	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raiz	ex raiz	Total planta	Suelo
N	X	X				X		
P	X	X			X	X		
K	X				X	X		
Mg						X		
Fe								
Cu	X				X	X		
Mn								
Zn	X					X		gr pISI
PH					X			gr pIFI
PS					X			gr lICI
%PS	X				X			

No presentan diferencias significativas: Los contenidos totales de Potasio, Cobre, Magnesio, Cinc del tallo y el peso húmedo y seco del tallo, y el porcentaje de Nitrógeno de la raíz



Gráfica R - 7 - Análisis estadístico - gráfico de los datos de planta y suelo, en función de los días transcurridos desde la fecha de siembra ( 57, 76, y 106 ) para la Variedad Jaerla. ( Dilar 1989 )

En ordenadas se representan los contenidos de cada elemento y en abscisas los días transcurridos desde la siembra.



S - diferencia significativa al 5% entre tratamientos.



En términos generales, el comportamiento de esta variedad es similar a la anterior, con pequeños matices que debemos remarcar. Los pesos húmedo y seco, y el porcentaje respecto al total de la planta de tallo, raíz y tubérculo siguen variaciones similares a las de la variedad 1. Sin embargo, a nivel de tubérculo, las diferencias significativas en los contenidos de nutrientes se producen en el tercer muestreo, para la variedad 1, mientras que en ésta, se producen en el primero. Esto indica, que la variedad 1 aumenta el peso de los tubérculos de forma más significativa al final, entre los 76 y los 106 días, mientras que la variedad 2, aumenta su peso fundamentalmente entre los 57 y 76 días. En este sentido, la variedad 2 es más precoz y podría cosecharse antes, mientras que la variedad 1 podría mantenerse más tiempo.

Esta tendencia se observa también para la variedad 2 en los contenidos totales de cada elemento en el tubérculo que son significativamente menores a los 57 días y luego no se diferencian significativamente entre los 76 y 106 días.

Los contenidos totales de cada elemento en la planta son significativamente distintos entre los 57 y los 106 días, con un crecimiento prácticamente constante para la variedad 1, mientras que en la variedad 2, en general, los contenidos totales de cada elemento en la planta no son significativamente diferentes entre muestreos, observándose que existe mayor diferencia entre los 57 y 76 días que entre los 76 y los 106 días.

De la misma manera, el peso seco de la planta y los gramos de tubérculo por litro de agua añadido son significativamente distintos entre el primer muestreo, y los otros dos y siendo máximos a los 76 días.

Según **Guerra (1985)**, los contenidos de Nitrógeno y Fósforo disminuyen con la maduración de la planta en hojas y planta y aumentan en tubérculos mientras que los de potasio disminuyen en tubérculos y aumentan en hojas y planta.

Nuestros resultados contradicen el hecho de que el Potasio se comporte de manera distinta al Nitrógeno y Fósforo, y por otro lado, los contenidos de los tres elementos en la planta aumentan con la maduración.

Por otro lado, **Krishnappa (1989)**, establece que la producción de materia seca en el tallo es rápida hasta los 60 días y luego disminuye, mientras que las concentraciones de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio disminuyen con la edad de la planta. Según



nuestros resultados, el Magnesio se diferencia de los otros tres elementos, y aumenta su contenido en el tallo con la maduración de la planta.

Asimismo, este autor indica que la acumulación de Nitrógeno y Fósforo en tubérculos continúa hasta la madurez, mientras que la de Potasio ocurre hasta los 80 días. Nuestros resultados, por un lado, no diferencian entre los tres elementos, y por otro, la acumulación depende de la variedad, pues como hemos indicado anteriormente la variedad 1 tiende a aumentar la acumulación de nutrientes conforme se acerca a la madurez, mientras que la variedad 2 lo hace más pronto dentro de su ciclo vegetativo.

Otra diferencia que se observa entre las dos variedades es a nivel de suelo. Nitrógeno y magnesio manifiestan comportamientos opuestos entre las dos variedades aun cuando las diferencias no son significativas. Lo que si llama la atención es el aumento significativo de los contenidos de fósforo y magnesio en el suelo para la variedad 2 entre los 57 y 76 días. Como quiera que en este intervalo no se introdujo fertilización hemos de pensar en un aumento de la disponibilidad de ambos.

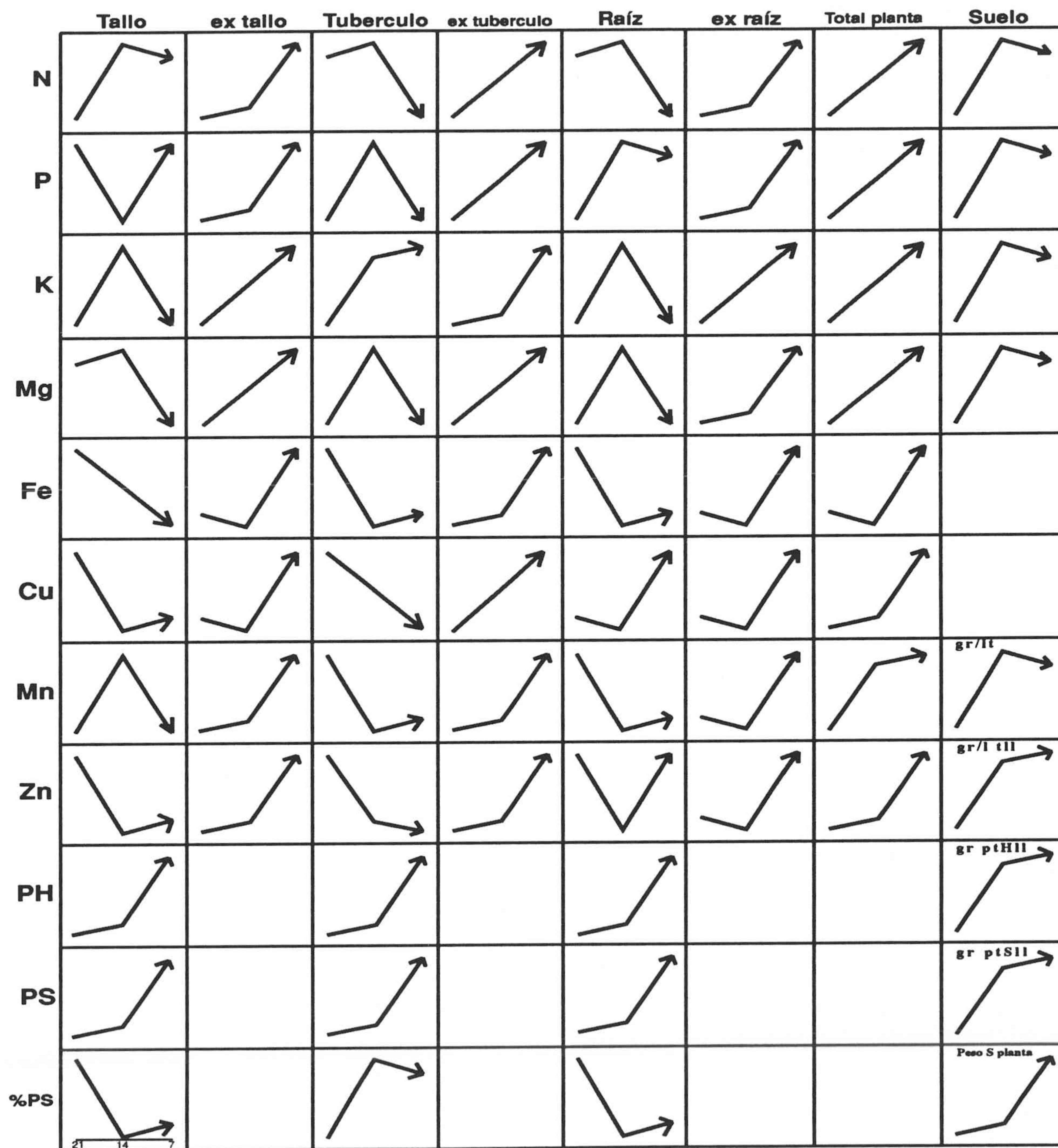
### **Crecimiento - periodicidad**

En las gráficas R-8 y R-9 se representan la evolución de los contenidos de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio, Hierro, Cobre, Manganeso y Cinc de las distintas partes de la planta y suelo en función de la periodicidad del riego, es decir según los tratamientos TA, TB, TC . En ambas tablas, no aparece ninguna diferencia significativa al 5%.

No obstante, de la observación de las mismas, se pueden deducir algunas conclusiones, que indicamos a continuación, para cada variedad.



Gráfica R - 8 - Evolución de los contenidos de diferentes elementos en planta y suelo en función de la periodicidad. Variedad Red Pontiac. ( Dilar 1989 )





Los pesos, tanto húmedo como seco, de tallo, raíz y tubérculo, crecen con la periodicidad, de manera que el tratamiento TA sería, en todos los casos, el más productivo. Los porcentajes de tallo y raíz van disminuyendo hasta ser mínimos para el tratamiento TB, mientras que el de tubérculo es máximo para este tratamiento. Esto ya nos aporta un resultado a tener en cuenta, y es que con el tratamiento TB, podríamos conseguir el mayor porcentaje de tubérculo frente al total de la planta, lo que implica mayor eficiencia del riego.

Por otro lado, aún cuando el peso seco de la planta crece con la periodicidad, el peso por unidad de volumen de agua añadida, tanto de planta como de tubérculo, sufren una disminución relativa al pasar del tratamiento TB al TA; es decir la efectividad al riego es mayor para mayores intervalos entre riegos.

En lo referente a los componentes del tallo existen varias tendencias de variación; una, la de aquellos elementos que alcanzan un máximo relativo con el tratamiento TB como Nitrógeno, Potasio, Magnesio y Manganeso; otros, que alcanzan un mínimo para esta periodicidad como son Fósforo, Cobre y Cinc, y finalmente, el hierro, que disminuye su contenido en el tallo con la periodicidad.

Los contenidos totales de los elementos en el tallo, crecen con la periodicidad.

En el tubérculo, Nitrógeno, Fósforo y Magnesio alcanzan un máximo para el riego cada dos semanas, mientras que manganeso, hierro, cobre y cinc decrecen, a la vez que el potasio aumenta.

Sin embargo, los contenidos totales de todos los elementos en el tubérculo, son crecientes con la periodicidad.

En la raíz, aparece una diferenciación clara entre macro y microelementos. Así, mientras los primeros pasan por un máximo para el tratamiento TB, los segundos pasan por un mínimo. Esta diferenciación, se remarca también en los contenidos totales en la raíz, en donde Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio crecen con la periodicidad, mientras que hierro, cobre, manganeso y cinc pasan por un mínimo para el tratamiento TB.

En las extracciones globales por la planta, la influencia de la periodicidad es positiva para todos los elementos, salvo para el hierro, que pasa por un mínimo relativo con el tratamiento TB.



Como quiera que los contenidos porcentuales de tallo y raíz decrecen con la periodicidad, mientras que los de tubérculo aumentan, y dado que tanto en tallo, como en tubérculo y en raíz, los elementos mayoritarios tienden a crecer, o pasar por un máximo relativo, mientras que los microelementos tienden a disminuir, parece fundamentado decir que la periodicidad produce un aumento relativo de las concentraciones de macroelementos en las diferentes partes de la planta y una disminución relativa de los microelementos.

De las diferentes periodicidades, sería la bisemanal la que produciría las mejores condiciones para una producción relativa mayor.

Para la variedad 2, gráfica R-9, el comportamiento en lo referente a pesos y producciones es similar, manifestando una influencia positiva frente a la periodicidad. Sin embargo, la dinámica de nutrientes es totalmente diferente.

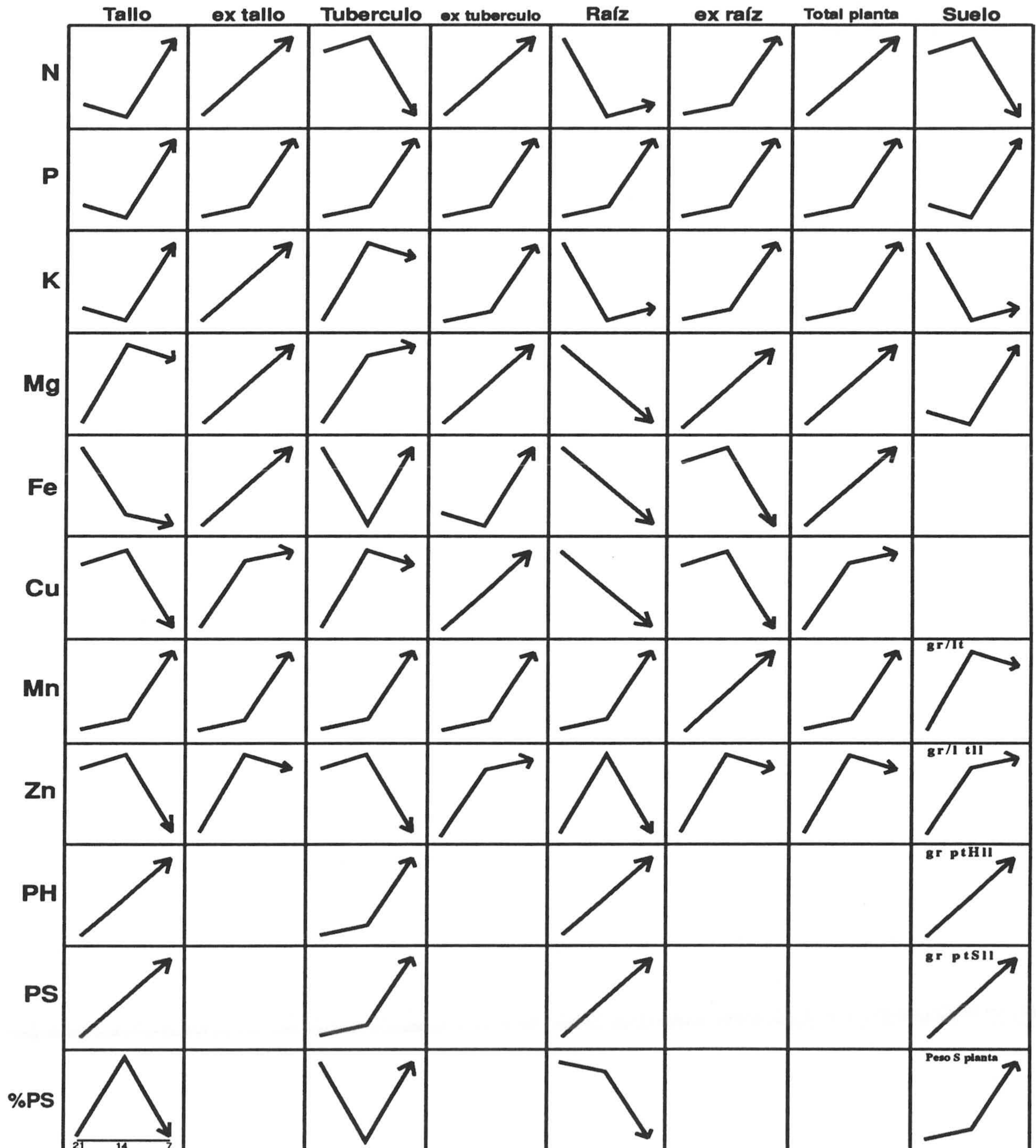
Así, mientras la variedad 1 presenta su mayor porcentaje de tubérculo con el tratamiento TB, la variedad 2, lo tiene mínimo; y mientras la variedad 1, mantiene un máximo relativo en los contenidos de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio asimilables del suelo, para el riego cada 14 días, la variedad 2 mantiene un mínimo, para esa periodicidad, para los contenidos de Fósforo, Potasio y Magnesio asimilables del suelo.

En raíz, también se aprecian diferencias entre variedades, ya que mientras la variedad 1 presenta un máximo para el tratamiento TB en los elementos mayoritarios, la variedad 2 presenta valores mínimos, y mientras allí los minoritarios presentaban un mínimo, aquí algunos son máximos.

Por otro lado, mientras que la variedad 1 manifiesta un comportamiento que podemos englobar en dos grupos, uno de elementos mayoritarios y otro de elementos minoritarios, con escasas excepciones; para la variedad 2, no se puede establecer una agrupación de comportamientos tan general, y debemos hablar de elementos ( uno o varios ) con comportamientos idénticos. Así Nitrógeno y Potasio, varían de la misma manera, magnesio y potasio, sufren las mismas variaciones con la periodicidad, salvo en el tallo. Fósforo y manganeso son similares en sus respuestas, mientras que cobre, hierro y cinc varían de manera distinta.



Gráfica R - 9 - Evolución de los contenidos de diferentes elementos en planta y suelo en función de la periodicidad. Variedad Jaerla. ( Dilar 1989 )





Para concluir con este apartado, anotamos las diferencias cualitativas existentes entre las dos variedades y en las diferentes partes de la planta.

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raiz	ex raiz	Total planta	Suelo
N	X				X			
P			X		X			
K	X				X			X
Mg					X			
Fe						X	X	
Cu	X		X		X	X		
Mn	X		X		X	X		
Zn	X		X		X	X		gr pHSII
PH								gr pHIII
PS								gr ItcII
%PS	X		X					Peso S planta

Las diferencias fundamentales entre las dos variedades aparecen en la evolución de los contenidos de nutrientes en la raíz y de Cobre, Manganeso y Cinc en todas las partes, de la planta.

A la vista de las mismas, debemos establecer el diferente comportamiento de las dos variedades, con respecto a la mayor o menor periodicidad en el riego, desde el punto de vista de la dinámica de nutrientes, y no, en cuanto a los rendimientos.



### **Crecimiento - Volumen de agua - días**

En las gráficas R-10, R-11, R-12, R-13 se hace un análisis de las dos variedades, en función del volumen de agua aportado. Dado que, ambas variables ( Periodicidad - Volumen de agua ), están relacionadas entre si, las variaciones del contenido de nutrientes en planta y suelo, siguen pautas similares para ambas, y el estudio se puede referir a una de ellas, ya que los resultados para la otra serán equivalentes.

La relación existente entre las dos variables estriba en que conforme se aumenta la periodicidad del riego, se incrementa el número de litros aportados a cada parcela.

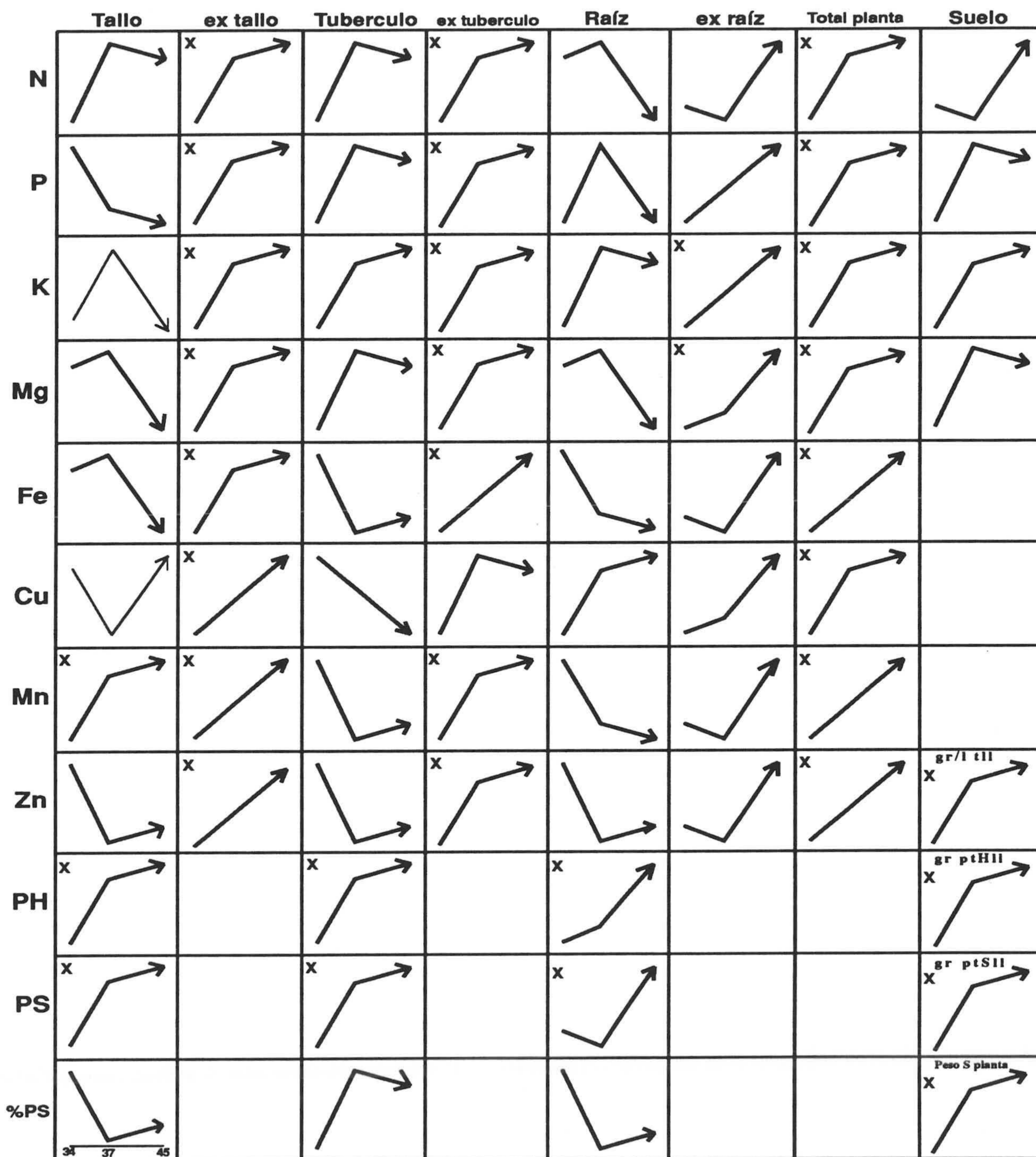
Así, a los 76 días, el tratamiento T C recibió, en promedio, y para la variedad 1, 34 litros por planta, y para la variedad 2, 36 litros por planta, mientras que el tratamiento TB recibió respectivamente, 37 y 40 litros por planta, para cada una de las variedades y el tratamiento TA, 45 y 46 litros por planta, para cada variedad.

A los 106 días, la variedad 1 había recibido desde el tratamiento TC al TA, las cantidades de 45 - 48 - 64 litros por planta, respectivamente, mientras que la variedad 2, había recibido 49 - 52 - 72 litros por planta.

En consecuencia con lo indicado anteriormente, vamos a profundizar en el estudio de las variaciones producidas frente al volumen de agua aportado, y generalizando las conclusiones que se obtengan, de la misma manera, para la periodicidad.



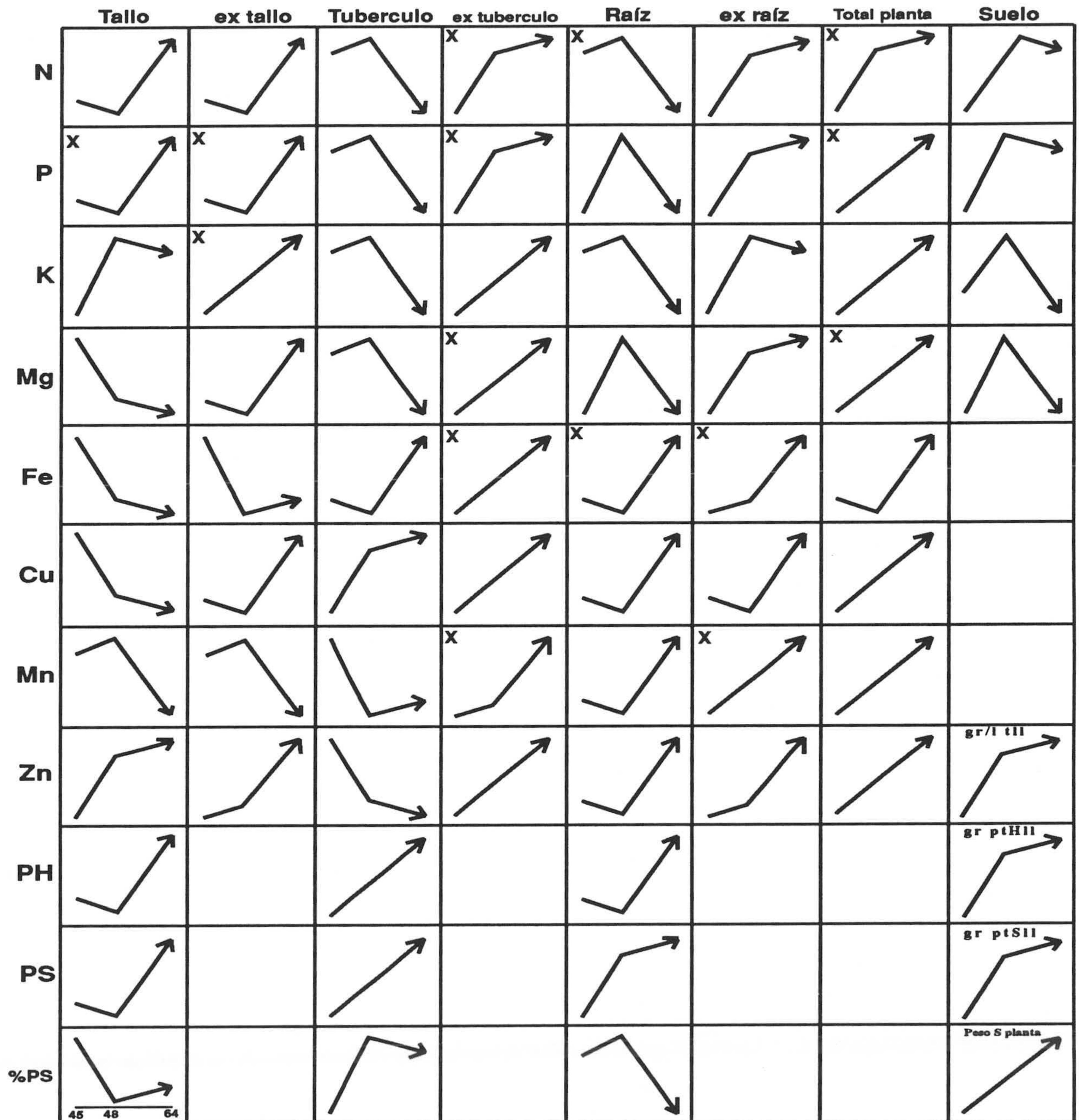
Gráfica R - 10 - Evolución de los contenidos en planta y suelo en función de los litros, 76 días. Variedad Red Pontiac. ( Dilar 1989 )



X - parámetro significativo al 5% frente a los litros



Gráfica R - 11 - Evolución de los contenidos en planta y suelo en función de los litros, 106 días. Variedad Red Pontiac. ( Dilar 1989 )



X - parámetro significativo al 5% frente a los litros



Las variaciones en los contenidos de nutrientes frente a los litros de agua aportados, se pueden agrupar según criterios crecientes o decrecientes.

Así, si consideramos solamente las variaciones máximas, para la variedad 1, podemos establecer la ordenación siguiente.

Contenidos crecientes con los litros. ( 76 días )

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N	X	X	X	X		X	X	X
P	X	X	X	X		X	X	X
K	X	X	X	X		X	X	X
Mg	X	X	X	X		X	X	X
Fe	X	X	X	X		X	X	X
Cu	X	X	X	X		X	X	X
Mn	X	X	X	X		X	X	X
Zn	X	X	X	X		X	X	gr ptSII
PH	X	X	X	X	X	X	X	gr ptHII
PS	X	X	X	X	X	X	X	gr ItcII
%PS			X					Peso S planta

Contenidos crecientes con los litros. ( 106 días )

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N	X	X	X	X		X	X	X
P	X	X	X	X		X	X	X
K	X	X	X	X		X	X	X
Mg	X	X	X	X		X	X	X
Fe	X	X	X	X		X	X	X
Cu	X	X	X	X		X	X	X
Mn	X	X	X	X		X	X	X
Zn	X	X	X	X		X	X	gr ptSII
PH	X	X	X	X	X	X	X	gr ptHII
PS	X	X	X	X	X	X	X	gr ItcII
%PS			X					Peso S planta



Contenidos decrecientes con los litros.( 76 días )



	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N					X			
P	X							
K								
Mg	X				X			
Fe	X		X		X			
Cu			X					
Mn			X		X			
Zn	X		X		X			gr ptSII
PH								gr ptHII
PS								gr Itall
%PS	X				X			Peso S planta

Contenidos decrecientes con los litros. ( 106 días )

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N			X		X			
P			X					
K			X		X			
Mg	X		X					
Fe	X	X						
Cu	X							
Mn	X	X	X					
Zn			X					gr ptSII
PH								gr ptHII
PS								gr Itall
%PS	X				X			Peso S planta



En términos generales, destaca el hecho de que los contenidos totales en planta, de los elementos estudiados, crezcan con el volumen de agua aplicada, aunque no ocurra igual con sus porcentajes. En efecto, son los pesos húmedos y seco del tallo, raíz y tubérculo, tanto a los 76 días como a los 106 días, los que, al crecer con los litros de agua aportados, condicionan que, los contenidos totales de todos los elementos estudiados en la planta, sean crecientes.

En las diferentes partes de la planta, existen algunas diferencias de comportamiento entre macro y microelementos.

Así, a los 76 días, los porcentajes de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio en el tubérculo crecen con el volumen de agua aportada mientras que los de Hierro, Cobre, Manganeso y Cinc disminuyen.

A los 106 días, los porcentajes de Nitrógeno, Fósforo y Potasio crecen con las dosis de agua, en el tallo, mientras que los de Magnesio, Hierro, Cobre y Manganeso disminuyen.

Sin embargo a los 106 días, los porcentajes de microelementos aumentan en la raíz, y también los de Hierro y Cobre en el tubérculo, mientras que los porcentajes de macroelementos en el tubérculo y raíz disminuyen con las dosis de agua.

Si estas variaciones se relacionan con los pesos húmedos y secos, podemos decir que el peso del tubérculo a los 76 días viene condicionado por la asimilación de elementos mayoritarios, fundamentalmente, mientras que los elementos minoritarios tienden a concentrarse en la raíz con la madurez.

También habría que destacar que los macroelementos, Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio pasan por un máximo ( para el tratamiento TB ) en sus contenidos en tallo, raíz y tubérculo a los 76 días, ( Nitrógeno, Potasio, Magnesio en el tallo; Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio en la raíz y tubérculo ) y estos máximos, se mantienen a los 106 días, en raíz y tubérculo.

Se observa como todos los elementos del tallo y del tubérculo, así como los pesos húmedo y seco de éstos, varían significativamente con el volumen de agua aportado en las etapas iniciales de la tuberización mientras que en la madurez, solamente los contenidos totales de Fósforo y Potasio en el tallo, de Hierro y Manganeso en la raíz, y



de Nitrógeno, Fósforo, Magnesio, Hierro y Manganeso en el tubérculo, crecen significativamente con los litros de agua añadidos.

Cada elemento manifiesta un comportamiento diferenciado frente a las dosis de agua recibidas y que en la tabla siguiente indicamos de manera esquemática, para la variedad Red Pontiac:

- Nitrógeno - Creciente en tallo y tubérculos a los 76 días, y decreciente en la raíz en las dos fases estudiadas y en los tubérculos a los 106 días.
- Fósforo - Decreciente en el tallo y creciente en raíz y tubérculos a los 76 días.  
Creciente en el tallo y decreciente en los tubérculos a los 106 días.
- Potasio - Creciente en el tallo, raíz y tubérculos a los 76 días. Creciente en el tallo y decreciente en raíz y tubérculos a los 106 días.
- Magnesio - Decreciente en el tallo y raíz y creciente en los tubérculos a los 76 días.  
Decreciente en el tallo y tubérculos a los 106 días.
- Hierro - Decreciente en toda la planta a los 76 días y en el tallo a los 106 días y creciente en la raíz y tubérculos a los 106 días.
- Cobre - Creciente en la raíz y decreciente en los tubérculos a los 76 días. Decreciente en el tallo y creciente en la raíz y tubérculos a los 106 días.
- Manganeso - Creciente en el tallo y decreciente en la raíz y tubérculos a los 76 días.  
Decreciente en el tallo y tubérculos y creciente en la raíz a los 106 días.
- Cinc - Decreciente en toda la planta a los 76 días y en los tubérculos a los 106 días.  
Creciente en el tallo y raíz a los 106 días.



Por otro lado, los elementos que manifiestan comportamientos similares en sus variaciones frente a los litros son, para la variedad Red Pontiac:

Tallo 76 días

Tallo 106 días

Tubérculo 76 días

Tubérculo 106 días

K = Mg = Fe

N = P

N = P = K = Mg

N = P = K = Mg

P = Zn

Mg = Fe = Cu

Fe = Cu = Mn = Zn

Mn = Zn

Raíz 76 días

Raíz 106 días

N = P = K = Mg

N = P = K = Mg

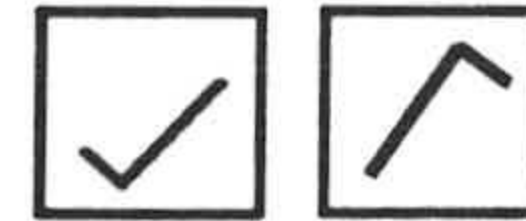
Fe = Mn = Zn

Fe = Cu = Mn = Zn



En lo que se refiere a la variedad 2, ( Gráficas R-12 y R-13 ) las variaciones de los contenidos de nutrientes frente a los litros de agua aportados, se pueden agrupar según los tipos siguientes:

Contenidos crecientes con los litros. ( 76 días )



	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N								
P								
K								
Mg								
Fe								
Cu								
Mn								
Zn								gr ptSi
PH								gr ptH
PS								gr lici
%PS								Peso S planta

Contenidos crecientes con los litros. ( 106 días )

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N								
P								
K								
Mg								
Fe								
Cu								
Mn								
Zn								gr ptSi
PH								gr ptH
PS								gr lici
%PS								Peso S planta



Contenidos decrecientes con los litros. ( 76 días )



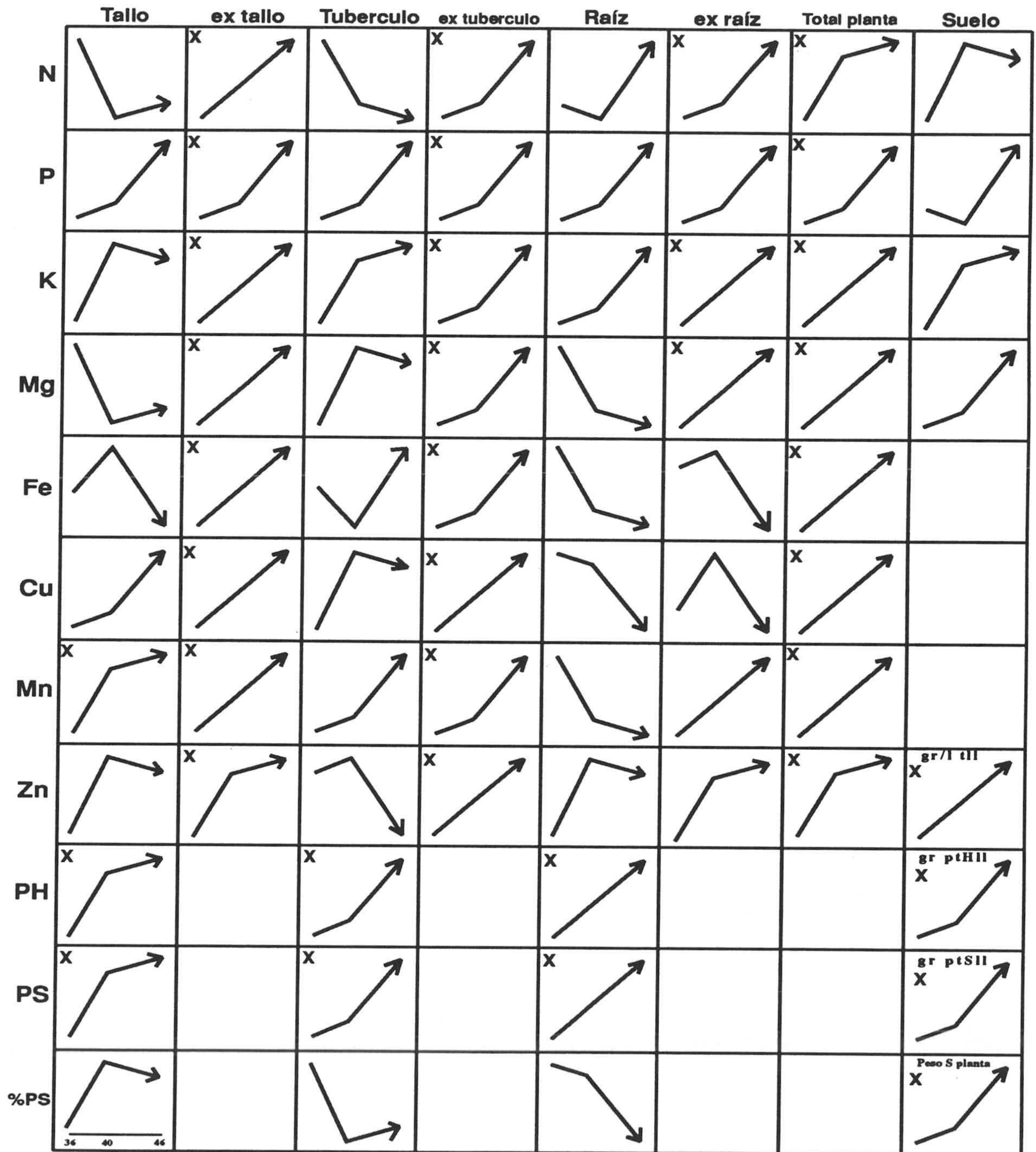
	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N	X		X					
P								
K								
Mg	X				X			
Fe					X	X		
Cu					X			
Mn					X			
Zn			X					gr ptSII
PH								gr ptIII
PS								gr Itoll
%PS			X		X			Peso S planta

Contenidos decrecientes con los litros. ( 106 días )

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N					X			X
P								
K					X	X		X
Mg								
Fe	X							
Cu	X				X	X		
Mn								
Zn	X		X		X			gr ptSII
PH								gr ptIII
PS								gr Itoll
%PS					X			Peso S planta



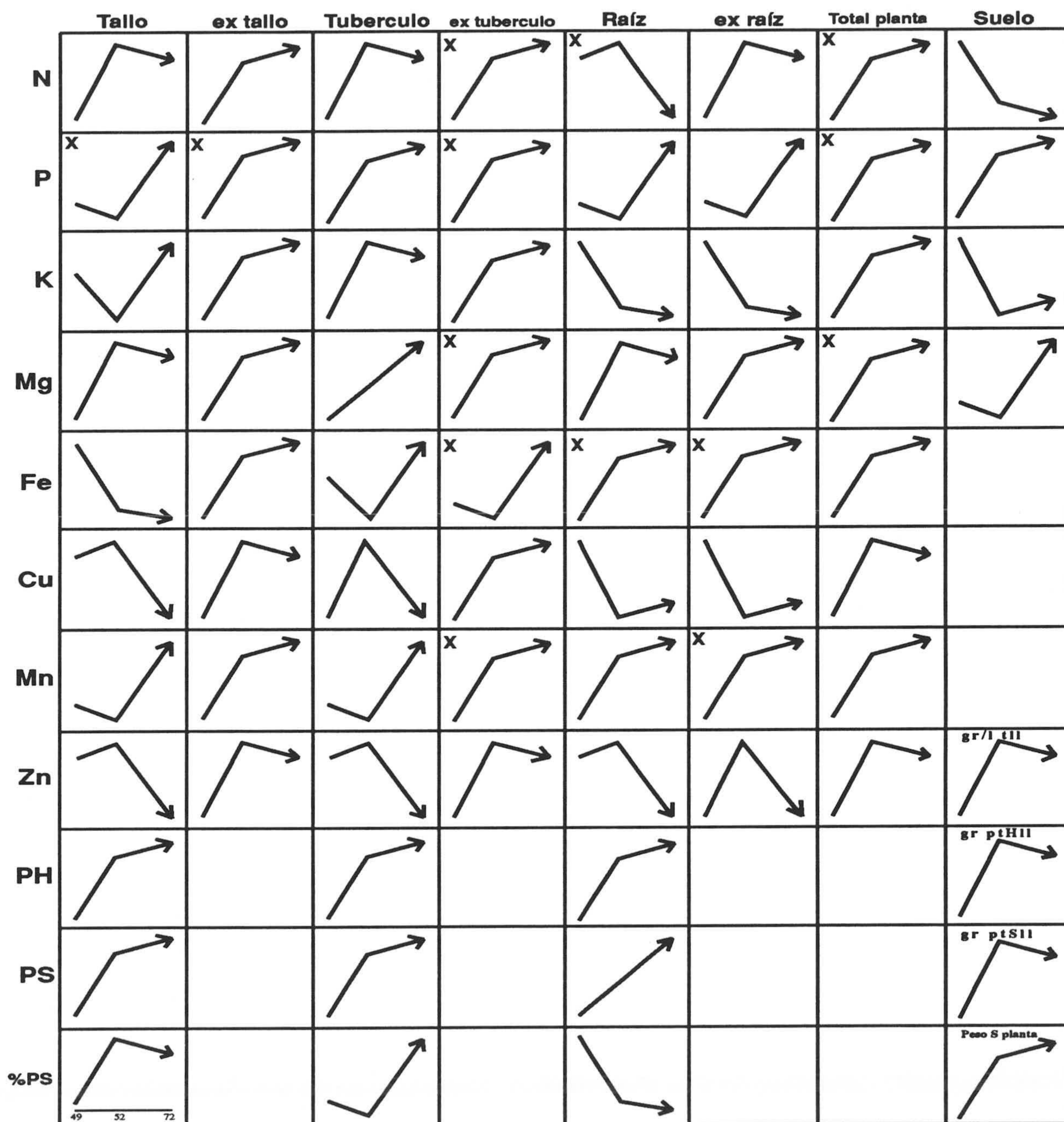
Gráfica R - 12 - Evolución de los contenidos en planta y suelo en función de los litros. 76 días. Variedad Jaerla ( Dilar 1989 )



X - parámetro significativo al 5% frente a los litros



Gráfica R - 13 - Evolución de los contenidos en planta y suelo en función de los litros. 106 días. Variedad Jaerla. ( Dilar 1989 )



X - parámetro significativo al 5% frente a los litros



A la vista de estas variaciones, se aprecian algunas diferencias entre las dos variedades y, a la vez, coincidencias importantes. Así, destaca el hecho de que los contenidos totales de los elementos estudiados en la planta, crezcan con el volumen de agua aplicada, al igual que ocurría para la variedad 1, pero ahora los porcentajes de elementos mayoritarios, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio también son crecientes, sobre todo en el tubérculo, y, por otro lado, no se aprecia una distinción tan clara entre macro y microelementos, por sus variaciones en raíz y tubérculo.

El comportamiento de cada elemento frente a las dosis de agua recibidas sería, para la variedad Jaerla.

Nitrógeno - Decreciente en el tallo y tubérculos y creciente en la raíz a los 76 días.  
Creciente en el tallo y tubérculos y decreciente en raíz a los 106 días.

Fósforo - Creciente en todas las partes de la planta.

Potasio - Creciente en todas las partes de la planta a los 76 días y decreciente en la raíz a los 106 días.

Magnesio - Decreciente en la tallo y raíz a los 76 días y creciente en los tubérculos y en todas las partes de la planta, a los 106 días.

Hierro - Decreciente en la raíz a los 76 días y creciente en la misma a los 106 días, variando en el tallo y tubérculos irregularmente.

Cobre - Creciente en el tallo y tubérculos y decreciente en la raíz a los 76 días y decreciente en el tallo y raíz a los 106 días.

Manganeso - Creciente en el tallo y tubérculos y decreciente en la raíz a los 76 días y creciente en todas las partes de la planta a los 106 días.

Cinc - Creciente en el tallo y raíz y decreciente en los tubérculos a los 76 días y decreciente en todas las partes de la planta a los 106 días..



Los elementos que manifiestan comportamientos similares en sus variaciones frente a los litros son para la variedad Jaerla.

<u>Tallo 76 días</u>	<u>Tallo 106 días</u>	<u>Tubérculo 76 días</u>	<u>Tubérculo 106 días</u>
N = Mg	N = Mg	P = K = Mn	N = P = k = Mg = Cu = Zn
P = Cu = Mn	P = K = Mn	Cu = Mg	Fe = Mn
Fe = Zn = K	Cu = Zn		

<u>Raíz 76 días</u>	<u>Raíz 106 días</u>
N = P = K = Zn	K = Cu
	Fe = Mn = Mg
Mg = Fe = Cu = Mn	N = Zn

En términos generales, y a la vista de las diferencias encontradas entre las dos variedades, podemos concluir indicando que, los pesos y los contenidos totales de los diferentes elementos en las distintas partes de la planta crecen de acuerdo, con los litros de agua aportados a cada variedad, pero los porcentajes de cada elemento en la planta varían de manera específica para cada variedad, aún cuando haya algunas similitudes entre las dos variedades como son el comportamiento del Hierro en tallo y tubérculos y Potasio en tubérculos.



### **Crecimiento - Tratamiento de riego - Días**

En las Gráficas R-14 y R-15, se representan las variaciones de los contenidos de los diferentes elementos, constituyentes de la planta, en las distintas partes de la misma, tallo, raíz, tubérculo y en el suelo, en función de los distintos tratamientos de riego empleados, y en las diferentes etapas del desarrollo de la planta, distinguiéndose cada variedad en su gráfica correspondiente.

Para la variedad 1, destacamos la evolución similar para los tres tratamientos de los porcentajes de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Cinc en el tallo, que se diferencian de la evolución de los contenidos de Magnesio, Hierro, Cobre y Manganeso con lo que podemos hacer una primera diferenciación entre elementos mayoritarios y minoritarios, por su comportamiento en el tallo frente a las dosis de agua.

En el tubérculo, la evolución respecto al agua a lo largo del crecimiento es similar para todos los elementos y en la raíz, también se aprecia una clara diferenciación entre Nitrógeno, Fósforo, Potasio y el resto de los elementos. Según lo anterior, en el tallo y en la raíz, se diferencian los comportamientos frente al volumen de agua aplicada entre los tres elementos mayoritarios, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, y el resto de elementos.

En los contenidos totales en el tallo, la diferencia entre Nitrógeno, Fósforo, Potasio y el resto de los elementos se pone de manifiesto en el TC que produce un incremento muy elevado de los componentes minoritarios Magnesio, Hierro, Cobre, Manganeso y Cinc en la madurez.

En los contenidos totales en tubérculo, el Hierro es el único elemento que se diferencia en su comportamiento del resto de elementos, mientras que en los contenidos totales en la raíz, Magnesio, Hierro y Manganeso se diferencian de los demás.

Si nos fijamos en los contenidos totales en planta, los tres tratamientos de riego se diferencian entre sí por la mayor o menor pendiente de las variaciones de sus contenidos frente a los días. En efecto, al pasar del tratamiento TA, al TB y al TC se produce una disminución de la pendiente; de manera que el tratamiento TA hace que la planta asimile más nutrientes que el TB y este más que el TC.

Al pasar del tratamiento TB al TC, se produce una inversión en la pendiente. La línea de inflexión, que podría asimilarse a una recta, nos daría los niveles mínimos por debajo



de los cuales la planta no se desarrolla correctamente, y nos separaría las situaciones de estrés hídrico de las situaciones de riego correctas.

Estas observaciones se ponen de manifiesto, fundamentalmente, en los contenidos totales de los diferentes elementos en el tallo y en el tubérculo, que vienen condicionados por los pesos húmedos y secos de los mismos. Una evolución creciente de los pesos de tallo y tubérculo es correcta frente a la evolución decreciente de estos pesos con el estrés hídrico.

Así pues, los pesos, tanto húmedos como secos, de tallo y tubérculo nos permiten diferenciar claramente los tres tratamientos de riego; pero no así el peso de la raíz, que varía de manera independiente al tratamiento de riego aplicado; es decir, la raíz se desarrolla independientemente al estrés hídrico. Asimismo, los porcentajes relativos de tallo, raíz y tubérculo, en peso, varían independientemente del tratamiento de riego aplicado.

Para la variedad 2, se pueden establecer las mismas conclusiones de diferenciación entre los tres tratamientos de riego, anteriormente indicadas, aunque las variaciones de algunos parámetros son diferentes.

Así, a nivel de pesos de tubérculo y raíz la evolución de las dos variedades es diferente. La variedad 1 sigue aumentando el peso de sus tubérculos y planta pasada la floración ( 76 días ), mientras que la variedad 2, prácticamente estabiliza el peso de sus tubérculos y planta en este momento del desarrollo.

En el tallo, se aprecian diferencias de comportamiento entre los elementos Nitrógeno, Fósforo y Potasio, por un lado, y los microelementos, por otro.

En el tubérculo, todos los elementos manifiestan variaciones similares frente a los días y en la raíz son los contenidos de Magnesio, Hierro y Manganeso, los que varían frente a los días y para los tres tratamientos de riego, de manera distinta a los del resto de elementos estudiados.

Los contenidos totales de los diferentes elementos en tallo y tubérculos, varían de manera similar para todos ellos, presentando la línea de inflexión que ya indicamos para la otra variedad y que nos permitiría diferenciar el tratamiento de riego mínimo.

En lo que se refiere a los porcentajes de tallo, raíz y tubérculos, estos varían de manera independiente al tratamiento de riego, lo que nos indica que es una característica



intrínseca a la planta, siendo las variaciones similares en las dos variedades.

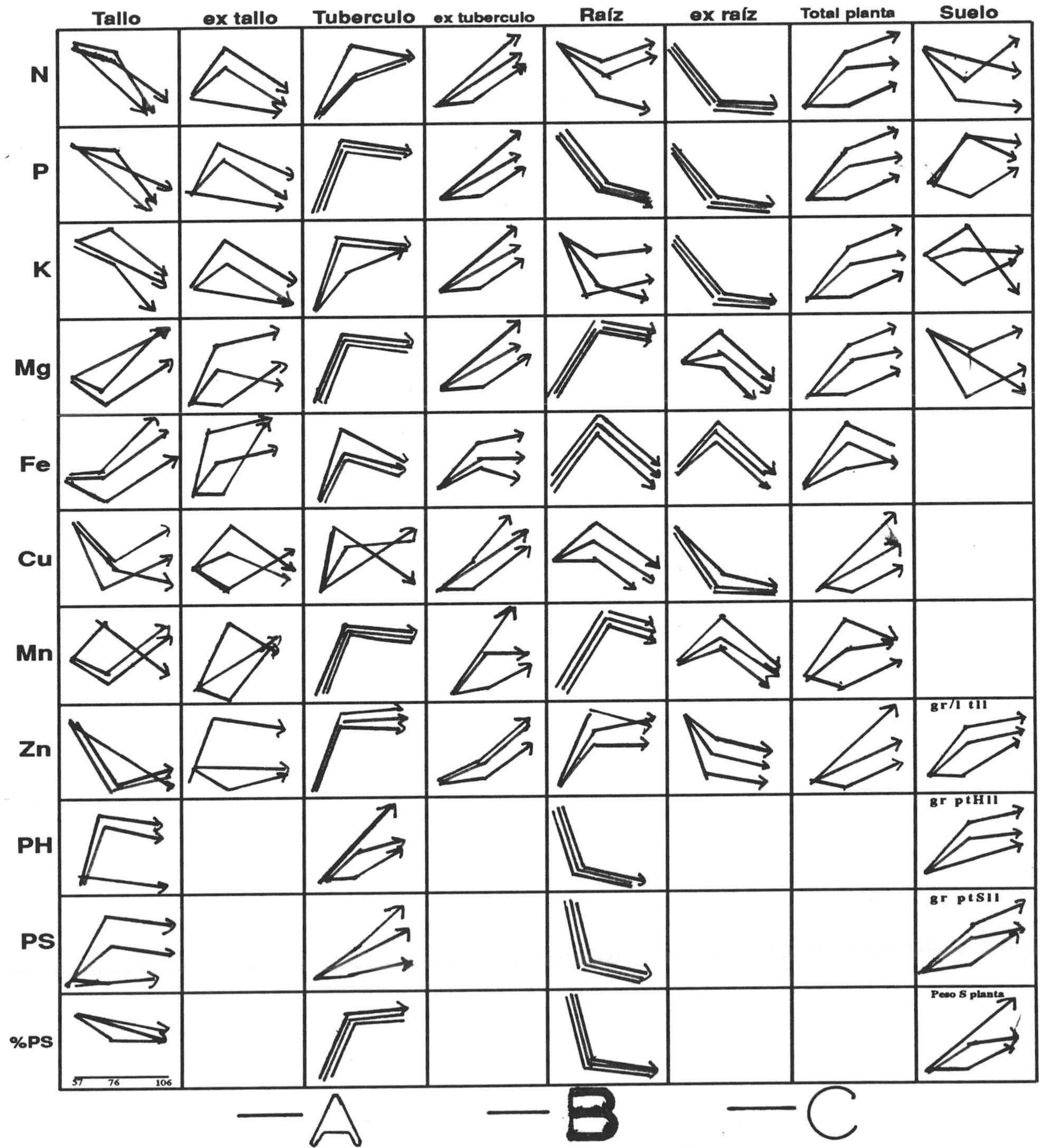
Así pues, la comparación entre las dos variedades, nos permite diferenciarlas en primer lugar por la evolución de sus pesos húmedos y secos de raíz y tubérculos a lo largo del crecimiento.

A nivel elemental y considerando los tres tratamientos de riego, las diferencias más marcadas entre las dos variedades se encuentran en:

<b>T<sub>A</sub></b>	<b>T<sub>B</sub></b>	<b>T<sub>C</sub></b>
Mn tallo	Zn tallo	Mg tallo
P raíz	Cu raíz	P tallo
Fe raíz	Zn raíz	Mg raíz
Cu raíz	N suelo	Cu raíz
Mn raíz	Mg suelo	Zn raíz
Zn raíz		N suelo
Mg suelo		P suelo
		Mg suelo



**Gráfica R - 14 - Evolución de los contenidos de diferentes elementos en planta y suelo en función del tratamiento de riego y los días. Variedad Red Pontiac.**  
 ( Dilar 1989 )









### Crecimiento - Tratamiento de riego - Litros

En las gráficas R-16 y R-17, se representan las variaciones de los contenidos de los diferentes elementos constituyentes de la planta en función de los volúmenes de agua aportados.

Las cantidades de agua aportadas en litros por planta, fueron, en promedio, para cada tratamiento y en los diferentes muestreos, las siguientes

Variedad 1

	57 días	76 días	106 días
TA	25	45	64
TB	25	37	48
TC	25	34	45

Variedad 2

	57 días	76 días	106 días
TA	25	46	72
TB	25	40	52
TC	25	36	49

Para la variedad 1, (gráfica R-16), observamos como los pesos húmedo y seco del tallo varían de manera distinta según el tratamiento de riego recibido, siendo los porcentajes del nitrógeno, fósforo y potasio en el tallo, los que evolucionan de manera similar al peso del mismo, y de forma diferente, al resto de los elementos estudiados. Las variaciones de los contenidos totales en el tallo, son similares para todos los elementos, debido a la influencia del propio peso seco del tallo. Sin embargo, a pesar de este efecto multiplicador, los elementos minoritarios siguen diferenciándose de nitrógeno, fósforo, potasio sobre todo en el tratamiento TC que produce elevaciones importantes del contenido de magnesio, hierro, cobre, manganeso y cinc en el tallo.

En términos generales, podemos decir que Nitrógeno, Fósforo y Potasio, disminuyen sus contenidos en el tallo con independencia del tratamiento de riego que se utilice, mientras que el resto de elementos aumentan su contenido en el tallo, sobre todo, con tratamientos reducidos de riego.

En el tubérculo, la evolución de los contenidos de todos los elementos es similar, salvo para el Hierro, que sufre una disminución de su porcentaje mayor que el resto de



elementos, a partir de los 76 días.

En la raíz, al igual que ocurría en el tallo, la variación de los porcentajes de Nitrógeno, Fósforo y Potasio con el riego, es similar, y diferente de la del resto de elementos.

Los contenidos totales de cada elemento en la raíz evolucionan de manera similar, para el Magnesio, Hierro y Manganeso y diferente de los otros elementos, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Cobre y Cinc, que a su vez lo hacen de forma parecida.

En el conjunto de la planta, son Hierro y Manganeso los únicos elementos que se diferencian en su comportamiento del resto. A nivel de suelo, Fósforo y Potasio varían de forma similar, y diferente de Nitrógeno y Magnesio, que son parecidos en su evolución en el suelo, frente al volumen de agua añadido.

En lo referente a la efectividad respecto al agua, hemos de diferenciar entre componentes elementales y pesos, pues unos varían de manera distinta a los otros.

Así, en el tallo, Nitrógeno, Fósforo y Potasio que disminuyen su porcentaje con el riego lo hacen más rápidamente para el tratamiento TC; mientras que Magnesio, Hierro, Cobre, Manganeso y Cinc, que inicialmente disminuyen su porcentaje en el tallo, para luego aumentar, lo hacen más rápidamente con el tratamiento TC; sin embargo, el aumento más efectivo del peso del tallo es con el tratamiento TA.

Esta diferenciación no solamente aparece en el tallo, sino que también se manifiesta a nivel de tubérculo.

Así, mientras el tratamiento más efectivo en la producción de peso húmedo y seco de tubérculo, sería el tratamiento TB, los porcentajes de los distintos elementos estudiados, aumentan más fuertemente con el tratamiento TC, que en este sentido sería el más efectivo.

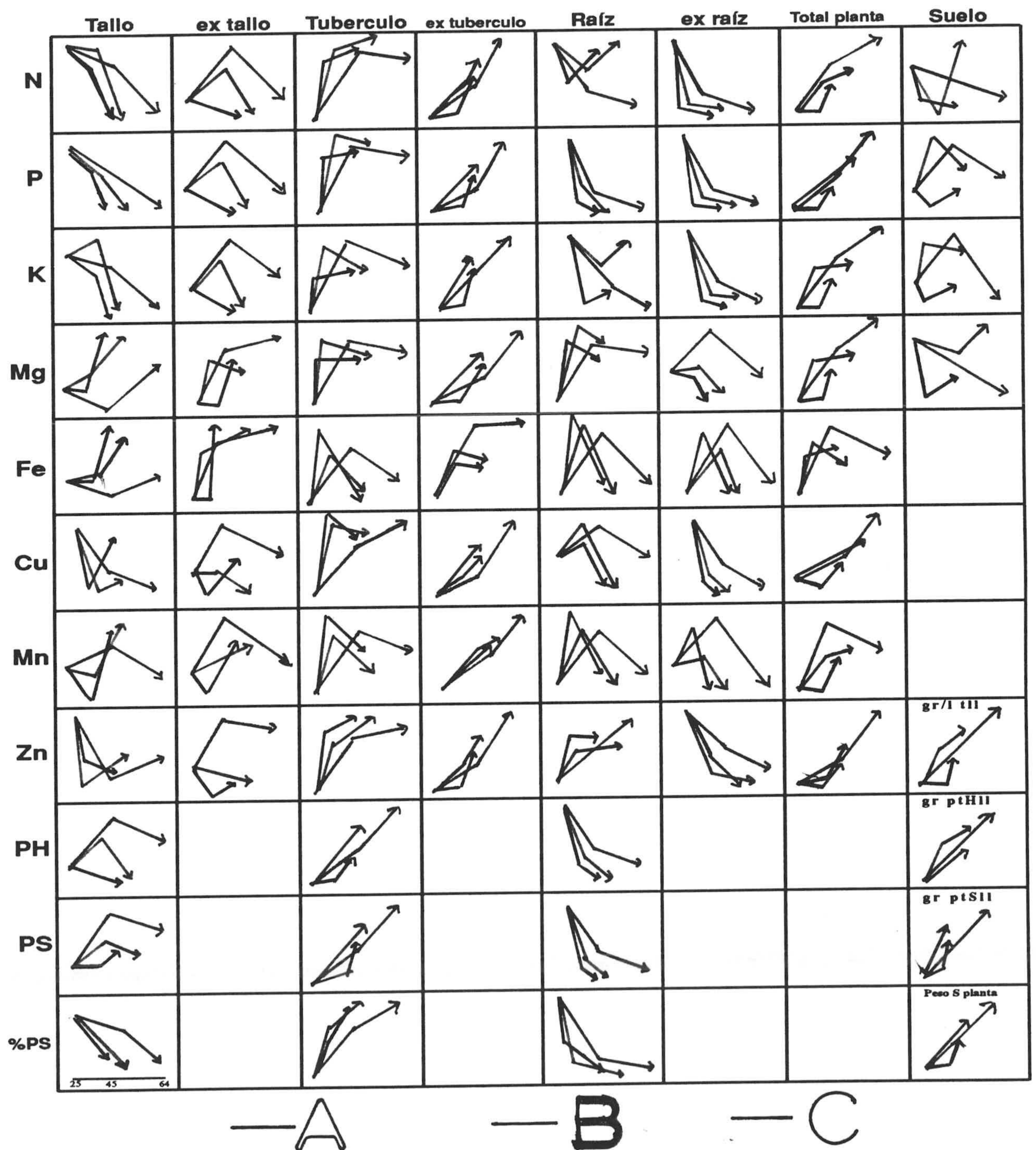
En la raíz, la evolución de pesos y contenidos hacen que la mayor variación se logre con el tratamiento TC.

En lo referente a contenidos totales en tallo, raíz y tubérculo, y para todos los elementos estudiados, se siguen las pautas establecidas por los pesos respectivos. Así, en el tallo, el tratamiento más efectivo sería el TA, en el tubérculo, el TB, y en la raíz, el TC.

Cuando se analizan los pesos producidos, tanto de planta como de tubérculo, por unidad de volumen de agua añadida, se observa que el tratamiento TB sería el más efectivo.



**Gráfica R - 16 - Evolución de los contenidos de diferentes elementos en planta y suelo en función del tratamiento de riego y del volumen de agua aportada. Variedad Red Pontiac. ( Dilar 1989 )**





Para la variedad 2, ( gráfica R-17 ), se puede repetir todo lo indicado para la variedad 1, a nivel de tallo, aun cuando el efecto multiplicador del peso hace que, los contenidos totales de todos los elementos en el tallo, varíen de manera parecida al propio peso del tallo, con lo que, en este caso, no se observan diferencias de comportamientos entre Nitrógeno, Fósforo, Potasio y el resto de los elementos.

En el tubérculo, la evolución de los contenidos de todos los elementos es similar entre si, y semejante a la del propio peso.

En la raíz, la evolución de los contenidos de Nitrógeno, Fósforo y Potasio son similares a los del peso de la misma, y diferentes a los de Magnesio, Hierro y Manganeso, que forman otro grupo de variación, mientras que Cobre y Cinc, varían singularmente cada uno.

A nivel de contenidos totales en la raíz, y a pesar del efecto multiplicador del peso de la misma, no se observan diferencias apreciables entre Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Manganeso y Cinc que varían uniformemente, mientras que Magnesio, Hierro y Cobre, lo hacen de manera diferente a aquellos.

En el conjunto de la planta, todos los elementos varían sus contenidos de manera similar, frente a los volúmenes de agua añadidos.

Respecto a la efectividad frente al agua, hemos de distinguir entre pesos y constituyentes elementales, tal y como hicimos para la variedad 1.

Así, en el tallo, se observa también la diferencia entre la mayor efectividad del tratamiento TA para el peso y del tratamiento TC, para los contenidos elementales.

En el tubérculo, la disyunción se produce entre los pesos, cuya mayor efectividad se logra con el tratamiento TA, y los contenidos elementales, que crecen más fuertemente con el tratamiento TC.

En la raíz, existe concordancia entre pesos y contenidos y es, por tanto, el tratamiento TC el más efectivo.

Refiriéndonos a contenidos totales en tallo, raíz y tubérculo, se siguen las mismas pautas establecidas por los pesos respectivos, siendo el tratamiento TA el más efectivo para tallo y tubérculo y el TC para la raíz.

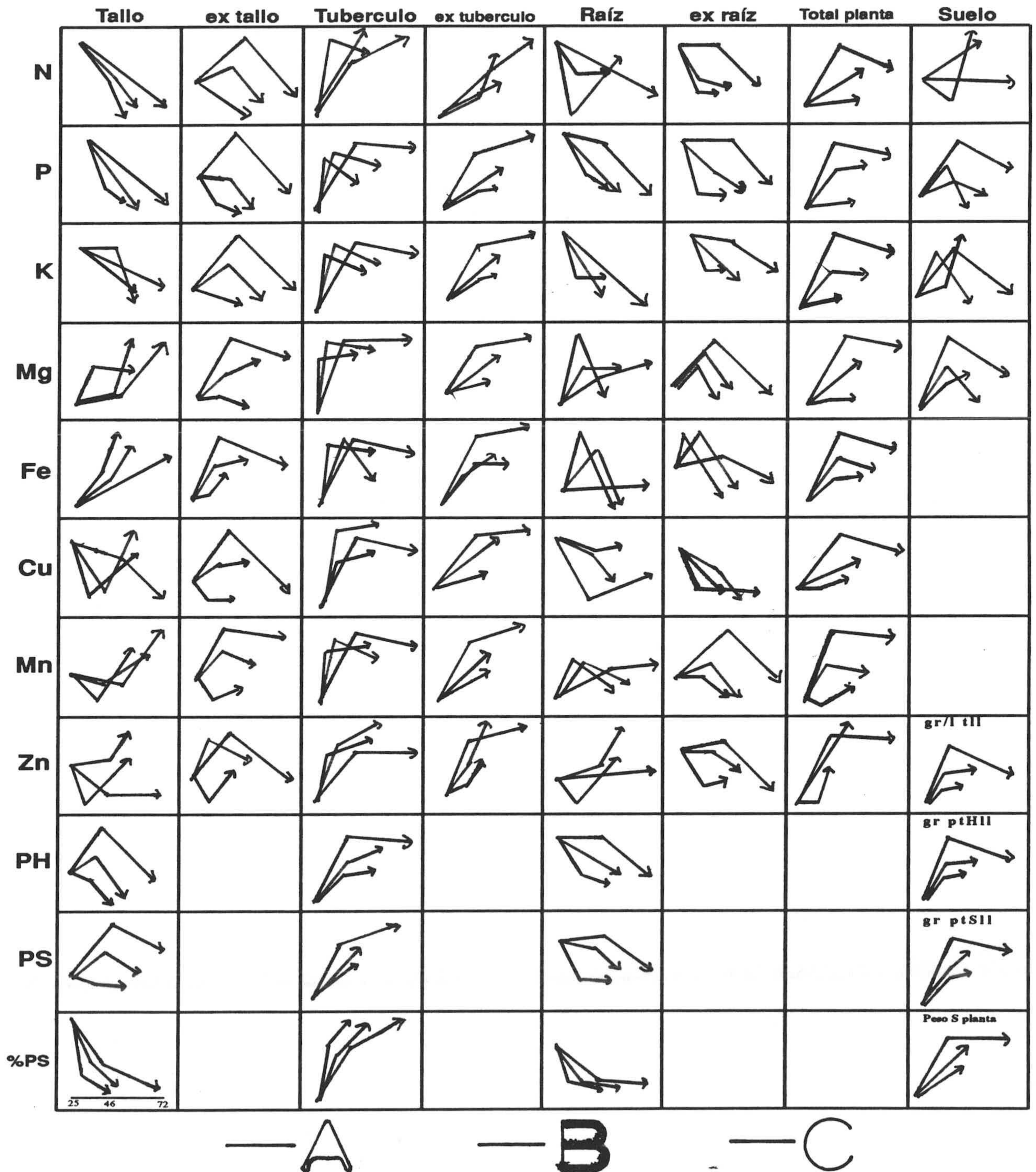


Los pesos relativos por unidad de volumen de agua añadida, también son más efectivos para el tratamiento TA.

En resumen, podemos concluir este apartado, destacando la influencia del Nitrógeno, Fósforo y Potasio en el desarrollo del tallo y de la raíz y de todos los elementos en el tubérculo, y anotando como diferencias entre las dos variedades el comportamiento distinto de sus pesos húmedo y seco de tubérculo y raíz, y no de sus contenidos porcentuales elementales.



**Gráfica R - 17 - Evolución de los contenidos de diferentes elementos en planta y suelo en función del tratamiento de riego y del volumen de agua aportada. Variedad Jaerla. ( Dilar 1989 )**





### **ECUACIONES**

Las variaciones de los pesos de tubérculo y planta frente a los litros de agua recibidos siguen modelos casi lineales, diferenciándose los tres tratamientos de riego empleados, por la pendiente de la recta correspondiente mientras que los contenidos de los distintos elementos en la planta varían entre modelos recíprocos para el tratamiento TC, y lineales o multiplicativos para los otros dos tratamientos. Estas diferencias ya remarcadas de manera gráfica, se ponen de manifiesto en las ecuaciones que se indican en las tablas adjuntas y que corresponden a cada una de las dos variedades ( Cuadros R-4 y R-5 )



**Cuadro R4. Ecuaciones de los contenidos totales en tubérculo y planta en relación a los litros de agua recibidos por planta. Variedad Red Pontiac.**

( Dilar 1989)

		signif.	Coef correl	R <sup>2</sup>
pat pS3	$4.10^{-16} \cdot \text{lt}^{10,439}$	N. S.	0,97	93,48%
pat pS2	2,575 lt - 65,638	5,29%	0,99	99,31%
pat pS1	2,688 lt - 73,689	N. S.	0,98	95,27%
pat pH3	8,839 lt - 231,24	N. S.	0,98	96,70%
pat pH2	10,6996 lt - 265,29	1,97%	0,99	99,90%
pat pH1	11,795 lt - 311,56	N. S.	0,99	98,35%
pln pS3	1/0,1346 - 0,0025 lt	N. S.	-0,99	97,96%
pln pS2	2,428 lt - 46,477	1,41%	0,99	99,95%
pln pS1	$9,2 \cdot 10^{-3} \text{ lt}^{2,2949}$	2,32%	0,99	99,87%
ex N3	1/0,0392 - $6,017 \cdot 10^4$ lt	N. S.	-0,91	83,03%
ex N2	0,25 . $\text{lt}^{1,6312}$	N. S.	0,96	92,99%
ex N1	0,267 $\text{lt}^{1,6094}$	N. S.	0,98	96,09%
ex K3	1/0,0351 - 0,000556 lt	N. S.	-0,89	79,19%
ex K2	0,1836 $\text{lt}^{1,7763}$	N. S.	0,96	91,76%
ex K1	5,6458 lt - 84,637	5,05%	0,99	99,37%
ex P3	1/0,4011 - 0,0066 lt	N. S.	-0,88	77,81%
ex P2	0,4878 lt - 7,3282	3,50%	0,99	99,70%
ex P1	0,0113 . $\text{lt}^{1,8751}$	0,98%	0,99	99,98%

Subíndices : 1 - TA, 2 - TB, 3 - TC



		signif.	Coef correl	R <sup>2</sup>
ex Mg3	1/0,133 - 0,0023 lt	N. S.	-0,97	94,02%
ex Mg2	0,0446 lt <sup>1,8108</sup>	N. S.	0,96	92,78%
ex Mg1	1,3881 lt - 19,64	4,15%	0,99	99,57%
ex Fe3	Aumento, constante (34 l.) (45 l.)			
ex Fe2	Aumento, disminución			
ex Fe1	Aumento, disminución (37 l.) (48 l.)			
ex Cu3	1/129,148 - 1,9476 lt	N. S.	-0,777	60,40%
ex Cu2	0,00016 lt <sup>1,377</sup>	2,93%	0,99	99,79%
ex Cu1	0,00526 . e <sup>0,0395 lt</sup>	0,65%	0,99	99,99%
ex Mn3	1/29,1288 - 0,426 lt	N. S.	0,795	63,31%
ex Mn2	0,0016 lt <sup>1,1292</sup>	N. S.	0,97	95,64%
ex Mn1	Aumento, disminución (45 l.) (64 l.)			
ex Zn3	1/41,731 - 0,6687 lt	N. S.	-0,83	69,64%
ex Zn2	1/38,039 - 0,6289 lt	1,70%	-0,99	99,93%
ex Zn1	2,3 . 10 <sup>-4</sup> lt <sup>1,632</sup>	4,67%	0,99	99,46%

Subindices : 1 - TA, 2 - TB, 3 - TC



**Cuadro R5. Ecuaciones de los contenidos totales en tubérculo y planta en relación a los litros de agua recibidos por planta. Variedad Jaerla. ( Dilar 1989 )**

		signif.	Coef correl	R <sup>2</sup>
pat pS3	1,0627 lt - 26.109	2,86%	0,99	99,80%
pat pS2	1,4128 lt - 35,839	4,02%	0,99	99,60%
pat pS1	Aumento, constante (46 l.) (72 l.)			
pat pH3	4,0021 lt - 92,74	N. S.	0,97	94,55%
pat pH2	6.1656 lt - 148,4	N. S.	0,99	98,31%
pat pH1	Aumento, constante (46 l.) (72 l.)			
pln pS3	0,8769 lt - 10,536	0,3%	0,99	100%
pln pS2	1,439 lt - 23,55	6,5%	0,99	98,96%
pln pS1	Aumento, constante (46 l.) (72 l.)			
ex N3	Constancia (49 l.)			
ex N2	1,4045 lt <sup>1,1042</sup>	3,27%	0,99	99,74%
ex N1	Aumento, disminución (46 l.) (72 l.)			
ex K3	0,8455 lt + 19,0329	1,01%	0,99	99,97%
ex K2	Aumento, constante (40 l.) (52 l.)			
ex K1	Aumento, ligera disminución (46 l.) (72 l.)			
ex P3	Constante (49 l.)			
ex P2	0,247 lt <sup>0,9099</sup>	N. S.	0,97	94,43%
ex P1	Aumento, ligera disminución (46 l.) (72 l.)			



		signif.	Coef correl	R <sup>2</sup>
ex Mg3	Constante			
ex Mg2	0,1634 . lt <sup>1,3925</sup>	N. S.	0,99	98,35%
ex Mg1	Aumento, ligera disminución (46 l.) (72 l.)			
ex Fe3	Aumento, constante (36 l.) (49 l.)			
ex Fe2	Aumento, ligera disminución (40 l.) (52 l.)			
ex Fe1	Aumento, disminución (46 l.) (72 l.)			
ex Cu3	1/174,71 - 2,12 lt	N. S.	-0,92	84,38%
ex Cu2	3,77 . 10 <sup>-5</sup> lt <sup>1,6916</sup>	0,57%	0,99	99,99%
ex Cu1	Aumento, disminución (46 l.) (72 l.)			
ex Mn3	Disminución, aumento (36 l.) (49 l.)			
ex Mn2	Aumento, constante (40 l.) (52 l.)			
ex Mn1	Aumento, constante (46 l.) (72 l.)			
ex Zn3	1/56,12 - 0,795 lt	N. S.	-0,91	82,14%
ex Zn2	0,00337 lt - 0,0549	1,69%	0,99	99,93%
ex Zn1	Aumento, constante (46 l.) (72 l.)			

Las mayores producciones de tubérculos se producen con el riego semanal; produciéndose incrementos de peso hasta los 46 litros de agua aportados por planta, para la variedad 2, e incluso superiores para la variedad 1.

Una mayor efectividad en el uso del agua se logra con una periodicidad de riego bisemanal, pero el volumen de agua aportado es casi idéntico; por lo que podemos establecer el valor de (45 - 50) como la cantidad total en litros de agua que hay que aportar a cada planta para obtener buenos rendimientos.



#### **4.2.2 - Resultados - Dilar 1990**

Este año, se repitió el ensayo al igual que el año anterior; se mantuvieron las dos variedades de estudio, nº 1 - Red Pontiac y nº 2 - Jaerla, con los tres tratamientos de riego, semanal ( TA ), bisemanal ( TB ), y trisemanal ( TC ), y las dos repeticiones para cada tratamiento. En la fertilización, idéntica al año anterior, se anuló el magnesio, dado que una apreciación inicial de los resultados del ensayo 1989, parecían indicar una escasa incidencia por parte de este elemento.

Sin embargo, se introdujo un nuevo factor de modificación, cual fue, someter a todos los tratamientos a un ligero stress hídrico, atrasando la fecha de primer riego. Es esta una práctica bastante común en la zona, y sometida a discusión por los agricultores .

Durante este ensayo, solamente se realizaron dos muestreos, a los 56 días y a los 119 días ( cosecha ), junto a la recolección final, pues el stress condicionó bastante el crecimiento de la planta, haciendo que no se diferenciase el momento de la floración y reduciendo el periodo vegetativo verde del tallo.

Al igual que el año anterior, con los datos obtenidos, procedimos a su análisis estadístico y gráfico, diferenciando como variables de estudio, la periodicidad en el riego, la variedad, el volumen de agua aportado, y los días transcurridos desde la siembra.

##### **4.2.2.1 - Análisis de la producción**

###### **Producción D-90 - periodicidad en el riego - variedad**

Con los datos de producción diferenciando los distintos tamaños de tubérculo, (calibres, < 30 mm, entre 30 - 45 mm, entre 45 - 80 mm y totales ) se realizó un primer análisis de la varianza frente a la periodicidad y la variedad.

Los resultados, se resumen en la gráfica R-18



Gráfica R - 18 - Análisis de la varianza de las producciones del año 1990 en Dilar en función de la periodicidad y la variedad.

Tamaño Parámetro	30 mm	45 mm	45 - 80 mm	Total
Peso				
Piezas				
% piezas				
Kg / l				
Kg / m <sup>2</sup>				
Kg / pl				

X - parámetro significativo al 5% frente a la periodicidad.

S - diferencia significativa entre tratamientos.



Del estudio del mismo se deduce que existen diferencias significativas al 5% con respecto a la periodicidad, en cada uno de los siguientes parámetros.

- El peso, número de piezas, porcentaje de piezas frente al total, peso por unidad de volumen de agua aportada ( kg/l ), peso por unidad de superficie ( kg/m<sup>2</sup> ), y peso por planta ( kg/pl ), de los tubérculos cuyo calibre está comprendido entre 45 y 80 mm.

- El peso, peso por unidad de volumen de agua ( Kg/lt ), peso por unidad de superficie ( Kg/m<sup>2</sup> ) y peso por planta ( Kg/pl ) del conjunto de tubérculos.

Al no existir tubérculos grandes, ( calibre mayor de 80 mm ), creemos que debido al stress, el comportamiento de los tubérculos medianos, ( entre 45 - 80 mm de calibre ), se puede asimilar comparativamente a los tubérculos cuyo tamaño fue superior a 5 cm en el año 1989.

- Los tubérculos menores de 30 mm, disminuyen su peso, número de piezas, porcentaje de éstas frente al total, peso por unidad de volumen de agua ( kg/l ), peso por unidad de superficie ( kg/m<sup>2</sup> ), y peso por planta ( Kg/pl ), frente a la periodicidad, aunque no de manera significativa.

- Los tubérculos menores de 45 mm. aumentan su peso, número de piezas, peso por unidad de volumen de agua aportada ( kg/l ), peso por unidad de superficie ( Kg/m<sup>2</sup> ), y peso por planta ( Kg/pl ), al pasar del tratamiento TC al TB y disminuyen cuando pasamos de éste al tratamiento TA.

No existen diferencias significativas con respecto a la variedad.








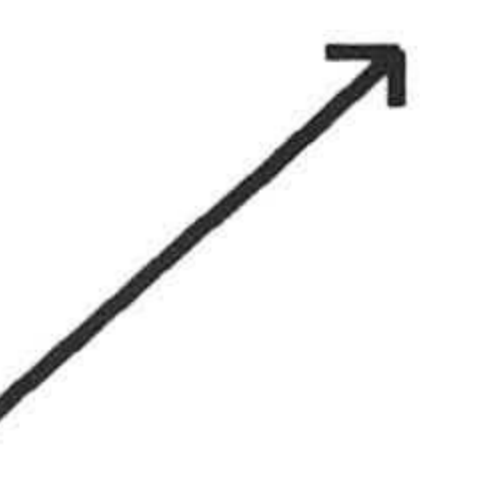
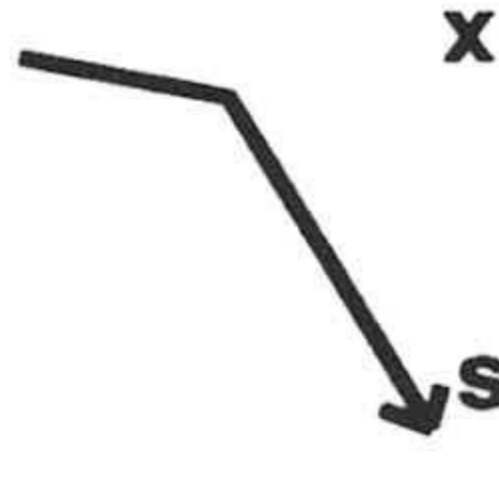














A la vista del cuadro podemos indicar que el tratamiento TB, producirá mayor peso y número de piezas de tamaño pequeño, mientras que el tratamiento TA, lo hará de piezas cuyo calibre esté comprendido entre 45 - 80 mm.

Si consideramos cada variedad separadamente, ( Gráficas R-19 y R-20 ), presentan diferencias significativas al 5% frente a la periodicidad, el peso de tubérculo, el peso por unidad de superficie y el peso por planta de los tubérculos cuyo calibre está comprendido entre 45 - 80 mm y del total de tubérculos, para las dos variedades.

Aparentemente, por las tablas de significación, las dos variedades se comportan cuantitativamente igual aun cuando existen diferencias cualitativas para los diferentes calibres entre las dos variedades.



**Gráfica R -19 - Análisis de la varianza de las producciones del año 1990 en Dilar en función de la periodicidad. Variedad Red Pontiac.**

Tamaño Parámetro	30 mm	45 mm	45 - 80 mm	Total
<b>Peso</b>				
<b>Piezas</b>				
<b>% piezas</b>				
<b>Kg / l</b>				
<b>Kg / m<sup>2</sup></b>				
<b>Kg / pl</b>				

X - parámetro significativo al 5% frente a la periodicidad.

S - diferencia significativa entre tratamientos.



Gráfica R - 20 - Análisis de la varianza de las producciones del año 1990 en Dilar en función de la periodicidad. ( Variedad Jaerla )

Tamaño Parámetro	30 mm	45 mm	45 - 80 mm	Total
Peso				
Piezas				
% piezas				
Kg / l				
Kg / m <sup>2</sup>				
Kg / pl				

X - parámetro significativo al 5% frente a la periodicidad.

S - diferencia significativa entre tratamientos.



Para los tubérculos cuyo calibre está comprendido entre 45 - 80 mm, el peso de la variedad 1 es significativamente diferente entre el tratamiento TA y los otros dos; esto nos indica que el mayor incremento en el peso de los tubérculos de este calibre se produce al pasar de una periodicidad bisemanal de riego a semanal, con dosis más altas de agua.

Para la variedad 2, las diferencias significativas se producen entre el tratamiento TC y los otros dos, lo que nos indica que el mayor incremento en el peso de los tubérculos de este calibre, se produce al pasar del tratamiento de riego trisemanal al bisemanal, es decir, con las dosis más bajas de agua.

Esta diferencia, se confirma al comparar el peso por unidad de volumen de agua ( Kg / l ), para las dos variedades; ya que la variedad 1 es creciente frente a los litros de agua añadidos, mientras que la variedad 2, alcanza un máximo con el tratamiento TB, para luego disminuir.

Esto nos indica que la variedad 2, se desarrolla con dosis bajas de agua y que al ir elevando las mismas, alcanza un máximo de producción para luego decrecer, mientras que la variedad 1 sigue aumentando su producción al ir elevando los volúmenes de agua aplicados.

La producción total de tubérculos presenta diferencias significativas frente a la periodicidad, en el peso, peso por unidad de superficie y peso por planta, al igual que ocurrió el primer año.



### Producción D - 90 - Volumen de agua - variedad

Los resultados del análisis de la varianza, referidos a los datos de producción final, frente al volumen de agua aportado, se indican en el cuadro R6

**Cuadro R6 - Tabla de significación al 5% de los datos de producción de tubérculos de diferentes tamaños frente a los litros de agua recibidos y la variedad.**

Tamaño Parámetro	30 mm	45 mm	45 - 80 mm	Total	
Peso			I	I	
Piezas			I		
% piezas	I		I		
Kg / l riego	I		I	I	
Kg / l tot	I		I	I	
Kg / m <sup>2</sup>			I	I	
Kg / pl			I	I	

Destaca la influencia del volumen de agua aportado a la parcela, sobre todos los parámetros estudiados, para los tubérculos de calibre comprendido entre 45 y 80 mm; influye también sobre el peso total de tubérculos, así como sobre el porcentaje de piezas y peso por unidad de volumen de agua ( Kg / l ) de los tubérculos cuyo calibre es menor de 30 mm.

No existen diferencias significativas frente a la variedad.

Los resultados son muy similares a los del año anterior.



Los resultados de la producción en función de los litros de agua recibidos o frente a la periodicidad, pueden representarse de manera gráfica, como mostramos en las gráficas R-21 y R-22

Estas gráficas R-21 y R-22, son prácticamente idénticas ya sean en función de los litros de agua recibidos, la periodicidad o el número de riegos, por lo que representamos una de ellas, indicando las escalas que corresponderían en los otros casos.

Variedad 1

Riegos 2 - 3 - 6  
Litros totales - 5350 - 5900 - 7600  
Litros riego - 1150 - 1700 - 3400

Variedad 2

Riegos 2 - 3 - 6  
Litros totales - 5350 - 6250 - 7800  
Litros riego - 1150 - 2050 - 3600

Destaca la ligera disminución de la producción de tubérculos menores de 30 mm para la variedad 1 y casi nula para la variedad 2, y el aumento prácticamente lineal de la producción de tubérculos cuyo calibre está comprendido entre 45 - 80 mm con el incremento de los volúmenes de agua aportados a la parcela, sobre todo para la variedad 1, pues la variedad 2, desciende sus producciones, relativamente, con dosis elevadas de agua.

Las producciones son inferiores para todos los tamaños a las del año anterior, debido al estrés; sin embargo, la efectividad al agua es ligeramente superior 2,5 - 5,4 kg / m<sup>3</sup> frente al año anterior 2,5 - 4,5 Kg / m<sup>3</sup>.

La eficiencia del agua se incrementa con el estrés ( Vos 1989 ). Los tratamientos sin déficit tienen menos eficiencia a causa de las pérdidas por drenaje ( Martin 1992 )

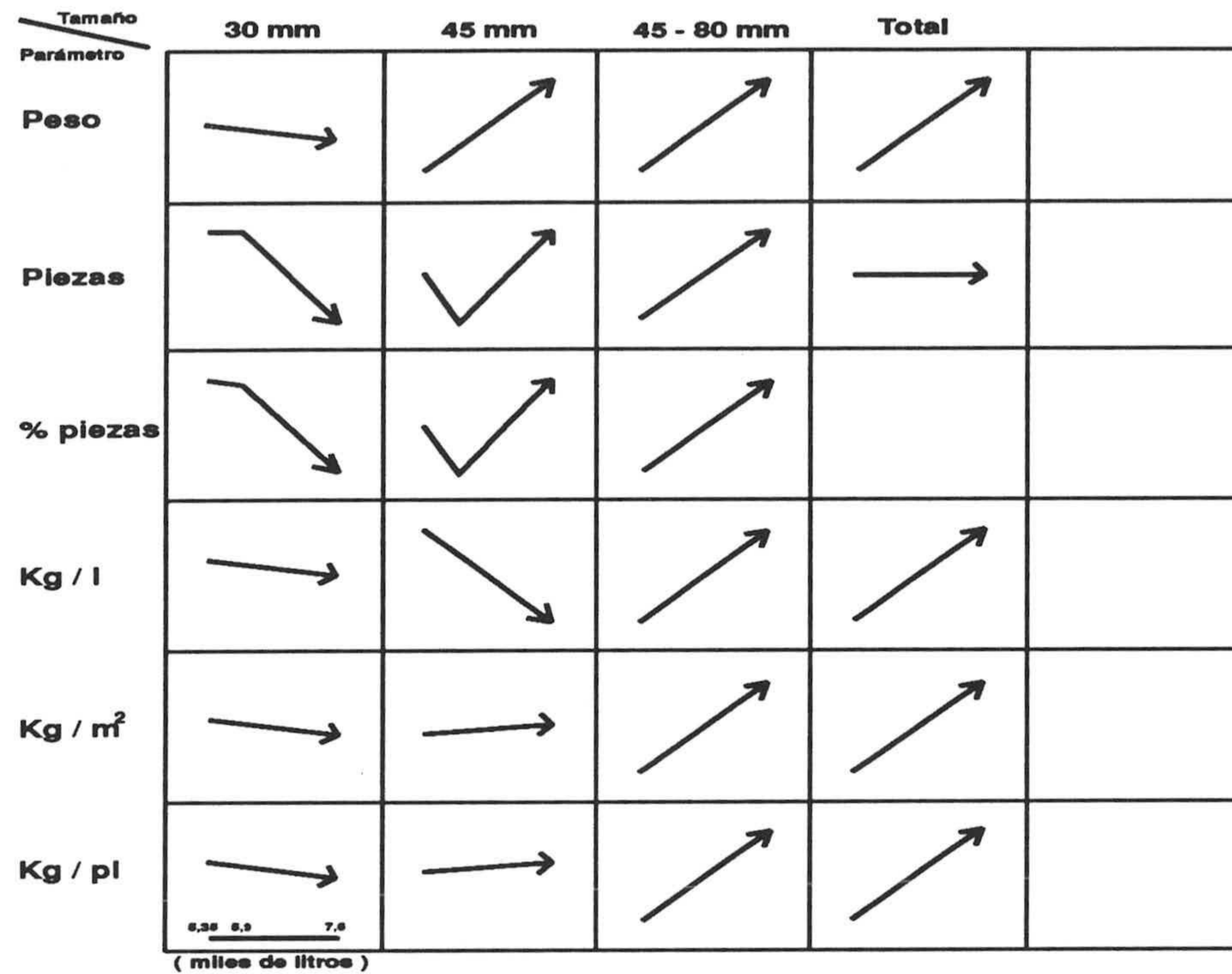
La disminución de la producción con el estrés hídrico producido al inicio de la tuberización, está ampliamente remarcado en la bibliografía ( Lynch 1988, 1989, 1991 ), ( Tarafder 1988 ), ( Jefferies 1987 ), ( Bartoszuk 1987 ), ( Jana 1989 ), ( Jerez 1991 ), ( Stark 1992 ), ( Martin 1992 ), ( Ojala 1990 )

Trebejo ( 1990 ) cifra la reducción de la producción entre el 20 y el 52% si la cantidad aportada de agua se reduce entre un 20 y un 35% por parcela, mientras que Michas ( 1991 ), establece la reducción por el estrés hídrico entre un 30 - 65%.

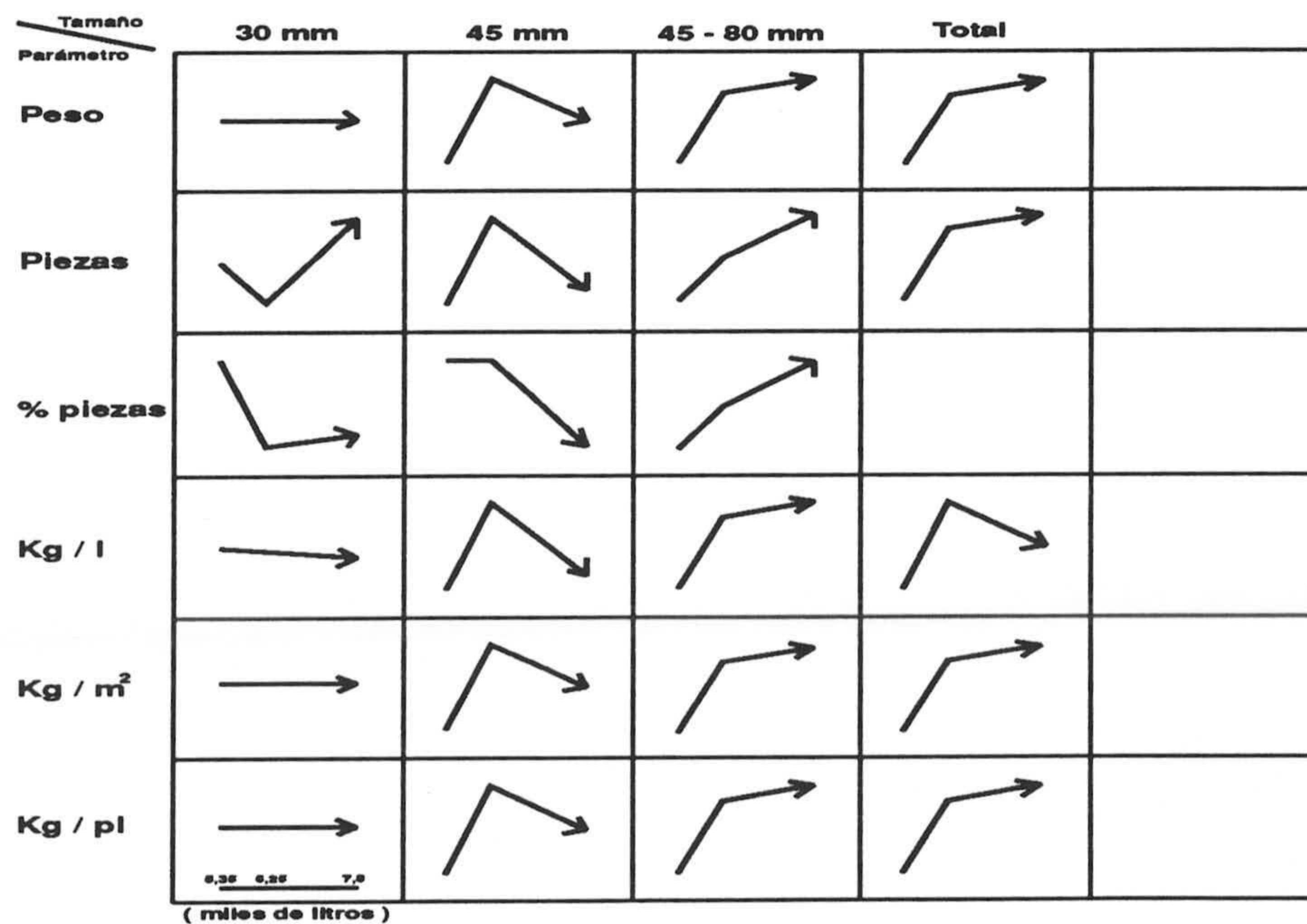
Para Guarda ( 1987 ) esta disminución global de la producción es el resultado de las pérdidas diarias, que cifra entre un 2 y un 5%, según el estrés.



Gráfica R - 21 - Gráficas de variación de la producción de la Variedad Red Pontiac en función del volumen de agua aportado en litros. ( Dilar 1990 )



Gráfica R - 22 - Gráficas de variación de la producción de la Variedad Jaerla en función del volumen de agua aportado en litros. ( Dilar 1990 )





Estas reducciones, según **Martin ( 1992 )**, se producen, tanto en el número como en el tamaño de los tubérculos, por lo que cabe esperar que el porcentaje de tubérculos pequeños aumente; según **Minhas ( 1991 )**, este incremento está entre el 9 y el 25%; en nuestras experiencias el incremento oscila entre el 5 y el 38% el primer año y entre el 4 y el 64% el segundo año con una diferencia entre los dos años del 30 - 50%.

En nuestras experiencias, los diferentes tratamientos condicionan un stress relativo, más pronunciado en el tratamiento TC. La reducción de los rendimientos oscila entre el 33 y el 68% para las dos variedades y los dos años; con lo que estamos más cercanos a los resultados de **Minhas ( 1991 )** que a los de **Trebejo ( 1990 )**.

Entre los dos años las diferencias oscilan entre el 3 y el 38%.

Como quiera que los tratamientos realizados en los dos años fueron semejantes, y al objeto de generalizar conclusiones, se han agrupado los datos de producción final, despreciando por un lado los tubérculos de calibre inferior, considerados como destrio y englobando los demás en dos categorías: Comerciales ( tubérculos con calibre mayor de 45 mm ) y totales.

Se estudió la producción de los dos años frente al volumen de agua aportada, la variedad y el año. Los resultados se resumen en el cuadro R-7.

**Cuadro R7 - Análisis de la varianza de las producciones de tubérculos frente al volumen de agua añadido a la parcela, ( litros ) la variedad y el año.**

Parámetro	Calibre	
	Comercial	Total
peso	l 90	l 90
piezas	l	90
%piezas	l 89	
Kg/l	l 90	l 90
Kg/m <sup>2</sup>	l 90	l 90
Kg/pl.	l 90	l 90



Vemos como todos los parámetros correspondientes al tamaño comercial varían significativamente con los litros de agua aportados a la parcela mientras que para el total de tubérculos solamente el peso y los parámetros relacionados con él como peso por unidad de volumen de agua ( Kg / l ); peso por unidad de superficie ( Kg / m<sup>2</sup> ), y peso por planta, ( Kg/pl) varían significativamente con los litros de agua aportados.

Debemos destacar que no se presentan diferencias significativas entre las dos variedades.



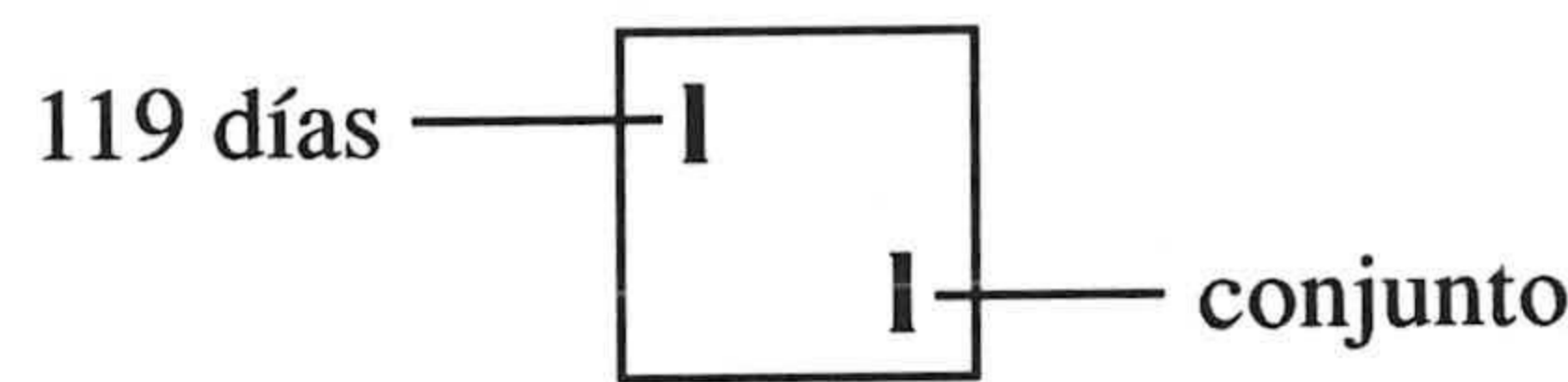
**Crecimiento - Evolución frente al volumen de agua y la variedad**

Con los datos correspondientes a los pesos de tallo, raíz y tubérculos, junto con los niveles de los diferentes nutrientes en la planta, se ha realizado un análisis de la varianza frente al volumen de agua aportado ( riego más lluvia ) y la variedad.

Los resultados para las dos variedades, se reflejan en los cuadros R8 ( frente a los litros ) y R9 ( frente a la variedad ). Se indican los parámetros que presentan diferencias significativas al 5% a los 119 días después de la siembra y en el conjunto del ciclo vegetativo de la planta; la notación utilizada es:

L - Diferencia significativa al 5% frente a los litros de agua aportados.

V - Diferencia significativa al 5% frente a la variedad.



Presentan diferencias significativas frente a los litros a los 119 días, los porcentajes de Nitrógeno, Potasio y Magnesio en el tallo, nitrógeno, fósforo, potasio en el tubérculo y potasio, hierro, manganeso y cinc en la raíz.

Asimismo presentan diferencias significativas, frente a los litros, en la madurez, los contenidos totales de los microelementos en la raíz.

En el conjunto del crecimiento de la planta, presentan diferencias significativas frente al volumen de agua aportada, los porcentajes de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio, Hierro y Cinc junto con el peso seco del tallo; los porcentajes de todos los elementos estudiados en el tubérculo junto con los pesos del mismo y los porcentajes de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio en la raíz.

Asimismo, presentan diferencias significativas frente al volumen de agua aportado, quizás condicionados por el peso seco del tallo, los contenidos totales del Magnesio, Hierro, Cobre y Manganeso en el tallo, los contenidos totales de todos los elementos en el tubérculo y en el conjunto de la planta, y los de Fósforo, Potasio y Magnesio en la raíz.

Los pesos, tanto húmedo como seco, de la planta así como los pesos de planta y tubérculo por unidad de volumen de agua aportado presentan, asimismo, diferencias significativas frente a los litros de agua añadidos.



En el conjunto de los dos años se pone de manifiesto fundamentalmente, la influencia del agua sobre los contenidos de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio en el tallo y raíz y sobre todos los elementos en el tubérculo.

La influencia de la variedad se pone de manifiesto en el cuadro R9, en donde vemos que, al igual que sucedía el año anterior, son el Cobre y el Manganeso del tallo los elementos diferenciadores de las dos variedades y el peso seco del tallo al ser significativamente diferente entre las dos variedades también, condiciona que los contenidos totales de Nitrógeno, Fósforo, Magnesio y Hierro del tallo también sean significativamente diferentes.

A nivel de tubérculo, los contenidos de Fósforo, Potasio, Manganeso y Cinc manifiestan diferencias entre las dos variedades a los 119 días del crecimiento.

Sigue apreciándose, igual que el año anterior, que los porcentajes de microelementos Cobre y Manganeso del tallo son mayores en la variedad 2, mientras que el resto de los resultados significativamente diferentes entre las dos variedades son mayores para la variedad 1.

En conjunto, las diferencias entre las dos variedades se presentan en los contenidos de Cobre, Manganeso y peso seco del tallo, en los contenidos totales de Nitrógeno, Fósforo, Magnesio, Hierro y Manganeso del tallo y en los contenidos totales de Potasio, Magnesio de la raíz y en los contenidos totales de Nitrógeno, Fósforo, Magnesio y Hierro de la planta que parecen venir condicionados por el tallo, fundamentalmente.

Los resultados son significativamente distintos de un año a otro, lo que pone de manifiesto la influencia de los condicionantes externos sobre la respuesta de cada variedad.

El análisis estadístico de los resultados de ambos años pone de manifiesto la influencia del agua, la variedad y el año.

En efecto en los cuadros R10, R11 y R12 se resumen los análisis de la varianza realizados, indicando con la letra " L ", la existencia de diferencias significativas en el parámetro estudiado frente a los litros de agua aportados, con la letra " V " la existencia de diferencias entre variedades ( V1 si  $1 > 2$ ; V2 si  $2 > 1$ ) y con " año " las diferencias entre los dos años estudiados.



**Cuadro R8 - Resultados significativos al 5% de los constituyentes de planta y suelo a los 119 días y en conjunto, frente a los litros ( Dilar 1990 )**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raiz	ex raiz	Total planta	Suelo
N	1		1	1			1	
	1		1	1	1		1	1
P			1	1			1	
	1		1	1	1	1	1	
K	1		1	1	1		1	1
	1		1	1	1	1	1	
Mg	1	1		1			1	
	1	1	1	1	1	1	1	
Fe			1	1	1	1	1	
	1	1	1	1			1	
Cu	1	1		1		1	1	
		1	1	1			1	
Mn		1	1	1	1	1	1	
		1	1	1	1	1	1	gr p1011
Zn	1		1	1	1	1	1	1
	1		1	1	1	1	1	gr p1011
PH	1		1		1		1	1
			1				1	1
PS			1		1		1	gr p1011
	1		1				1	1
% PS	1		1					Peso de planta
	1		1		1			1

**Cuadro R9 - Resultados significativos al 5% de los constituyentes de planta y suelo a los 119 días y en conjunto, frente a la variedad. ( Dilar 1990 )**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raiz	ex raiz	Total planta	Suelo
N		V <sub>1</sub>					V <sub>1</sub>	
		V <sub>1</sub>					V <sub>1</sub>	
P			V <sub>1</sub>				V <sub>1</sub>	
		V <sub>1</sub>					V <sub>1</sub>	
K			V <sub>1</sub>			V <sub>1</sub>		
						V <sub>1</sub>		
Mg		V <sub>1</sub>					V <sub>1</sub>	
		V <sub>1</sub>				V <sub>1</sub>	V <sub>1</sub>	
Fe		V <sub>1</sub>					V <sub>1</sub>	
		V <sub>1</sub>					V <sub>1</sub>	
Cu	V <sub>2</sub>							
	V <sub>2</sub>							
Mn	V <sub>2</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>1</sub>					
	V <sub>2</sub>	V <sub>2</sub>						
Zn			V <sub>2</sub>					gr p1011
								gr p1011
PH								
								gr p1011
PS	V <sub>1</sub>				V <sub>1</sub>		gr p1011	gr p1011
	V <sub>1</sub>						V <sub>1</sub>	V <sub>1</sub>
% PS								Peso de planta



**Cuadro R10 - Resultados significativos al 5% de los constituyentes de planta y suelo frente a los litros ( Conjunto de los años 1989 - 1990 )**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N	I		I	I	I	I	I	
P	I		I	I	I	I	I	
K	I		I	I	I	I	I	
Mg	I	I	I	I	I		I	
Fe		I	I	I			I	
Cu		I	I	I			I	
Mn			I	I			I	
Zn	I		I	I	(X)		I	gr p1811
PH			I		I			gr p1811
PS	I		I		I			gr 1811
%PS	I		I		I			Peso a planta

**Cuadro R11 - Resultados significativos al 5% de los constituyentes de planta y suelo frente a los años ( 1989 - 1990 )**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N				Año	Año		Año	
P				Año			Año	
K	Año	Año			Año		Año	Año
Mg	Año		Año	Año	Año	Año		
Fe		Año	Año	Año	Año	Año		
Cu	Año	Año					Año	
Mn	Año	Año					Año	
Zn	Año				Año			gr p1811
PH								gr p1811
PS	Año							gr 1811
%PS								Peso a planta



**Cuadro R12 - Resultados significativos al 5% de los constituyentes de planta y suelo frente a la variedad. ( años 1989 - 1990 )**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raiz	ex raiz	Total planta	Suelo
N				V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>		V <sub>1</sub>	V <sub>1</sub>
P				V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>		V <sub>1</sub>	
K				V <sub>1</sub>		V <sub>1</sub>	V <sub>1</sub>	
Mg				V <sub>1</sub>		V <sub>1</sub>	V <sub>1</sub>	
Fe		V <sub>1</sub>					V <sub>1</sub>	
Cu				V <sub>1</sub>		V <sub>1</sub>	V <sub>1</sub>	
Mn	V <sub>2</sub>	V <sub>2</sub>				V <sub>1</sub>		
Zn		V <sub>1</sub>				V <sub>1</sub>	V <sub>1</sub>	gr pIII
PH			V <sub>1</sub>		V <sub>1</sub>			gr pIII
PS			V <sub>1</sub>		V <sub>1</sub>			gr Icell
%PS								Peso # planta
								V <sub>1</sub>



Por la influencia del volumen de agua aportado, se presentan diferencias significativas en los pesos, tanto húmedo como seco del tubérculo y raíz y peso seco del tallo.

Es destacable también, que sea el tubérculo la parte de la planta que presenta mayores diferencias significativas frente al volumen de agua, puesto que todos los elementos estudiados, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio, Hierro, Cobre, Manganeso y Cinc se ven afectados significativamente; mientras que a nivel de tallo y raíz son los macroelementos Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio junto con el Cinc los que manifiestan respuesta significativa. El peso seco de la planta en conjunto, así como el peso por unidad de volumen de agua añadida, ya sea de planta o de tubérculo, también se ven influenciados de manera significativa por el volumen de agua, al igual que los contenidos totales de todos los elementos en la planta, como consecuencia, de la aportación, fundamentalmente, del tubérculo.

En definitiva, el riego condiciona los contenidos de todos los elementos en el tubérculo, mientras que afecta preferentemente a los contenidos de los macroelementos Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio en el tallo y en la raíz.

En lo que se refiere a las diferencias existentes entre años ( cuadro R11 ) destacan las variaciones de Potasio, Magnesio, Hierro, Cobre, Manganeso y Cinc en el tallo; de Magnesio y Hierro en el tubérculo y de Nitrógeno, Potasio, Magnesio, Hierro y Cinc en la raíz.

En conjunto, destacan Magnesio y Hierro como elementos más variables en todas las partes de la planta en los distintos años; Potasio varía en el tallo, raíz y suelo; Cobre y Manganeso en el tallo y Cinc en el tallo y raíz.

Finalmente, frente a la variedad destacan las diferencias de los pesos de raíz y tubérculo de las dos variedades estudiadas.

La influencia de la variedad sobre estos pesos puede condicionar los contenidos totales de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio y Cobre en el tubérculo y de Potasio, Magnesio, Cobre, Manganeso y Cinc en la raíz, así como los contenidos totales de todos los elementos, salvo el Manganeso, en la planta.

Este elemento presenta un comportamiento peculiar no solo por diferenciar a las dos variedades en el tallo, sino también por ser su porcentaje superior en la variedad 2 que en la 1, ( igual ocurre con el Nitrógeno y el Fósforo de la raíz ) cuando en casi todos los casos reseñados en el cuadro, la variedad 1 supera significativamente a la dos.



### **Crecimiento - Evolución frente a los días después de la siembra**

Las variaciones de los contenidos de los distintos elementos en suelo y planta, con respecto a los días transcurridos desde la fecha de la siembra se reflejan en las gráficas R-23 y R -24 para las variedades 1 y 2, respectivamente.

En las dos variedades son significativamente crecientes los porcentajes y contenidos totales de todos los elementos en el tubérculo, así como los contenidos totales en el conjunto de la planta, frente a los días transcurridos desde la siembra.

Los pesos de tubérculo y planta aumentan significativamente con el crecimiento, al igual que el peso seco del tallo, mientras que el peso de la raíz, disminuye. Los porcentajes relativos de tallo y raíz son significativamente decrecientes con el crecimiento de la planta mientras que los de tubérculo aumentan con el transcurso de los días transcurridos desde la siembra. Los contenidos de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio en el suelo tienden a decrecer con el crecimiento de la planta.

Las dos variedades manifiestan un crecimiento significativo en el peso por unidad de volumen de agua añadido tanto de tubérculo como de planta al pasar desde el inicio de la tuberización a la madurez.

Las diferencias de comportamiento entre las dos variedades, solo se manifiestan en los porcentajes y contenidos totales de Potasio y Cinc de la raíz; así mientras que en la variedad 1, el contenido de Potasio en la raíz crece con la madurez de la planta, en la variedad 2, disminuye; a su vez, el contenido de Cinc en la raíz de la variedad 1, disminuye, mientras que aumenta para la variedad 2.

Por lo tanto, en los que se refiere a las variaciones de los constituyentes elementales y hechas las diferenciaciones anteriores, el comportamiento de las dos variedades es similar.

Así pues, entre los 56 días y los 119 días después de la siembra y para las dos variedades, aumentan sus contenidos en el tallo Magnesio, Cobre y Manganeso, mientras que lo disminuyen ,Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Hierro y Cinc. En el tubérculo, y en la planta en conjunto, el contenido de todos los elementos aumenta, mientras que en la raíz disminuyen su contenido, Nitrógeno, Fósforo, Hierro y Manganeso, mientras que Magnesio y Cobre lo aumentan.



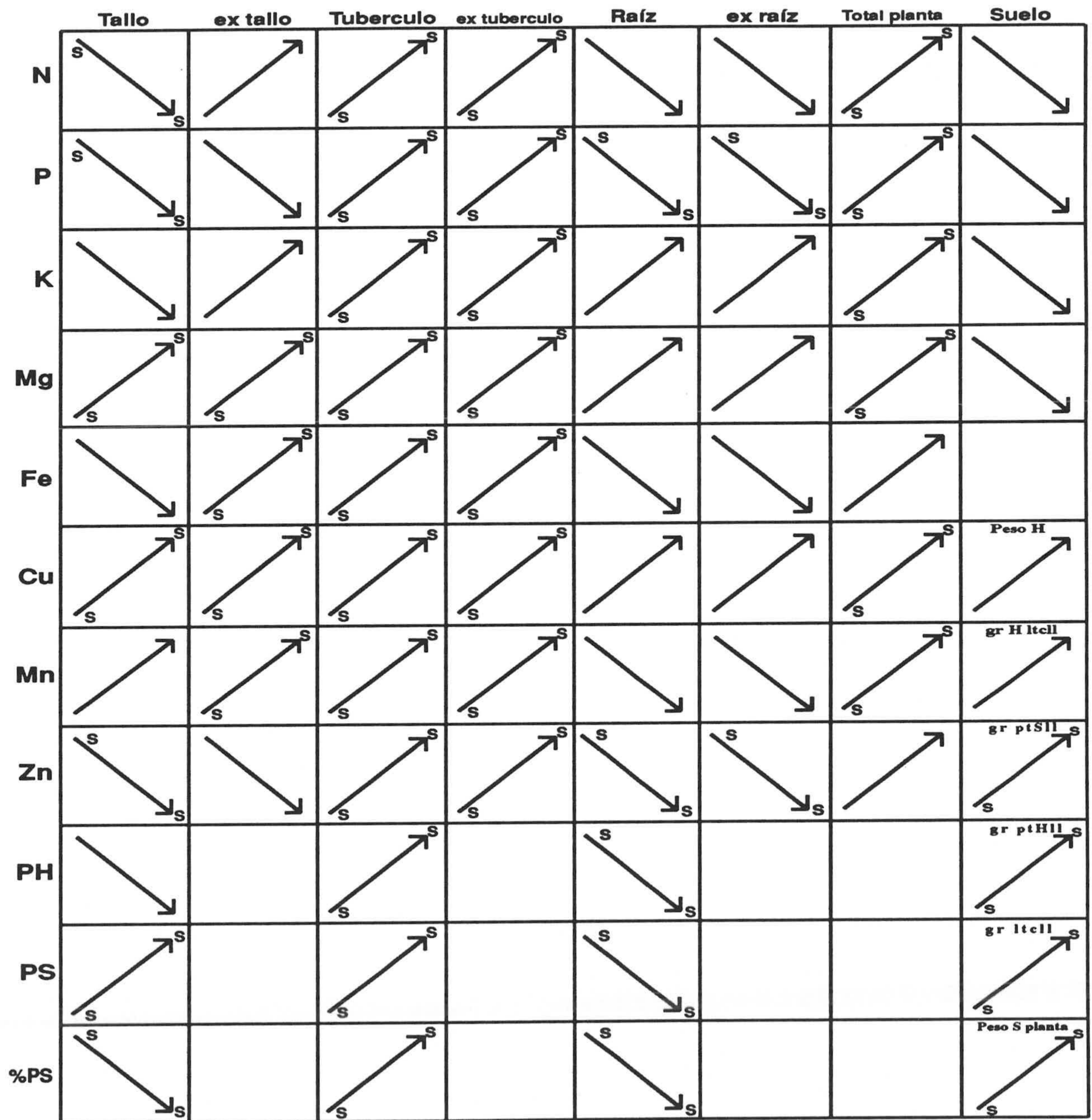
En general, Nitrógeno, Fósforo, Hierro, Cinc y Potasio ( salvo en la raíz ) y Manganeso ( salvo en el tallo ) manifiestan variaciones similares en todas las partes de la planta ( decrecientes en tallo y raíz y crecientes en tubérculo ), mientras que Magnesio y Cobre aumentan su contenido en todas las partes de la planta.

Comparando los resultados de los dos años, manifiestan comportamientos diferentes Hierro y Cobre en el tallo, para las dos variedades y, Potasio, Hierro, Cobre, Manganeso y Cinc en la raíz para la variedad 1, y Cobre y Manganeso en la raíz para la variedad 2; lo que nos indicaría que los microelementos son menos estables en sus comportamientos que los macroelementos, al variar las condiciones de stress hídrico sobre el cultivo.



Gráfica R - 23 - Análisis estadístico - gráfico de los datos de planta y suelo en función de los días desde la siembra ( 56, 119 ) para la Variedad Red Pontiac ( Dilar 1990 )

En ordenadas se representan los contenidos de cada elemento y en abcisas los días transcurridos desde la siembra.



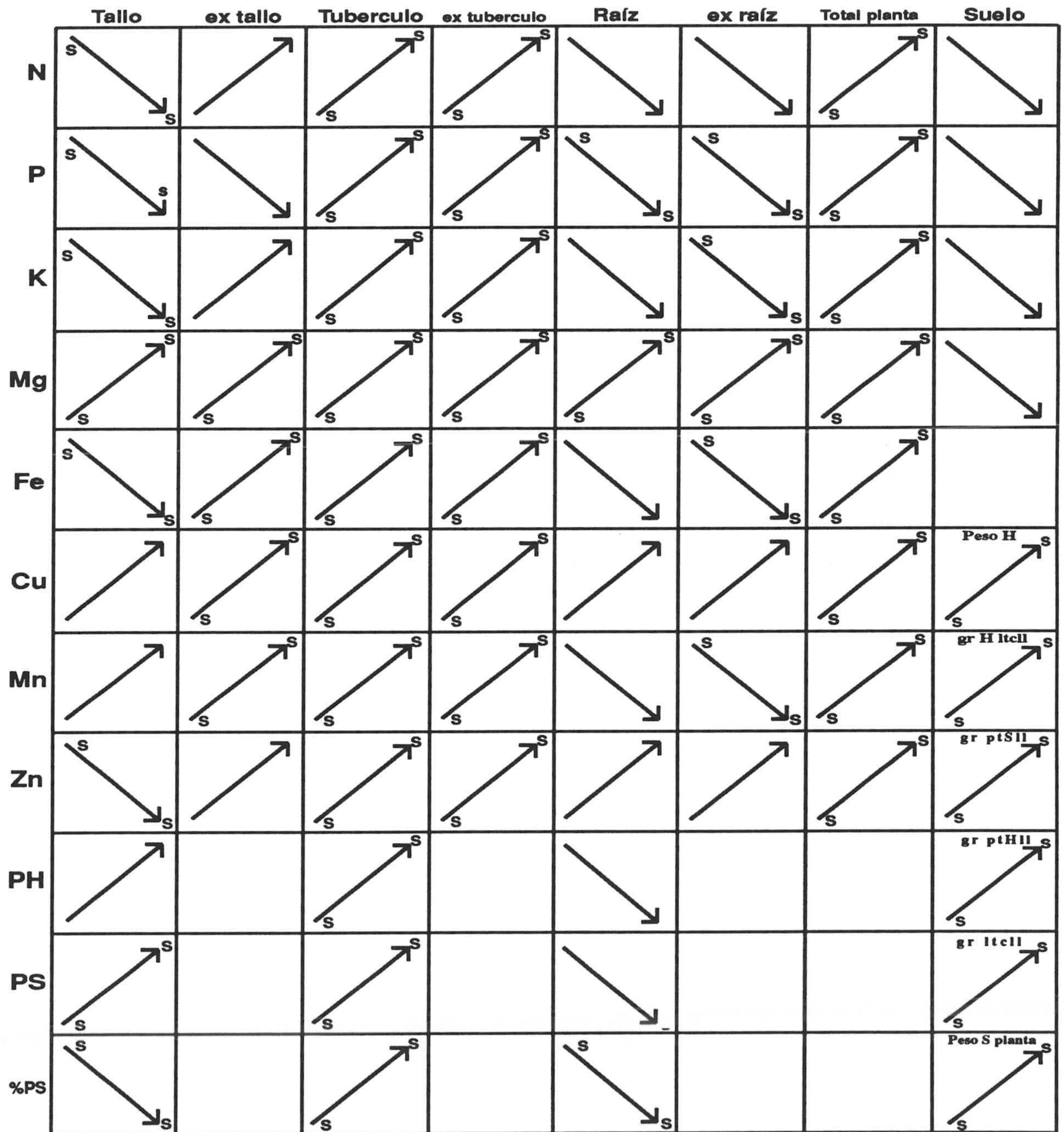
56      119

S - Diferencia significativa al 5% entre tratamiento



Gráfica R - 24 - Análisis estadístico - gráfico de los datos de planta y suelo en función de los días desde la siembra ( 56, 119 ) para la Variedad Jaerla ( Dilar 1990)

En ordenadas se representan los contenidos de cada elemento y en abcisas los días transcurridos desde la siembra.



56      119

S - Diferencia significativa al 5% entre tratamientos



### **Crecimiento - periodicidad**

Una representación esquemática de los contenidos de los diferentes elementos estudiados en las distintas partes de la planta, en función de la periodicidad de riego utilizada, se refleja en los gráficos R -25 para la variedad 1 y R -26 para la variedad 2.

En el gráfico R -25. Destaca el hecho de que no se presentan diferencias significativas frente a la periodicidad, salvo para los contenidos de cobre, manganeso y cinc en la raíz y peso húmedo de la misma, que son significativamente mayores para el tratamiento TA frente a los otros dos tratamientos.

Todos los demás parámetros no presentan diferencias significativas; no obstante, las gráficas nos pueden indicar cuales son sus tendencias de variación frente a la periodicidad. De ahí que profundicemos un poco en su estudio.

Observamos como los pesos, tanto húmedo como seco de tallo, raíz y tubérculo crecen con la periodicidad en el riego, de manera que el tratamiento TA sería el más productivo, al igual que ocurría el año anterior; pero además, este tratamiento daría el mayor porcentaje relativo de tubérculo frente al resto de la planta, así como el mayor peso por unidad de volumen de agua, lo que indicaría que sería el más efectivo, mientras que el año anterior, la mayor efectividad al riego se lograba con el tratamiento TB.

En general, los contenidos totales de los diferentes elementos en el tubérculo vienen condicionados preferentemente por el peso del mismo y menos por su porcentajes relativos.

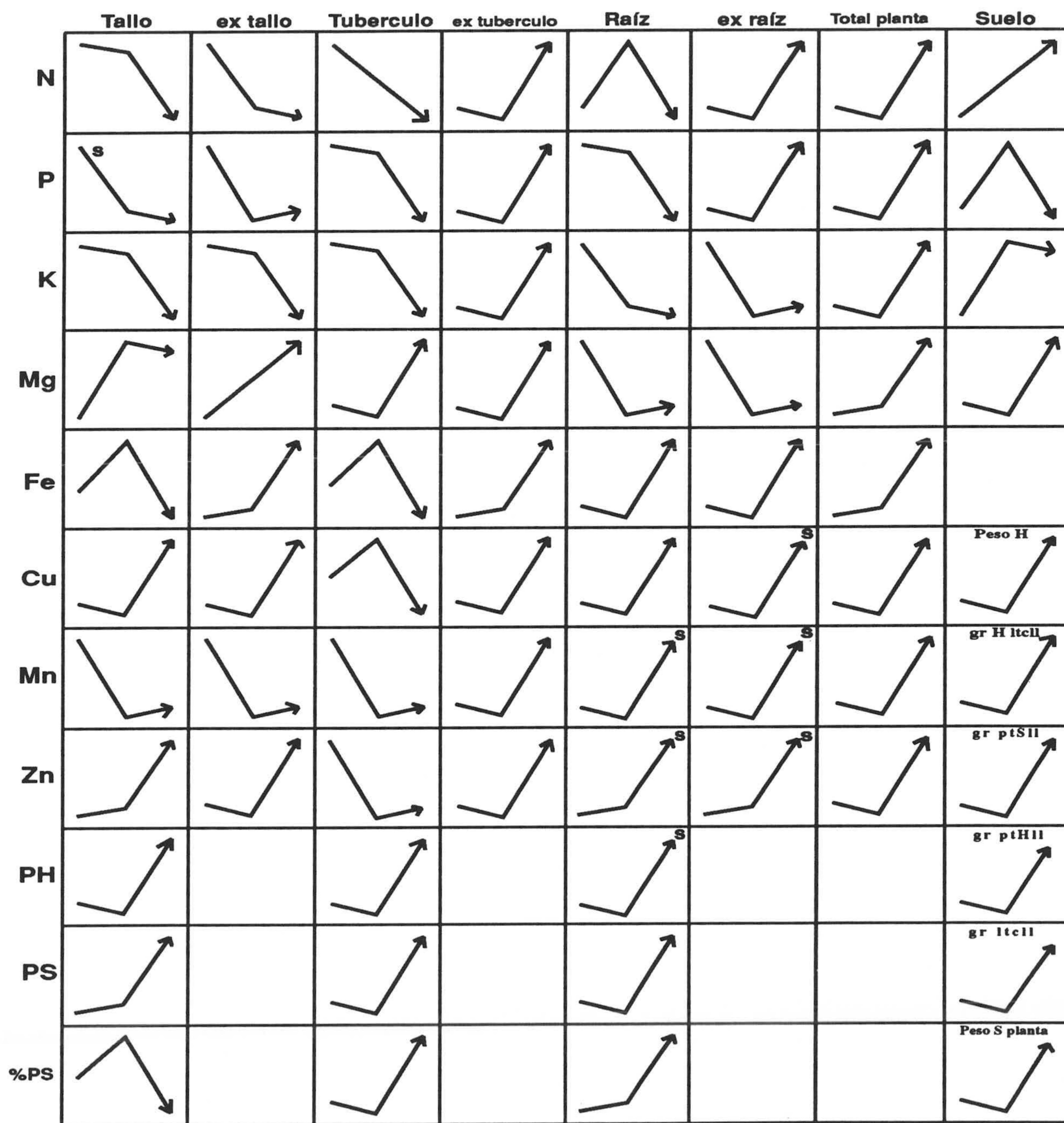
Así, mientras los pesos de tallo, raíz y patata aumentan con las dosis de riego, los porcentajes relativos de Nitrógeno, Fósforo y Potasio disminuyen.

El aumento de peso de la planta produce una disminución relativa de los contenidos de los elementos mayoritarios. Solamente el Magnesio en el tallo y en el tubérculo mantiene una variación paralela a los pesos.

En la raíz, son los elementos minoritarios Hierro, Cobre, Manganeso y Cinc los que presentan una forma de variación idéntica al peso, de manera que a más riego mayor contenido de microelementos en la raíz.



Gráfico R - 25 - Evolución de los contenidos de nutrientes en planta y suelo en función de la periodicidad. Variedad Red Pontiac. ( Dilar 1990 )



21 14 7

S - Diferencia significativa entre tratamientos



Todos estos casos los podemos agrupar en tendencias crecientes o decrecientes si solo consideramos la máxima variación producida entre los tres tratamientos de riego.

Según esto, son crecientes frente al riego para la Variedad 1

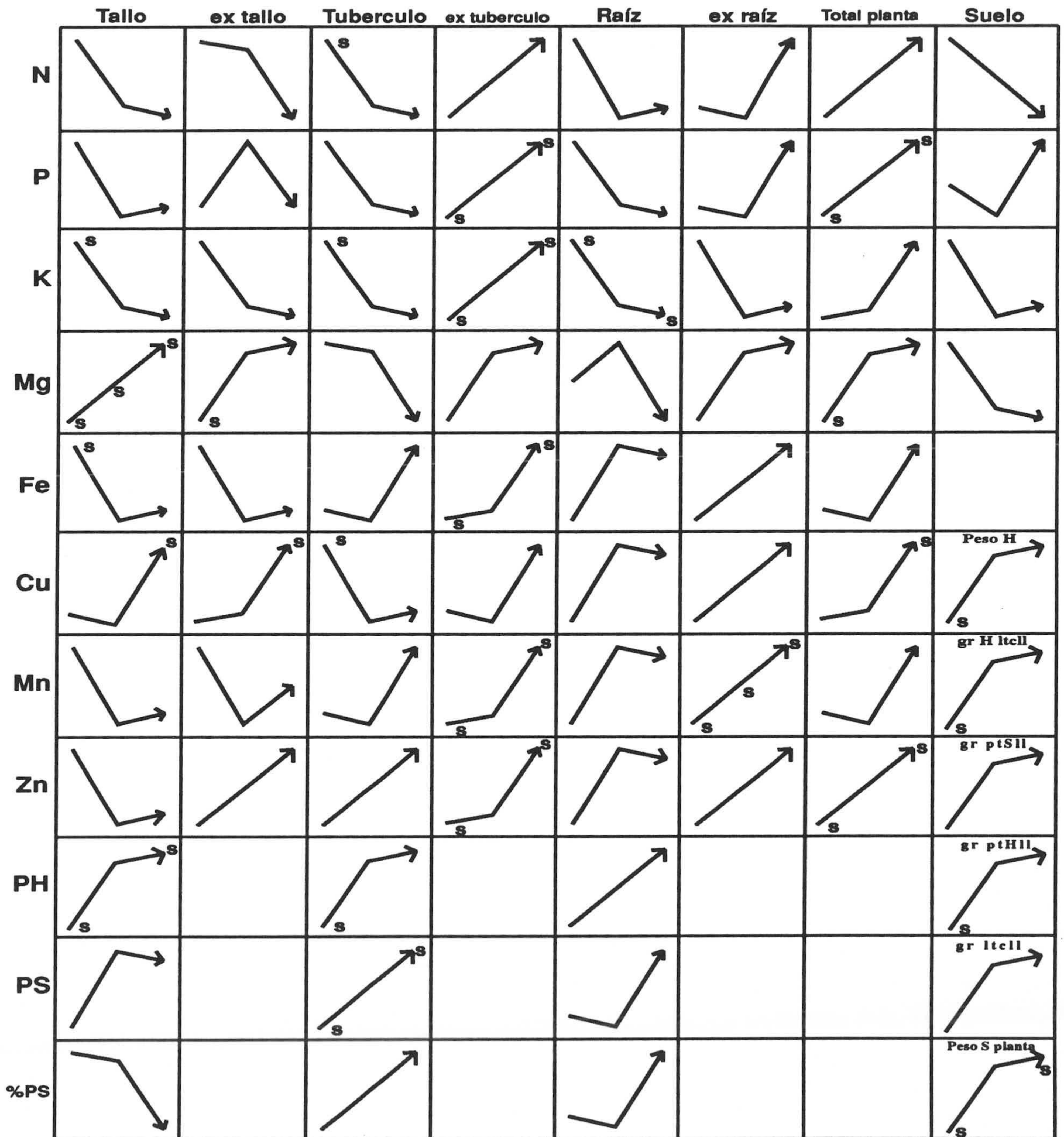
	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N				X		X	X	X
P				X		X	X	
K				X			X	X
Mg	X	X	X	X			X	X
Fe	X	X		X	X	X	X	
Cu	X	X		X	X	X	X	
Mn				X	X	X	X	
Zn	X	X		X	X	X	X	gr p/ta
PH	X	X		X	X	X	X	gr p/ta
PS	X	X	X	X	X	X	X	gr S/lt
%PS			X	X	X	X	X	gr H/lt

Son decrecientes

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N	X	X	X					
P	X	X	X		X			
K	X	X	X		X	X		
Mg					X	X		
Fe								
Cu								
Mn	X	X	X					
Zn			X					gr p/ta
PH								gr p/ta
PS								gr l/ta
%PS								Peso S planta



Gráfica R - 26 - Evolución de los contenidos de nutrientes en planta y suelo en función de la periodicidad. Variedad Jaerla. ( Dilar 1990 )





Para la Variedad 2, vamos a considerar al igual que antes las tendencias de variación, aún cuando en este caso se producen diferencias significativas frente a la periodicidad en el porcentaje de Nitrógeno en el tubérculo; en los contenidos totales de Fósforo en tubérculo y planta; en los contenidos de Potasio en el tallo, tubérculo y raíz; en los contenidos de Magnesio en el tallo, de Hierro y Cobre en tallo y tubérculo y en los pesos de tallo y tubérculo.

Si diferenciamos las dos tendencias como hicimos para la Variedad 1, tendremos en este caso:

Crecientes frente al riego

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Refs	ex refs	Total planta	Suelo
N								
P				S				S
K				S				
Mg	S	S						
Fe				S				
Cu	S	S						
Mn				S			S	
Zn				S				gr pisa
PH	S		S					gr pHII S
PS			S					gr IIcII
%PS								gr HII S

Decrecientes

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Refs	ex refs	Total planta	Suelo
N				S				
P								
K	S			S		S		
Mg								
Fe	S							
Cu				S				
Mn								gr pisa
Zn								gr pHII
PH								gr IIcII
PS								
%PS								Peso S planta



En general, el comportamiento de las dos variedades es similar en lo que respecta a los pesos, crecientes con el riego, tanto de tallo, raíz, tubérculo, y planta así como los pesos por unidad de volumen de agua aportada ( Kg/l ) de planta y tubérculo.

En la variedad 2, sigue poniéndose de manifiesto el decrecimiento con el riego de los porcentajes de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en el tallo, tubérculo y raíz, mientras que los pesos son crecientes.

Los contenidos totales en el tubérculo vienen condicionados por el peso, pues los porcentajes relativos de los macroelementos disminuyen con la mayor periodicidad en el riego.

Existen otras similitudes entre las dos variedades como son las tendencias crecientes con el riego de los contenidos de Magnesio, Cobre y Cinc en el tallo y de Hierro, Cobre, Manganeso y Cinc en la raíz; las tendencias decrecientes de los contenidos de Manganeso en el tallo y de los contenidos de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en las tres partes de la planta.

Las diferencias más notables están en el comportamiento de los contenidos de Magnesio, Hierro, Manganeso y Cinc del tubérculo, en la ambigüedad de los contenidos de Hierro y Cinc en el tallo y en los contenidos de Nitrógeno, Potasio y Magnesio en el suelo.

### **Crecimiento - Volumen de agua - días**

El estudio estadístico - gráfico de las variaciones en los contenidos de nutrientes en planta y suelo a los 119 días ( madurez ) en función del volumen de agua aportado, se muestra en los gráficos R -27 para la variedad 1 y R-28 para la variedad 2. Los litros de agua por planta en cada tratamiento fueron 41-TC, 45-TB-59-TA para la variedad 1 y 41-TC, 48-TB-60 -TA para la variedad 2.

En general, vamos a considerar las tendencias crecientes, decrecientes o ambiguas para sacar conclusiones. Así, despreciando las variaciones más pequeñas, tendríamos para la variedad 1:



Crecientes frente al riego

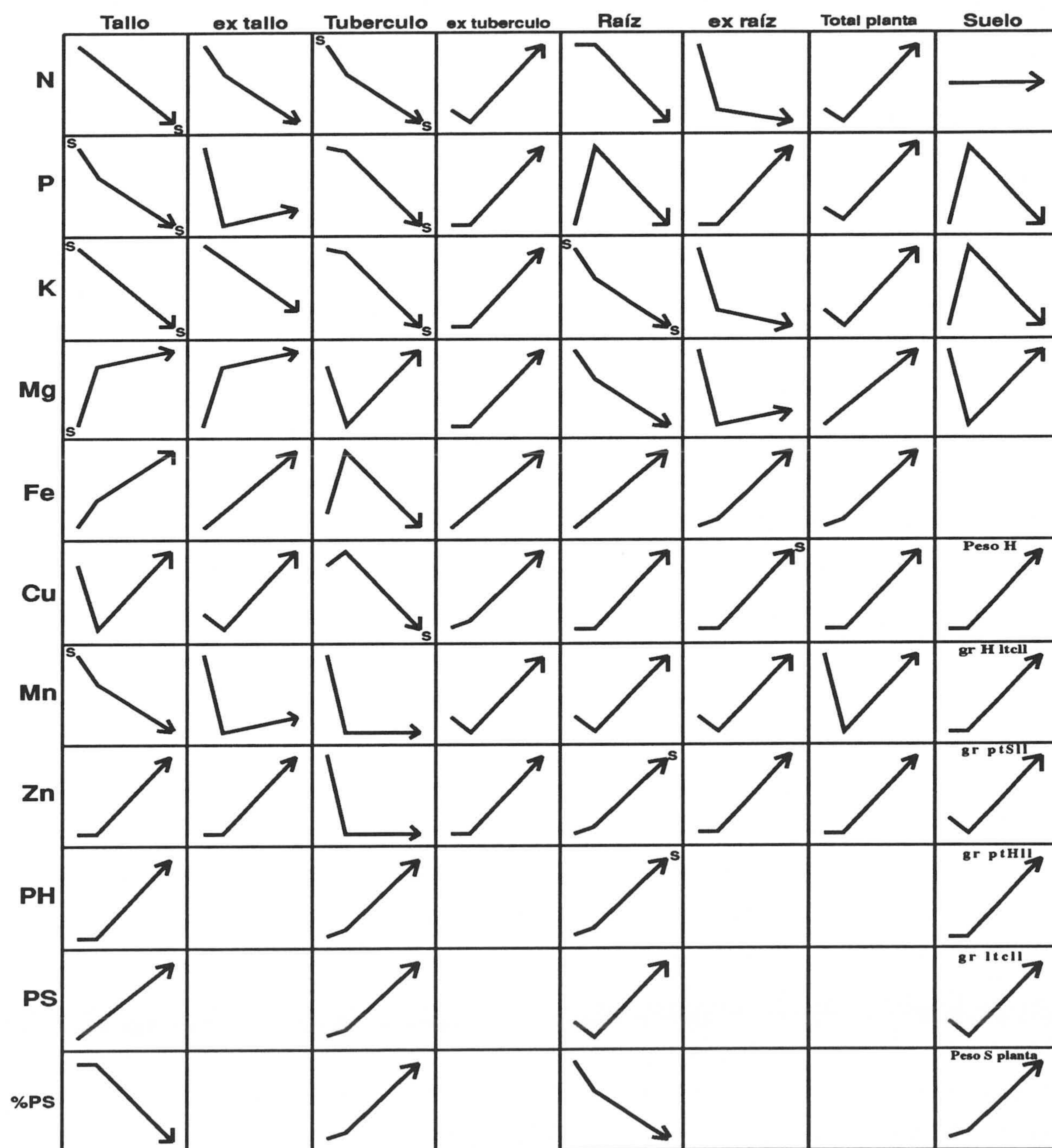
	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raiz	ex raiz	Total planta	Suelo
N				X			X	
P				X		X	X	
K				X			X	
Mg	X	S		X			X	
Fe	X	X		X	X	X	X	
Cu		X		X		X	S	
Mn				X	X	X	X	
Zn	X	X		X	S	X	X	gr pSI
PH	X		X		S		X	gr pHII
PS	X		X		X		X	gr Itol
%PS			X					gr HI

Decrecientes

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raiz	ex raiz	Total planta	Suelo
N	X	S	X	S	X	X		
P	X	S	X	S				
K	X	S	X	S	X	S		
Mg					X			
Fe								
Cu			X	S				
Mn	X	S	X					
Zn			X					gr pSI
PH								gr pHII
PS								gr Itol
%PS	X				X			Peso S planta



**Gráfica R - 27 - Estudio estadístico-gráfico de las variaciones en los contenidos de nutrientes en planta y suelo en función de la periodicidad y del volumen de agua agregado a la planta a los 119 días. Variedad Red Pontiac. ( Dilar 1990 )**

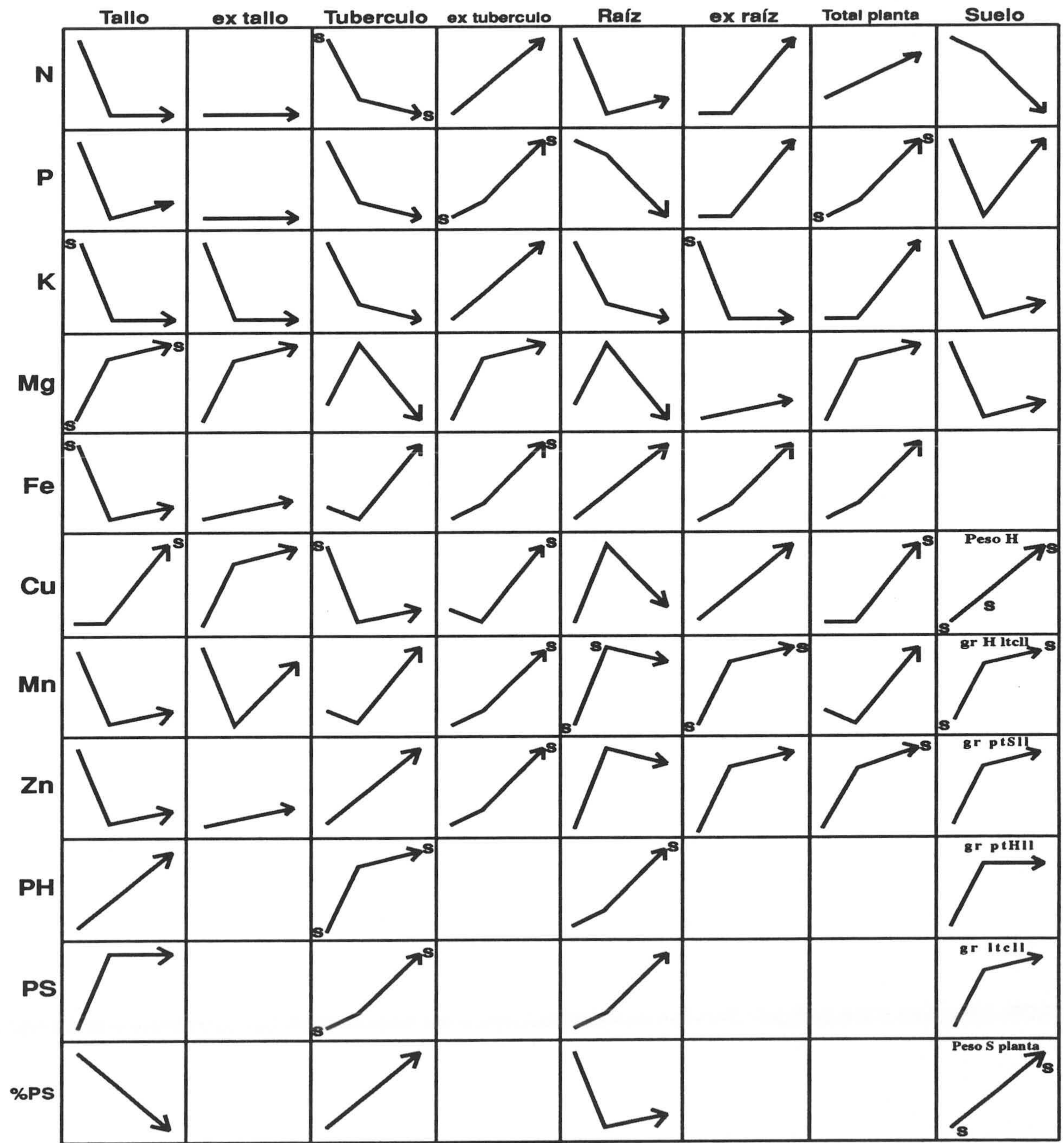


41 45 59

S - Diferencia significativa entre tratamientos



Gráfica R -28 - Estudio estadístico-gráfico de las variaciones en los contenidos de nutrientes en planta y suelo en función de la periodicidad y del volumen de agua agregados a la planta a los 119 días. Variedad Jaerla. ( Dilar 1990 )



41 48 60

S - Diferencia significativa entre tratamientos



Para la variedad 2  
Crecientes frente al riego

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raiz	ex raiz	Total planta	Suelo
N				X		X	X	
P				S		X	S	
K				X		X	X	
Mg	X	S		X		X	X	
Fe			X	S	X	X	X	
Cu	X	X		S		X	S	
Mn			X	S	S	S		
Zn			X	S	X	X	S	gr ptSil
PH	X		S		S	X	S	gr pt-Hll
PS	X		S		X	X	S	gr lcal
%PS			X				X	gr HR

Decrecientes

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raiz	ex raiz	Total planta	Suelo
N	X		X	S				X
P	X		X		X			
K	X	S	X		X	X	S	
Mg					X			
Fe	X	S						
Cu			X	S				
Mn	X							
Zn								gr ptSil
PH								gr pt-Hll
PS								gr lcal
%PS	X							Peso 5 planta



En general, observamos que las variaciones son similares a las reseñadas en las gráficas A3, A4 lo que nos permite generalizar que los comportamientos frente al riego para las dos variedades se pueden evaluar independientemente de considerar los datos de los contenidos de nutrientes en la madurez ( a los 119 días ) o bien el conjunto de los datos de los dos muestreos realizados ( a los 56 y 119 días después de la siembra ).

Las dos variedades muestran similitudes y diferencias entre ellas. Como característica diferenciadora más importante, está el hecho de que, los pesos de tubérculo y planta de la variedad 2, son significativamente menores con el tratamiento TC que con el tratamiento TA, lo que nos indica la tendencia al crecimiento de la producción con el riego, mientras que en la variedad 1 las diferencias de peso se producen fundamentalmente entre los tratamientos TB y TA, lo que nos indica que la tendencia al crecimiento de la producción aparece con niveles más altos de riego.

Según esto, la variedad 2 sería más adecuada cuando se trabaje con niveles bajos de agua.

A nivel de constituyentes elementales, se observa para las dos variedades una tendencia creciente con el riego a aumentar los contenidos totales de todos los nutrientes en el tubérculo y en el conjunto de la planta; de disminuir los porcentajes de nitrógeno, fósforo y potasio en el tallo, tubérculo y raíz y de aumentar los contenidos de hierro, cobre, manganeso y cinc en la raíz, con el incremento de los volúmenes de agua aportada.

Si comparamos las tendencias que manifiestan cada elemento en las diferentes partes de la planta, observamos que las diferencias entre variedades son mínimas, como puede deducirse del esquema siguiente;

Crecientes con el riego	Variedad 1	Variedad 2
Tallo	Mg, Fe, Cu, Zn	Mg, Cu
Tubérculo		Fe, Mn, Zn
Raíz	Fe, Cu, Mn, Zn	Fe, Mn, Zn



<b>Decrecientes con el riego</b>	<b>Variedad 1</b>	<b>Variedad 2</b>
<b>Tallo</b>	<b>N, P, K, Mn</b>	<b>N, P, K, Fe, Mn</b>
<b>Tubérculo</b>	<b>N, P, K, Cu, Mn, Zn</b>	<b>N, P, K, Cu</b>
<b>Raíz</b>	<b>N, K, Mg</b>	<b>P, K, Mg</b>

En resumen, podemos concluir que las diferencias de comportamiento entre variedades frente al riego son mínimas a nivel de elementos constituyentes y vienen condicionadas fundamentalmente por su evolución más temprana o más tardía frente al riego. Una con menores dosis de agua completa su desarrollo ( variedad 2 ), mientras que la variedad 1 necesita más tiempo y más volumen de agua para conseguir un pleno desarrollo.

No obstante, cuando se comparan los resultados de ambos años, las diferencias de comportamiento se producen en el tallo, preferentemente para la variedad 1, y en toda la planta para la variedad 2, lo que pone de manifiesto que el stress influye más en la dinámica de esta variedad que en la de la otra.



### **Crecimiento - Tratamiento de riego - días**

En las gráficas R -29, se representan las variaciones de los contenidos de los diferentes elementos constituyentes de la planta, en función de los días transcurridos desde la siembra, diferenciando cada tratamiento de riego y cada variedad, de manera independiente.

Para las dos variedades, salvo en las variaciones de los contenidos de microelementos en la raíz, el comportamiento es similar, por lo que las conclusiones que se indiquen son válidas para ambas variedades.

Los pesos de tallo y tubérculo aumentan entre los 56 y los 119 días después de la siembra, y los de raíz disminuyen. El porcentaje de tubérculo crece, frente a los de tallo y raíz que disminuyen. Los tres tratamientos de riego se diferencian por el grado de la pendiente, de la gráficas de variación de los contenidos elementales en la planta.

En el peso húmedo del tallo se aprecia la diferencia entre el tratamiento TA y los otros dos, por el signo de la pendiente. En el tratamiento TA al ser esta positiva la planta se puede desarrollar mejor que con los otros dos tratamientos que serían deficitarios.

Los porcentajes de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Cinc en el tallo disminuyen con el crecimiento al igual que ocurría el año anterior; el porcentaje de Magnesio crece mientras que Hierro, Cobre y Manganeso varían sus porcentajes en función del tratamiento de riego.

Al igual que el primer año, en el tallo, se pueden hacer una diferenciación entre el comportamiento de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y el de los microelementos Hierro, Cobre y Manganeso.

En los contenidos totales en el tallo, las diferencias surgen entre Fósforo y Cinc y el resto de los elementos.

En el tubérculo, la evolución respecto a los distintos tratamientos de riego a lo largo del crecimiento es similar para todos los elementos, destacando el tratamiento TA como el más productivo.

En la raíz, el comportamiento de cada variedad es diferente. En la variedad 1, decrecen sus contenidos con el crecimiento Nitrógeno, Fósforo, Manganeso y Cinc mientras los de Magnesio aumentan. Los contenidos de Potasio son variables en función



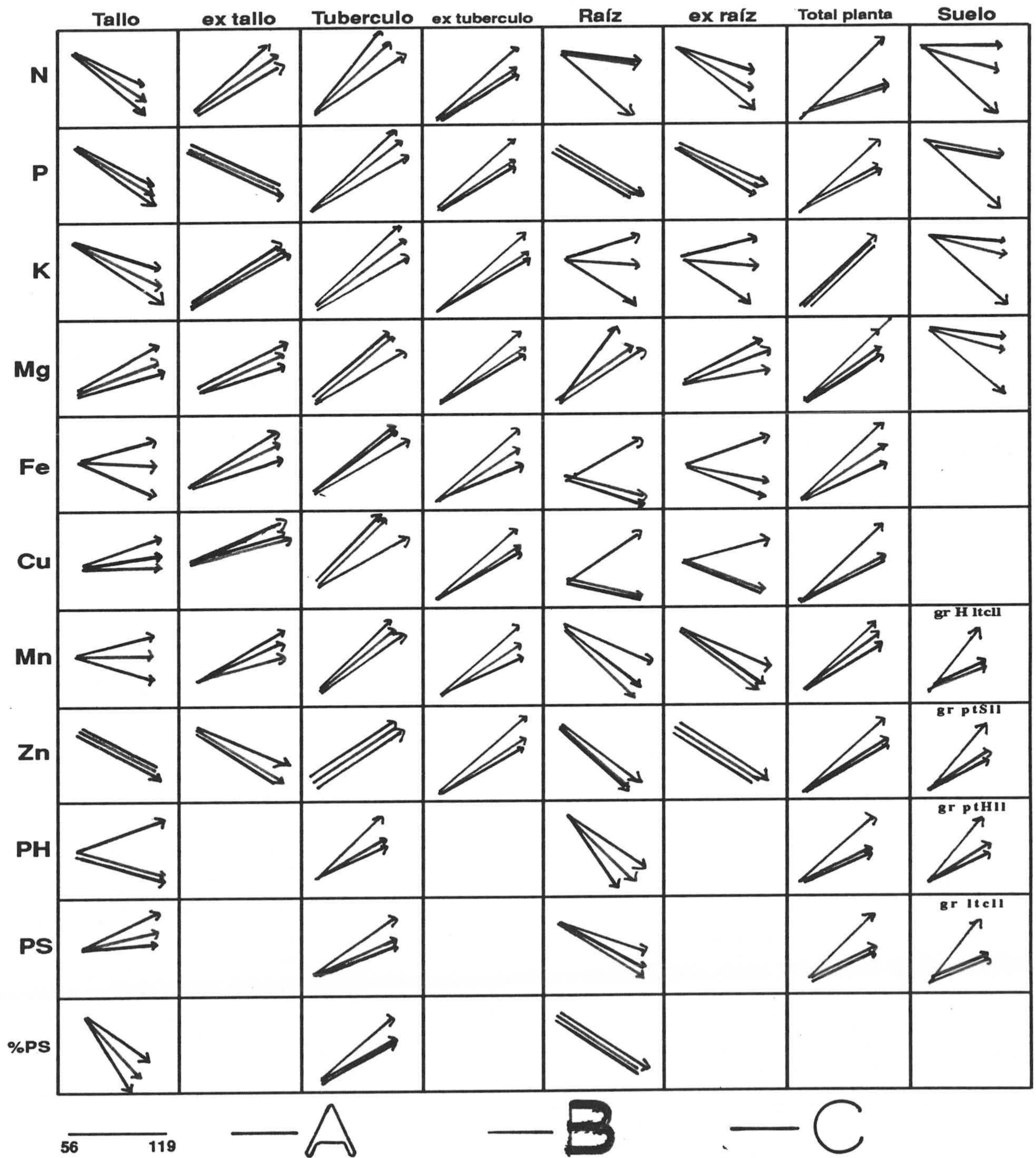
del tratamiento y los de Hierro y Cobre son diferentes entre el tratamiento TA y los otros dos. Según estos resultados, los contenidos de Potasio, Hierro y Cobre en la raíz, nos podrían diferenciar los tratamientos con estrés hídrico de aquellos que no lo producirían.

En la variedad 2, disminuyen con el crecimiento los contenidos de Nitrógeno, Fósforo, Hierro y Manganeso en la raíz y aumentan los de Magnesio, Cobre y Zinc mientras que los de Potasio varían según el tratamiento de riego. En conjunto, las variaciones del contenido de Potasio de la raíz pueden servir como indicador del estrés hídrico, mientras que en el tallo serían las variaciones de Hierro, Cobre y Manganeso las que nos podrán diferenciar los tratamientos con estrés de aquellos que no lo sufren.

En conclusión, la disminución del peso del tallo, el aumento del porcentaje de Potasio en la raíz y el aumento de los contenidos de Hierro y Manganeso en el tallo pueden ser indicadores del estrés hídrico.

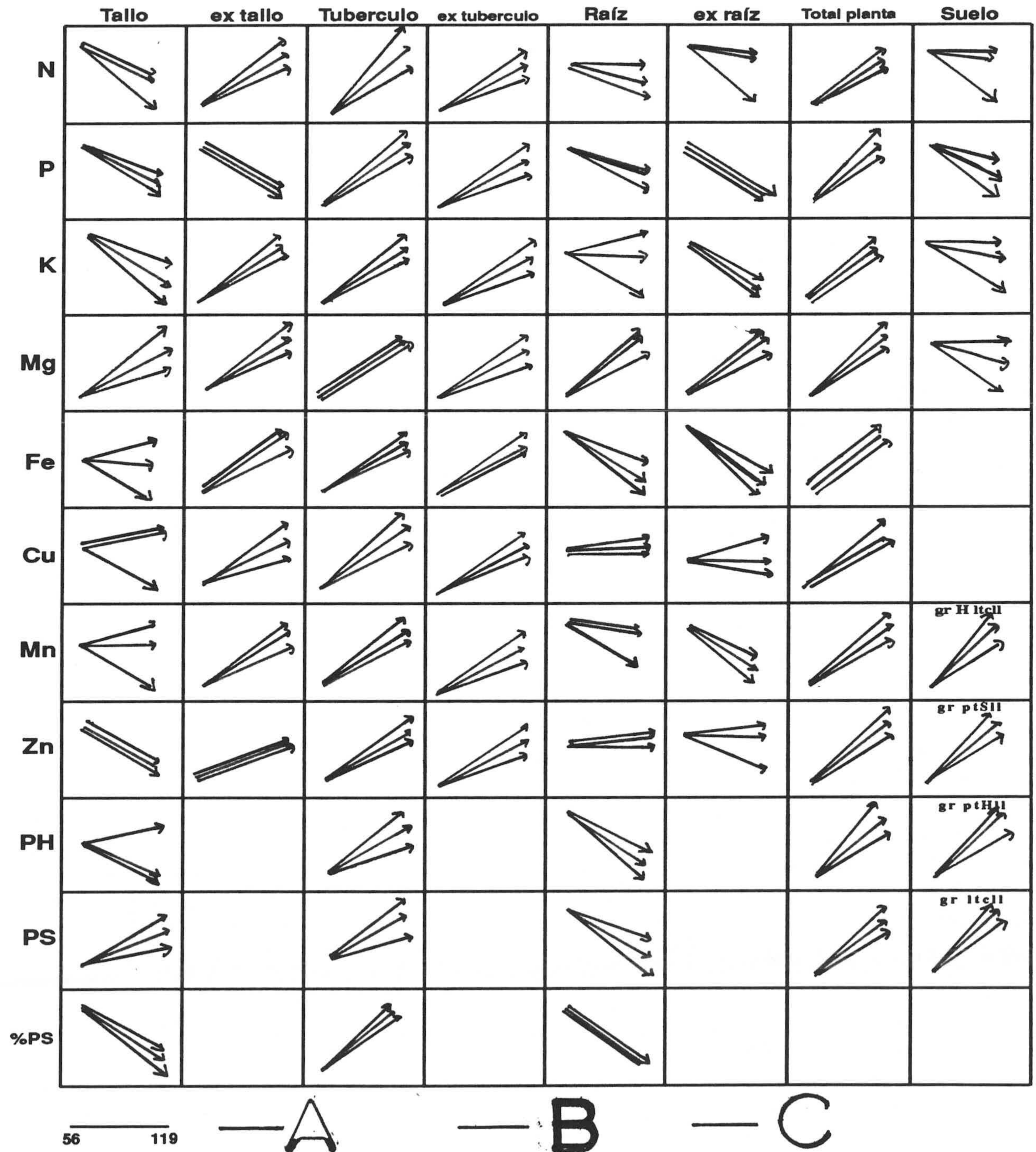


Gráfica R - 29 - Evolución de los contenidos de diferentes elementos en planta y suelo en función del tratamiento de riego y los días. Variedad Red Pontiac. ( Dilar 1990 )





Gráfica R - 30 - Evolución de los contenidos de diferentes elementos en planta y suelo en función del tratamiento de riego y los días. Variedad Jaerla. ( Dilar 1990)





**Crecimiento - Tratamiento de riego - litros**

En los gráficos R-31 y R-32 se representan las variaciones de los contenidos de los diferentes elementos constituyentes de la planta para cada tratamiento de riego, en función de los volúmenes de agua aportados.

Las cantidades de agua aportadas en litros por planta fueron en promedio, para cada tratamiento y en los diferentes muestreos, las siguientes:

**Variedad 1**

	56 días	119 días
<b>TA</b>	<b>29</b>	<b>59</b>
<b>TB</b>	<b>29</b>	<b>45</b>
<b>Tc</b>	<b>29</b>	<b>41</b>

**Variedad 2**

	56 días	119 días
<b>TA</b>	<b>29</b>	<b>60</b>
<b>TB</b>	<b>29</b>	<b>48</b>
<b>Tc</b>	<b>29</b>	<b>41</b>

Como quiera que las diferencias entre las dos variedades, solamente se producen a nivel de los porcentajes de Hierro, Cobre y Cinc en la raíz podemos generalizar indicando que el comportamiento de las dos variedades frente al riego es similar.

Los pesos húmedo y seco de tubérculo aumentan con el riego, al igual que el peso seco del tallo, mientras que los pesos húmedo y seco de raíz disminuyen y el peso húmedo del tallo varía dependiendo del tratamiento de riego. Cuanto más deficitario en agua es el tratamiento, mayor es la disminución del peso del tallo.

Los porcentajes relativos de tallo y raíz disminuyen frente al de tubérculo que aumenta.

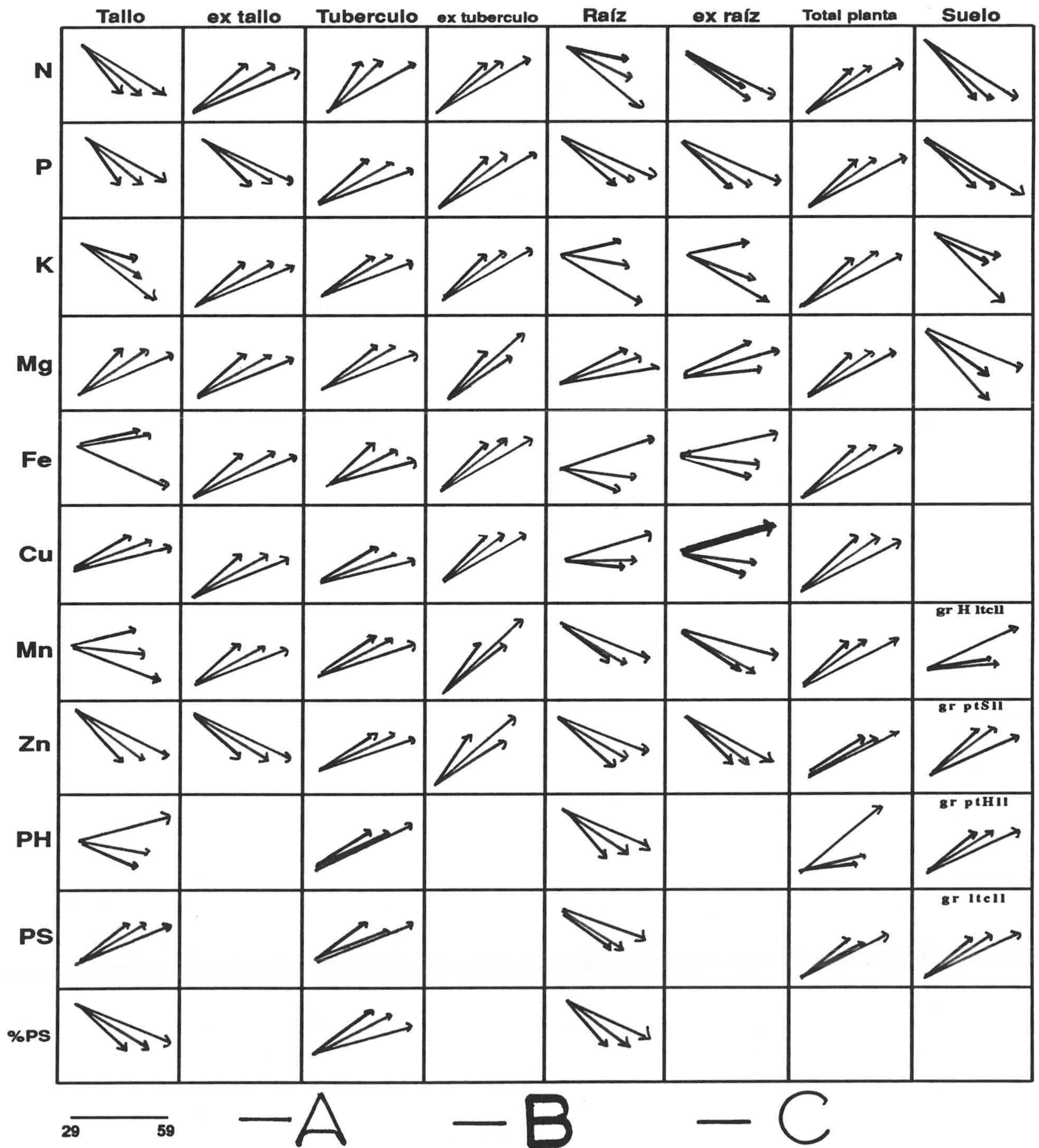
Los porcentajes de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Cinc del tallo disminuyen con los litros, mientras que los de Magnesio aumentan y los de Hierro, Cobre y Manganeso fluctúan dependiendo del tratamiento de riego.

Los contenidos totales de todos los elementos en el tallo crecen con el riego, salvo los de Fósforo y Cinc que disminuyen.

En el tubérculo, tanto los porcentajes elementales como los contenidos totales de todos los elementos crecen con el riego, al igual que ocurre en el conjunto de la planta.

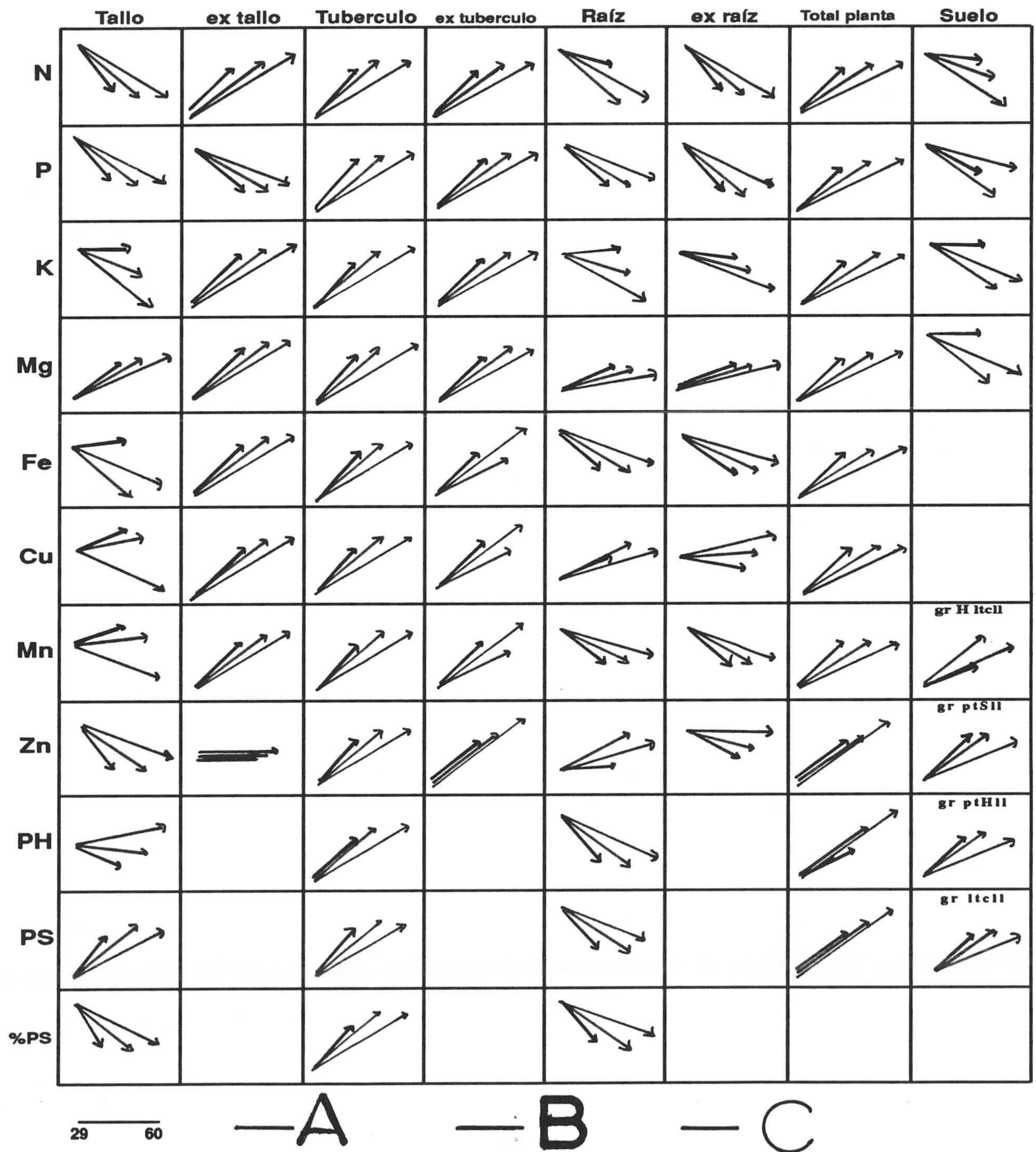


**Gráfica R - 31 - Evolución de los contenidos de diferentes elementos en planta y suelo en función del tratamiento de riego y del volumen de agua aportada. Variedad Red Pontiac. ( Dilar 1990 )**





Gráfica R - 32 - Evolución de los contenidos de diferentes elementos en planta y suelo en función del tratamiento de riego y del volumen de agua aportada. Variedad Jaerla. ( Dilar 1990 )





En la raíz debemos distinguir entre las dos variedades, pues para la variedad 1, los porcentajes y contenidos totales de Nitrógeno, Fósforo, Manganeso y Cinc disminuyen mientras que los de Magnesio aumentan y los de Potasio, Hierro y Cobre fluctúan con el tratamiento de riego; sin embargo, para la variedad 2, son los porcentajes y contenidos totales de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Hierro y Manganeso los que disminuyen y los de Magnesio, Cobre, Cinc los que aumentan.

Para las dos variedades, los porcentajes de Potasio en la raíz y los de Hierro, Cobre y Manganeso en el tallo, junto con el peso húmedo del mismo, pueden servir como elementos diferenciadores entre los tratamientos correctos de riego y aquellos otros que producirán estrés.

Por otro lado, la dinámica de los distintos elementos es similar en todas las partes de la planta y los distintos tratamientos se distinguen por la pendiente de la recta de variación del parámetro que consideremos, frente a los litros.

Como dicha pendiente, en casi todos los casos, es más grande para el tratamiento TC hemos de concluir que este sería el más eficiente al agua.

La menor efectividad de los tratamientos, sin déficit hídrico, una vez cubiertas las necesidades, hemos de explicarla a causa de las pérdidas de agua, bien sea por el drenaje ( **Martin 1992** ) o evaporación.

La reducción del peso de la planta con el estrés, ( **Jerez 1991** ), y de la raíz, ( **Macherron 1989** ), puede y debe explicarse por la reducción en el contenido de agua, ya que los porcentajes relativos de los diversos elementos en el tubérculo sufren una variación contraria.

Si el riego disminuye el contenido de materia seca de los tubérculos ( **Zaag 1989** ) ( **Guarda 1987** ) a la vez que la concentración de nitrógeno y potasio de la materia seca ( **Ekeverg 1986** ) debemos pensar en el efecto de dilución de nutrientes, realizado por el agua, como el hecho diferenciador de unos tratamientos frente a otros. Como quiera que la dinámica de los distintos elementos sigue pautas similares en todas las partes de la planta, hemos de concluir indicando que, un mayor volumen de agua aplicado supone un efecto de dilución de la concentración de todos los nutrientes en las diversas partes de la planta, y cuando los niveles de agua son escasos, la mayor concentración relativa de microelementos puede ocasionar efectos tóxicos para la planta por lo que se reducen drásticamente los rendimientos.



### **Ecuaciones**

Las variaciones de pesos de tubérculo y contenidos totales de los diversos elementos en la planta frente a los de los litros de agua recibidos y frente a los días transcurridos desde la siembra, siguen modelos multiplicativos, que diferencian los diversos tratamientos de riego, según la mayor o menor pendiente de las líneas de regresión correspondientes. Pues bien, las diferencias entre tratamientos de riego, ya indicadas de manera gráfica, se pueden poner de manifiesto a través de las ecuaciones que se indican en los cuadros R-13 al R- 16

**En el cuadro R-13**, se observa para todos los parámetros, el peso de tubérculo y los contenidos totales de todos los elementos en la planta son superiores para el tratamiento Ta frente al tratamiento TC. Los contenidos totales en planta suelen ser ligeramente superiores para la variedad 1 que para la 2, salvo en Manganeso y en el peso seco de tubérculo. El orden de importancia de las extracciones sería de mayor a menor:

$$K > N > Mg > P > Fe > Mn > Zn > Cu$$

**En el cuadro R-14**, se pone de manifiesto para todos los parámetros, el peso de tubérculo y los contenidos totales de todos los elementos estudiados en la planta son superiores para el tratamiento TA frente al TB.

**En el cuadro R-15**, se observa el peso de tubérculo y los contenidos totales de todos los elementos en planta son superiores para el tratamiento TA frente al TC. Las pendientes de las líneas de variación de los contenidos en planta frente a los litros son superiores para el tratamiento TC, lo que indica la mayor efectividad de este tratamiento.

**En el cuadro R-16**, se pone de manifiesto el peso de tubérculo y los contenidos totales de todos los elementos en planta son superiores para el tratamiento TA frente al TB. La mayor efectividad es para el tratamiento TB, la pendiente es mayor.



**Cuadro R13 - Ecuaciones de las extracciones elementales en función de los días transcurridos desde la siembra para la variedad Red Pontiac ( Dilar 1990 )**

		Coef correl	R <sup>2</sup>	Fratio	signif.
ex K1	$0,0235 \cdot d^{1,958}$	0,902	81,43%	4,38	28,36%
ex K3	$3,13d - 114,8$	0,990	98,11%	104,02	0,95%
ex P1	$0,0005 d^{2,27}$	0,949	90,18%	9,18	20,29%
ex P3	$0,25d - 8,55$	0,973	94,85%	36,87	2,60%
ex N1	$0,0235 d^{1,93}$	0,944	89,16%	8,22	21,36%
ex N3	$2,33d - 79,7$	0,972	94,52%	34,48	2,78%
ex Zn1	$0,00035 d^{1,26}$	0,783	61,27%	1,58	42,76%
ex Zn3	$0,0004 d^{1,13}$	0,937	87,75%	14,33	6,32%
ex Mn1	$0,000116 d^{1,61}$	0,909	82,68%	4,77	27,32%
ex Mn3	$0,000054 d^{1,766}$	0,993	98,62%	143,4	0,69%
ex Mg1	$0,00017 d^{2,67}$	0,97	94,13%	16,02	15,58%
ex Mg3	$0,49 d - 19,14$	0,987	97,55%	79,66	1,23%
ex Fe1	$0,0258 d^{1,075}$	0,804	64,68%	1,83	40,51%
ex Fe3	$0,15 d^{0,63}$	0,986	97,28%	71,43	1,37%
ex Cu1	$4,4 \cdot 10^{-8} d^3$	0,976	95,43%	20,86	13,72%
ex Cu3	$2,15 \cdot 10^{-7} d^{2,6}$	0,997	99,51%	407,6	0,24%
pt pH1	$1,4 \cdot 10^{-27} d^{14,22}$	0,998	99,70%	331,21	3,49%
pt pH3	$5,55 \cdot 10^{-26} d^{13,3}$	0,999	99,89%	1789	0,05%
pt pS1	$7 \cdot 10^{-24} d^{12}$	0,998	99,57%	229,3	4,19%
pt pS3	$2,16 \cdot 10^{-22} d^{11,25}$	0,999	99,83%	1194,8	0,08%



**Cuadro R14 - Ecuaciones de las extracciones elementales en función de los días transcurridos desde la siembra para la variedad Jaerla ( Dilar 1990 )**

		Coef correl	R <sup>2</sup>	Fratio	signif.
ex K1	$0,0085 \cdot d^{2,12}$	0,987	97,44%	76,09	1,29%
ex K2	$0,036 \cdot d^{1,78}$	0,997	99,35%	152,42	5,14%
ex P1	$0,00046 \cdot d^{2,25}$	0,996	99,25%	265,59	0,37%
ex P2	$0,00158 \cdot d^{1,93}$	0,994	98,84%	85,41	6,86%
ex N1	$0,0089 \cdot d^{2,09}$	0,991	98,14%	105,51	0,93%
ex N2	$0,037 \cdot d^{1,74}$	0,992	98,35%	59,63	8,19%
ex Zn1	$5,95 \cdot 10^{-7} \cdot d^{2,62}$	0,995	98,96%	190,22	0,52%
ex Zn2	$3,75 \cdot 10^{-6} \cdot d^{2,14}$	0,999	99,86%	707,93	2,39%
ex Mn1	$1,68 \cdot 10^{-4} \cdot d^{1,59}$	0,966	93,27%	27,73	3,42%
ex Mn2	$1,47 \cdot 10^{-4} \cdot d^{1,56}$	0,987	97,40%	37,45	10,31%
ex Mg1	$0,579 \cdot d - 26,34$	0,995	99,07%	213,27	0,46%
ex Mg2	$1,64 \cdot 10^{-4} \cdot d^{2,59}$	0,998	99,72%	360,55	3,35%
ex Fe1	$0,025 \cdot d - 0,057$	0,993	98,57%	138,03	0,72%
ex Fe2	$0,055 \cdot d^{0,80}$	0,97	94,14%	16,07	15,56%
ex Cu1	$8,76 \cdot 10^{-4} \cdot d - 0,0368$	0,999	99,79%	932,1	0,11%
ex Cu2	$3,65 \cdot 10^{-8} \cdot d^{2,93}$	0,998	99,59%	240,37	4,10%
pt pH1	$5,67 \cdot 10^{-27} \cdot d^{13,87}$	0,999	99,96%	4971	0,02%
pt pH2	$2,33 \cdot 10^{-26} \cdot d^{13,52}$	0,999	100%	854665	0,07%
pt pS1	$1,88 \cdot 10^{-23} \cdot d^{11,85}$	0,999	99,96%	5039	0,02%
pt pS2	$1,31 \cdot 10^{-22} \cdot d^{11,37}$	0,999	99,92%	1183	1,85%



**Cuadro R15 - Ecuaciones de las extracciones elementales en función de los litros aportados para la variedad Red Pontiac ( Dilar 1990 )**

		Coef correl	R <sup>2</sup>	Fratio	signif.
ex K1	14,65 e <sup>0,051</sup>	0,915	83,84%	5,18	26,34%
ex K3	1,9 e <sup>0,1191</sup>	0,975	95,19%	39,57	2,43%
ex P1	0,89 e <sup>0,05771</sup>	0,959	91,99%	11,48	18,27%
ex P3	1,278 l - 31,35	0,981	96,29%	51,93	1,87%
ex N1	13,64 e <sup>0,0491</sup>	0,954	91,06%	10,18	19,33%
ex N3	1,93 e <sup>0,11271</sup>	0,963	92,74%	25,54	3,70%
ex Zn1	1/27,67 - 0,345 l	-0,9	81,05%	4,27	28,68%
ex Zn3	0,005 e <sup>0,071</sup>	0,947	89,73%	17,48	5,27%
ex Mn1	0,023 e <sup>0,0411</sup>	0,922	85,02%	5,67	25,30%
ex Mn3	2,4 . 10 <sup>-7</sup> l <sup>3,73</sup>	0,996	99,16%	235,66	0,42%
ex Mg1	1,16 e <sup>0,06781</sup>	0,977	95,53%	21,37	13,56%
ex Mg3	2,505 l - 63,66	0,991	98,27%	113,83	0,87%
ex Fe1	0,04 l <sup>1,15</sup>	0,817	66,84%	2,01	39,06%
ex Fe3	0,0217 l <sup>1,336</sup>	0,991	98,21%	110,03	0,89%
ex Cu1	1,79 . 10 <sup>-7</sup> l <sup>3,186</sup>	0,981	96,33%	26,24	12,27%
ex Cu3	7,7 . 10 <sup>-11</sup> l <sup>5,479</sup>	0,999	99,78%	924,24	0,11%
pt pH1	1,3 . 10 <sup>-24</sup> l <sup>15</sup>	0,999	99,90%	965,79	2,05%
pt pH3	1,4 . 10 <sup>-43</sup> l <sup>28</sup>	1	100	2,8.10 <sup>7</sup>	0,0001%
pt pS1	2,37 . 10 <sup>-21</sup> l <sup>12,77</sup>	0,999	99,81%	534,79	2,75%
pt pS3	2,8 . 10 <sup>-37</sup> l <sup>23,7</sup>	0,999	99,99%	38493	0,003%



**Cuadro R16 - Ecuaciones de las extracciones elementales en función de los litros aportados para la variedad Jaerla ( Dilar 1990 )**

		Coef correl	R <sup>2</sup>	Fratio	signif.
ex K1	0,032 $l^{2,15}$	0,98	96,60%	56,86	1,71%
ex K2	0,0076 $l^{2,607}$	0,999	99,93%	1339,25	1,74%
ex P1	0,00186 $l^{2,28}$	0,994	98,73%	155,83	0,64%
ex P2	0,00028 $l^{2,83}$	1	100%	7834551	0,02%
ex N1	0,0325 $l^{2,12}$	0,987	97,49%	77,73	1,26%
ex N2	6 $e^{0,06791}$	0,999	99,99%	12104	0,58%
ex Zn1	2,96 $\cdot 10^{-6} l^{2,66}$	0,993	98,64%	144,96	0,68%
ex Zn2	6 $\cdot 10^{-7} l^{3,115}$	0,997	99,50%	200,1	4,49%
ex Mn1	4,56 $\cdot 10^{-4} l^{1,61}$	0,96	92,17%	23,55	3,99%
ex Mn2	4,67 $\cdot 10^{-5} l^{2,22}$	0,963	92,88%	13,04	17,19%
ex Mg1	8,7 $\cdot 10^{-4} l^{2,63}$	0,993	98,72%	153,89	0,64%
ex Mg2	1,77 $\cdot 10^{-5} l^{3,77}$	0,998	99,69%	323,68	3,53%
ex Fe1	0,04 $l^{1,049}$	0,987	97,57%	80,33	1,22%
ex Fe2	0,025 $l^{1,188}$	0,991	98,15%	53,15	8,67%
ex Cu1	5,26 $\cdot 10^{-6} l^{2,308}$	0,996	99,23%	257,65	0,38%
ex Cu2	2,9 $\cdot 10^{-9} l^{4,269}$	0,999	99,81%	522,24	2,78%
pt pH1	2,68 $\cdot 10^{-23} l^{14,11}$	0,999	99,78%	901,68	0,11%
pt pH2	3,2 $\cdot 10^{-31} l^{19,56}$	0,994	98,86%	86,58	6,81%
pt pS1	2,6 $\cdot 10^{-20} l^{12,06}$	0,999	99,78%	906,89	0,11%
pt pS2	8,97 $\cdot 10^{-27} l^{16,51}$	0,997	99,38%	159,26	5,03%



Si comparamos los resultados de los dos años vemos que este segundo año, como consecuencia del estrés, los modelos matemáticos de variación de los contenidos elementales en la planta pasan de multiplicativos a exponenciales, siendo las pendientes de variación más elevadas que el año anterior.

En consecuencia, podemos generalizar diciendo que el mayor grado de estrés hídrico condiciona un mayor grado de variación de los contenidos de los diversos elementos en la planta y un mayor riego implica una disminución de las pendientes de variación de estos contenidos y pesos de tubérculos frente al volumen de agua aportado.

En cualquier caso, serán las condiciones de producción y rentabilidad las que nos darán el modelo más adecuado para desarrollar.



# **FERTILIZACION**



### 4.3. - Experiencia de Fertilización

#### 4.3.1.- Resultados CIDA- 1989

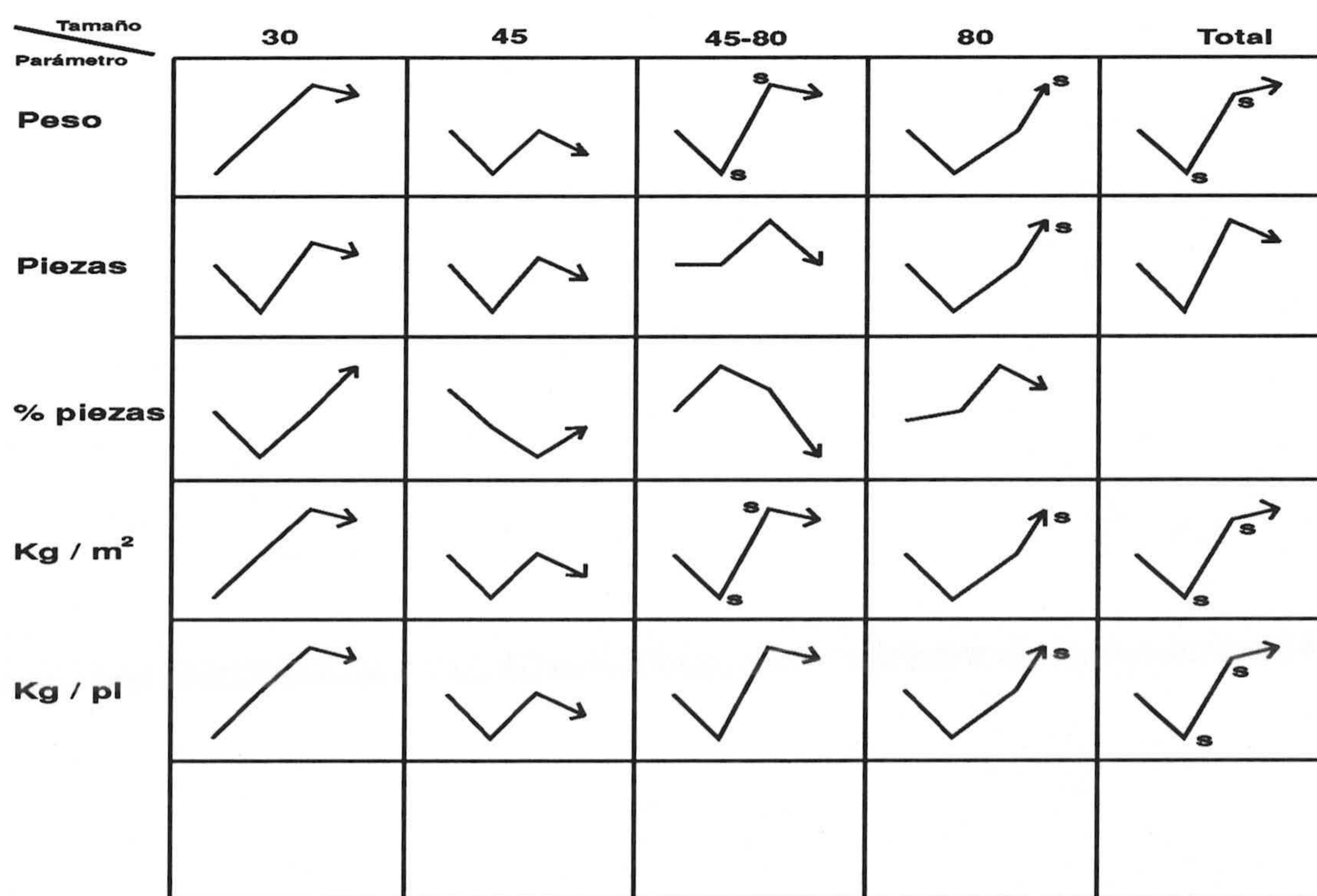
##### 4.3.1.1.- Análisis de la producción frente al Fósforo y Magnesio

En la gráfica F-1, se representan los resultados obtenidos tras la realización de un análisis de la varianza, de los datos de producción de tubérculos en el ensayo de fertilización del año 1989, en la parcela del Centro de Investigación y Desarrollo Agrario de Granada, y que se reflejan en el Anexo 1 - Fertilización

El análisis se ha aplicado a los datos obtenidos del peso de tubérculos, número de piezas, porcentaje de piezas, peso de tubérculos por metro cuadrado y peso de tubérculos por planta, diferenciando los calibres, menores de 30 mm, entre 30 y 45 mm, entre 45 y 80 mm, mayores de 80 mm y totales.

Gráfica F-1-Analisis de la varianza de la producción de diferentes calibres de tubérculos frente a las dosis de Fósforo y Magnesio.( CIDA 1989 )

#### Fosforo



P0 P1 P2 P3

S- Diferencia significativa al 5%



**Magnesio**

Tamaño Parámetro	30	45	45-80	80	Total
Peso					
Piezas					
% piezas					
Kg / m <sup>2</sup>					
Kg / pl					

M0 M1 M2



A la vista de la gráfica F-1, destacamos lo siguiente.

1 - Respecto al Magnesio, ningún parámetro presenta diferencias significativas al 5%, con lo que, en principio, podríamos decir, que en nuestros ensayos, la fertilización magnésica, no afecta significativamente a la producción.

Sin embargo, en todos los casos, se produce la tendencia de ser el tratamiento M1, el que consigue mayor producción en peso de tubérculos, número de piezas, peso de tubérculos por unidad de superficie ( Kg/m<sup>2</sup> ) y por planta ( Kg/pl ), de los calibres menor de 30 mm, entre 30 - 45 mm, entre 45 - 80 mm y totales.

El peso de tubérculos, número de piezas, peso de tubérculos por unidad de superficie y por planta disminuyen, aunque no de manera significativa, para el calibre mayor de 80 mm, con la fertilización magnésica.

El porcentaje de piezas de calibres, inferiores a 30 mm y superiores a 80 mm, también es más elevado para el tratamiento M1 que para los otros dos tratamientos, mientras que para el calibre comprendido entre 45 - 80 mm crece con los niveles de Magnesio aplicados.

La bibliografía consultada, se muestra contradictoria en lo referente a la influencia del Magnesio sobre la producción de tubérculos. Para **Giroux ( 1986 )**, el Magnesio no afecta a la producción, ni al tamaño de los tubérculos; **Khurana ( 1990 )**, no obtiene respuesta sobre la producción de tubérculos con el magnesio aplicado, bien sea en el suelo, en las semillas o como abonado foliar.

Sin embargo, **Kiss ( 1989 )**, establece que el Magnesio incrementa los rendimientos.

2 - En lo que se refiere a la fertilización fosfórica, aparecen algunos resultados significativamente diferentes, para los calibres comprendidos entre 45 - 80 mm ( comercial ) mayores de 80 mm ( grandes ) y totales.

Así, para el calibre comercial, entre 45 y 80 mm, las diferencias significativas en peso de tubérculos, peso por unidad de superficie y peso por planta, se dan entre los tratamientos P<sub>0</sub> P<sub>1</sub> y P<sub>2</sub> P<sub>3</sub>, siendo equivalentes entre si, los tratamientos P<sub>0</sub> = P<sub>1</sub>, por un lado y P<sub>2</sub> = P<sub>3</sub>, por otro.

Según este resultado, la mayor producción en peso de tubérculos de este calibre, se obtendría con el tratamiento de fertilización P<sub>2</sub>.

Para el calibre superior a 80 mm, el tratamiento que presenta diferencias significa-



tivas frente a los demás es el P3; siendo las variaciones en peso de tubérculos, número de piezas, peso de tubérculos por unidad de superficie ( Kg/m<sup>2</sup> ) y peso de tubérculos por planta ( Kg/pl ), para este calibre, crecientes con la fertilización fosfórica y alcanzando el valor máximo, como hemos dicho, con el tratamiento P3.

Para los calibres inferiores, no se producen diferencias significativas frente a los tratamientos de Fósforo.

Considerando el conjunto de tubérculos de todos los calibres, tanto el peso, número de piezas, peso por unidad de superficie y peso por planta, alcanzados por los tratamientos P2, P3 superan significativamente a los del tratamiento P1.

En definitiva, la producción de tubérculos comerciales ( calibre comprendido entre 45 y 80 mm ) se ve favorecida por un tratamiento de fertilización de fósforo P2, mientras que la de tubérculos de calibre superior a 80 mm, por el tratamiento P3.

Al Fósforo se le atribuye un aumento significativo de los rendimientos, ( **Nijensohn 1980** ), ( **Maier 1989** ), ( **Sharma U.C. 1989, 1991** ), ( **Locascio 1990** ), ( **Fontes 1991** ) ( **Köppen 1990** ), así como el incremento de la producción de materia seca de diferentes partes de la planta, en todos los estados de crecimiento. ( **Krishnappa 1989** )

Sin embargo, también se han señalado efectos nulos de la fertilización fosfórica ( **Sharma R.C. 1987** ) o muy escasos ( **Rajanna 1987** )

Así mismo, su influencia sobre el aumento del número y peso de los tubérculos también es discutida.

Así, **Sharma UC (1987)**, indica que el Fósforo incrementa el número de tubérculos pequeños, disminuyendo el número de los grandes. El incremento de producción se debe, pues, al incremento de las producciones de pequeños y medianos.

**Fontes (1991)** establece que con la fertilización fosfórica se incrementa el número de tubérculos comerciales.

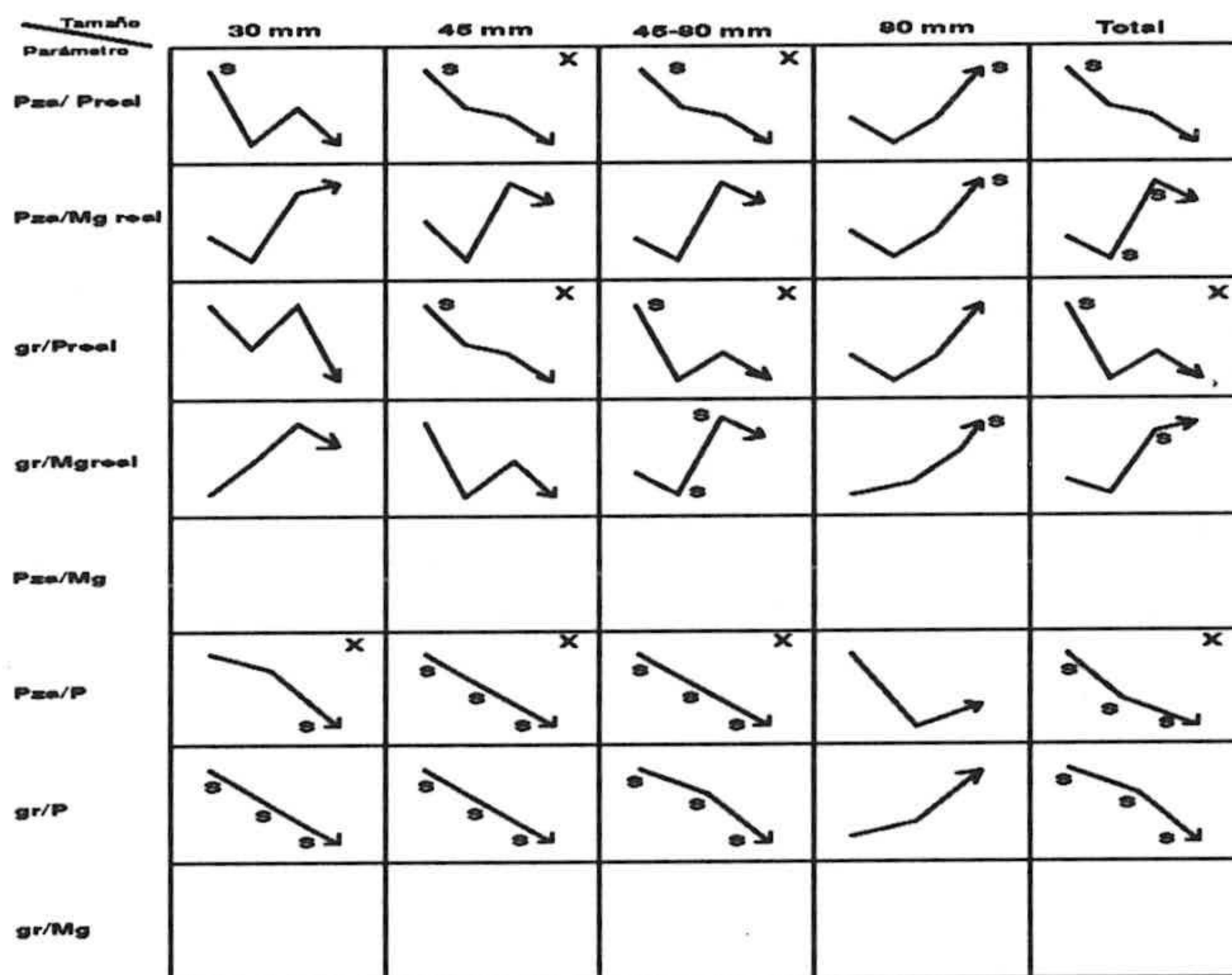
Nuestros resultados contradicen las tesis anteriores, puesto que el efecto de la fertilización fosfórica se ha hecho notar sobre los pesos de tubérculos medianos y grandes, y en nuestros ensayos se ven afectados significativamente por el Fósforo, el número de tubérculos grandes y no el de los pequeños y medianos.



En la Gráfica F-2, se analizan las producciones relativas frente al Magnesio y al Fósforo, es decir los pesos de tubérculos de cada calibre producidos divididos por los contenidos de Magnesio y Fósforo asimilables existentes en el suelo, provenientes de los distintos tratamientos de fertilización más los iniciales del suelo. ( P real, Mg real )

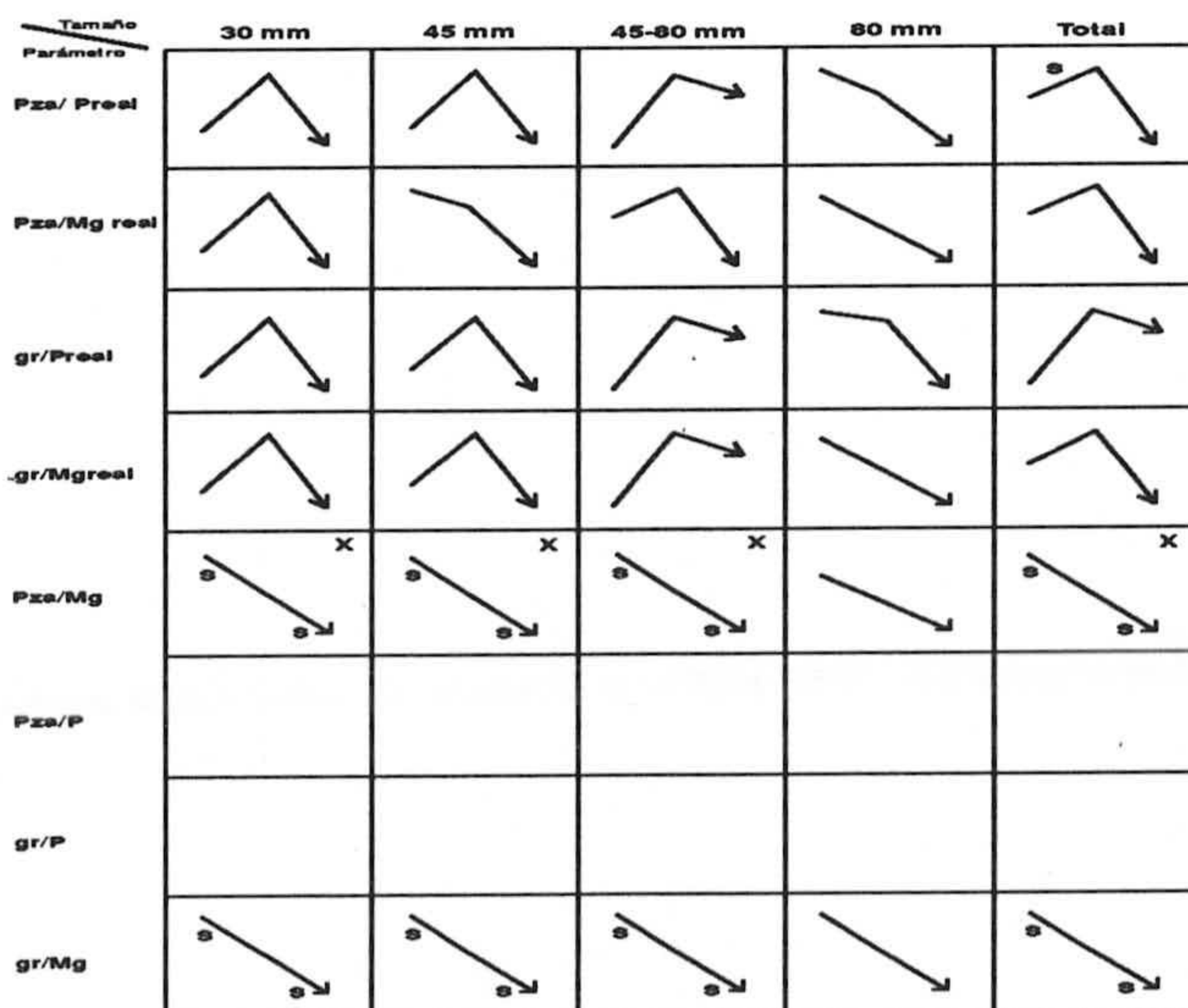
Gráfica F - 2 - Análisis de la varianza de las producciones por unidad de elemento químico ( Fósforo y Magnesio ) disponible en el suelo frente a las dosis de fertilizante. ( CIDA 1989 )

**Fósforo**



P<sub>0</sub> P<sub>1</sub> P<sub>2</sub> P<sub>3</sub>

**Magnesio**



M<sub>0</sub> M<sub>1</sub> M<sub>2</sub>

S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo



Para el Magnesio, vuelve a destacar en todos los casos, la inexistencia de diferencias significativas entre tratamientos. No obstante, tanto el peso de tubérculos como el número de piezas de los calibres, menores de 30 mm, entre 30 y 45 mm, entre 45 y 80 mm y totales, tienden a ser superiores para el tratamiento M1 frente a los otros dos, mientras que para los tubérculos de calibre superior a 80 mm, sus producciones disminuyen con los tratamientos crecientes de Magnesio.

En lo que respecta al Fósforo, tanto los pesos de tubérculo como el número de piezas por unidad de fertilizante, siguen una tendencia similar, decrecen significativamente frente al Fósforo para los calibres entre 30 y 45 mm, entre 45 y 80 mm y totales y son crecientes para el calibre mayor de 80 mm.

Esto nos indica, que tanto a nivel de número de piezas como en peso, conforme aumentamos las aportaciones de Fósforo disminuye la producción relativa de tubérculos, sobre todo al pasar de los tratamientos Po a P1 y de P2 a P3 ( P1 es equivalente a P2 ) de los calibres comprendidos entre 30 y 45 mm, entre 45 y 80 mm y totales.

La producción relativa de tubérculos grandes ( calibre mayor 80 mm ) es significativamente creciente con los aportes de fósforo.

Debemos llamar la atención, sobre el hecho de que los pesos de tubérculos por unidad de fertilizante magnésico, crezcan significativamente al pasar del tratamiento P1 al P2 para el calibre comercial ( entre 45 y 80 mm ) y para el conjunto de tubérculos.

Esta misma tendencia, se manifiesta a nivel de piezas. Estos resultados nos indican un efecto beneficioso del tratamiento P2 frente al magnesio.

Para el calibre superior a 80 mm, el peso de tubérculo y el número de piezas por unidad de fertilizante magnésico crecen significativamente con las dosis elevadas de Fósforo ( P2 y sobre todo P3 ). Estas dosis estimularían la mayor producción relativa frente al Magnesio. Podríamos hablar de un efecto sinérgico P - Mg sobre todo con dosis elevadas de este.

Este efecto sinérgico ya fue señalado por **Sharma R.C. (1984)**.

En términos generales, en nuestros ensayos la efectividad al Fósforo disminuye al aumentar las dosis de éste. Para **Gosek (1984)**, la efectividad de la aplicación de fósforo depende del contenido útil en el suelo y permanecía constante en sus experiencias.



Se observa, como frente al Magnesio, la producción relativa, ( Kg de tubérculo / dosis de Magnesio ) y ( nº de piezas / dosis de Magnesio ), tanto en peso como en número de piezas, de todos los calibres, disminuye significativamente al pasar del tratamiento de fertilización M1 al M2, salvo para el calibre superior a 80 mm en que la disminución no es significativamente al 5%.

Según este resultado, el tratamiento M1 sería significativamente más productivo que el tratamiento M2.

Frente al Fósforo, la producción relativa, ( Kg de tubérculo / dosis de fósforo y nº de piezas / dosis de fósforo ) tanto en peso, como en número de piezas, de todos los calibres, disminuye significativamente, salvo para el calibre mayor a 80 mm, en que aumenta. De aquí, se deduce que la efectividad de la fertilización fosfórica y magnésica disminuye significativamente para los calibres medianos y pequeños y aumenta, aunque no sea de manera significativa para el calibre mayor a 80 mm.

En resumen, podemos señalar que en nuestros ensayos, el Magnesio no incrementa significativamente la producción de tubérculos aún cuando el tratamiento de fertilización M1, tiende a dar mayores producciones. Para el Fósforo, el tratamiento de fertilización P2 daría significativamente mayor producción de tubérculos de tamaño comercial y el tratamiento P3 de tubérculos de gran tamaño.

La efectividad de la fertilización magnésica y fosfórica disminuye al aumentar las dosis de fertilizante.

Este estudio a nivel de producciones se puede completar comparando los diferentes intervalos de producción a lo largo del crecimiento de los pesos húmedo y seco de los tubérculos. Los pesos de los diferentes tratamientos se resumen en la tabla siguiente.

Peso seco de tubérculo ( gr / planta )

Mo	12 - 163	Po	12 - 163	Po	12 - 163	Po	12 - 163
M1	10 - 180	P1	10 - 172	P1 M1	10 - 180	P1 M2	12 - 163
M2	8 - 190	P2	12 - 170	P2 M1	10 - 300	P2 M2	10 - 182
		P3	12 - 190	P3 M1	10 - 150	P3 M2	12 - 175



Peso húmedo de tubérculo ( gr / planta )

Mo	60 - 850	Po	60 - 850	Po	60 - 850	Po	60 - 850
M1	50 - 875	P1	60 - 950	P1 M1	50 - 900	P1 M2	60 - 760
M2	40 - 900	P2	60 - 800	P2 M1	90 - 1450	P2 M2	50 - 900
		P3	100 -1050	P3 M1	50 - 800	P3 M2	70 - 920

Observamos como, tanto a nivel de peso seco, como peso húmedo de tubérculo, los tratamientos que dan mayor producción son respectivamente P2 M1 y P3 con lo que es principio podemos considerarlos como los más adecuados.

#### **4.3.1.2.- Análisis del crecimiento**

##### **Crecimiento - Evolución frente a los días después de la siembra.**

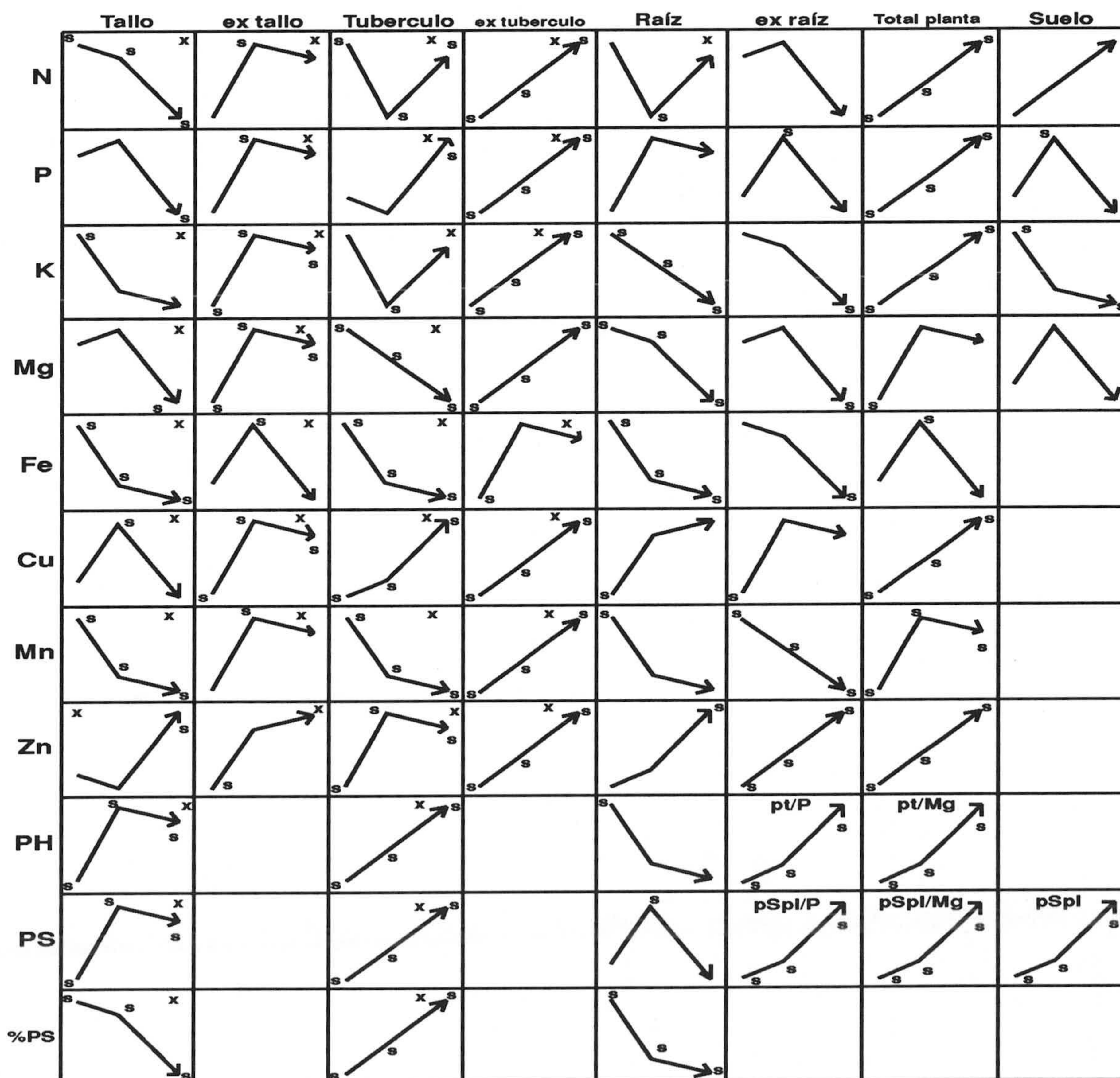
El estudio realizado a nivel de producción final se complementa con otro referido al crecimiento de la planta y en donde se analizan los contenidos de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio, Hierro, Cobre, Manganeso y Cinc, junto con los pesos húmedo y seco, de las diferentes partes de la planta, tallo, tubérculo, raíz y los contenidos de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio en el suelo.

En este caso, el análisis de la varianza se establece frente a los días transcurridos desde la siembra y a los tratamientos de fertilización fosfórica y magnésica.



En la Gráfica F - 3, se representan las variaciones de los contenidos de los diferentes elementos estudiados en las distintas partes de la planta y suelo en función de los días transcurridos desde la fecha de la siembra.

Gráfica F - 3 -Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a los días después de la siembra. (CIDA 1989 )



61 77 108

S-Diferencia significativa al 5%

X-Parámetro estadísticamente significativo



Destaca el hecho de que todos los parámetros estudiados en planta salvo nitrógeno y fósforo de la raíz presenten diferencias significativas en su evolución con los días.

Estas variaciones las podemos agrupar en las siguientes tendencias.

Crecientes con los días

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Rafz	ex rafz	Total planta	Suelo
N				X			X	
P			X	X			X	
K				X			X	
Mg				X			X	
Fe				X			X	
Cu			X	X	X	X	X	
Mn				X			X	
Zn	X	X		X	X	X	X	
PH			X			pt/P	pt/Mg	
PS			X			pspl/P	pspl/Mg	pspl
%PS			X					

Decrecientes con los días

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Rafz	ex rafz	Total planta	Suelo
N	X							
P	X							
K	X				X	X		X
Mg	X		X		X	X		
Fe	X		X		X	X		
Cu								
Mn	X		X		X	X		
Zn								
PH					X			
PS								
%PS	X				X			



Máximo en la floración a los 77 días

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N		X				X		
P		X			X	X		X
K		X						
Mg		X						X
Fe		X					X	
Cu	X	X						
Mn		X					X	
Zn			X					
PH	X							
PS	X				X			
%PS								

De la observación de las tablas anteriores se pueden establecer los siguientes resultados, válidos para los ensayos realizados por nosotros.



- Nitrógeno - Disminuye su contenido en el tallo, mientras que en raíz y tubérculo disminuye hasta los 77 días para luego aumentar.
- Fósforo - Disminuye su contenido significativamente en el tallo a partir de la floración a la vez que aumenta en el tubérculo.
- Potasio - Disminuye su contenido en tallo y raíz, mientras en tubérculo aumenta a partir de los 77 días.
- Magnesio - Disminuye su contenido en tallo, raíz y tubérculo.
- Hierro - Disminuye su contenido en tallo, raíz y tubérculo.
- Cobre - Aumenta su contenido en raíz y tubérculo, mientras en tallo disminuye a partir de los 77 días.
- Manganeso - Disminuye su contenido en tallo, raíz y tubérculo.
- Cinc - Aumenta su contenido en tallo y raíz y en tubérculo aumenta hasta los 77 días para luego disminuir.

Los contenidos totales de los diferentes elementos en el tubérculo vienen condicionados por el peso del mismo, siendo crecientes para todos los elementos.

Las extracciones por parte de la planta vienen condicionadas fundamentalmente por el tubérculo y son crecientes para todos los elementos salvo para Hierro y Manganeso.

Los pesos relativos de planta y tubérculo frente a los niveles de fertilización tanto fosfórica como magnésica son significativamente crecientes debido al aumento en el peso de planta y tubérculo.

Los porcentajes de los elementos estudiados en el tallo son decrecientes con los días para todos ellos salvo para cobre que presenta un máximo a los 77 días y para el cinc que aumenta su contenido en el tallo.

Los contenidos totales de los diferentes elementos en el tallo presentan un máximo



a los 77 días para luego decaer para todos los elementos salvo para el Cinc que no disminuye su contenido después de los 77 días.

El peso húmedo del tallo crece hasta los 77 días para luego disminuir, mientras el peso húmedo de raíz disminuye y el de tubérculo aumenta. En lo que se refiere a los pesos secos, tanto tallo como raíz pasan por un máximo a los 77 días para luego decrecer mientras que el peso de tubérculo siempre es creciente. Los comportamientos de Magnesio, Hierro y Manganeso son similares en las diferentes partes de la planta.

Las variaciones de los contenidos de los diferentes elementos en planta a lo largo del crecimiento no han sido suficientemente estudiados.

**Krishnappa ( 1989 )** indica que la producción de materia seca en el tallo es rápida hasta los 60 días y luego disminuye. Estos resultados son coincidentes con los obtenidos por nosotros y se reflejan en el peso seco del tallo que disminuye a partir de los 77 días.

Las concentraciones de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio en el tallo disminuyen con la edad de la planta ( **Krishnappa 1989** ). En nuestros ensayos, se puede generalizar la afirmación anterior incluyendo además al Hierro y Manganeso.

Según este autor la acumulación de Nitrógeno y Fósforo en los tubérculos continúa hasta la madurez, mientras que la acumulación de Potasio ocurre hasta los 80 días. En nuestros ensayos, el Potasio se comporta de forma similar a Nitrógeno y Fósforo, y continúa su acumulación en el tubérculo hasta la madurez, al igual que ocurre con el Magnesio, Cobre, Manganeso y Cinc.

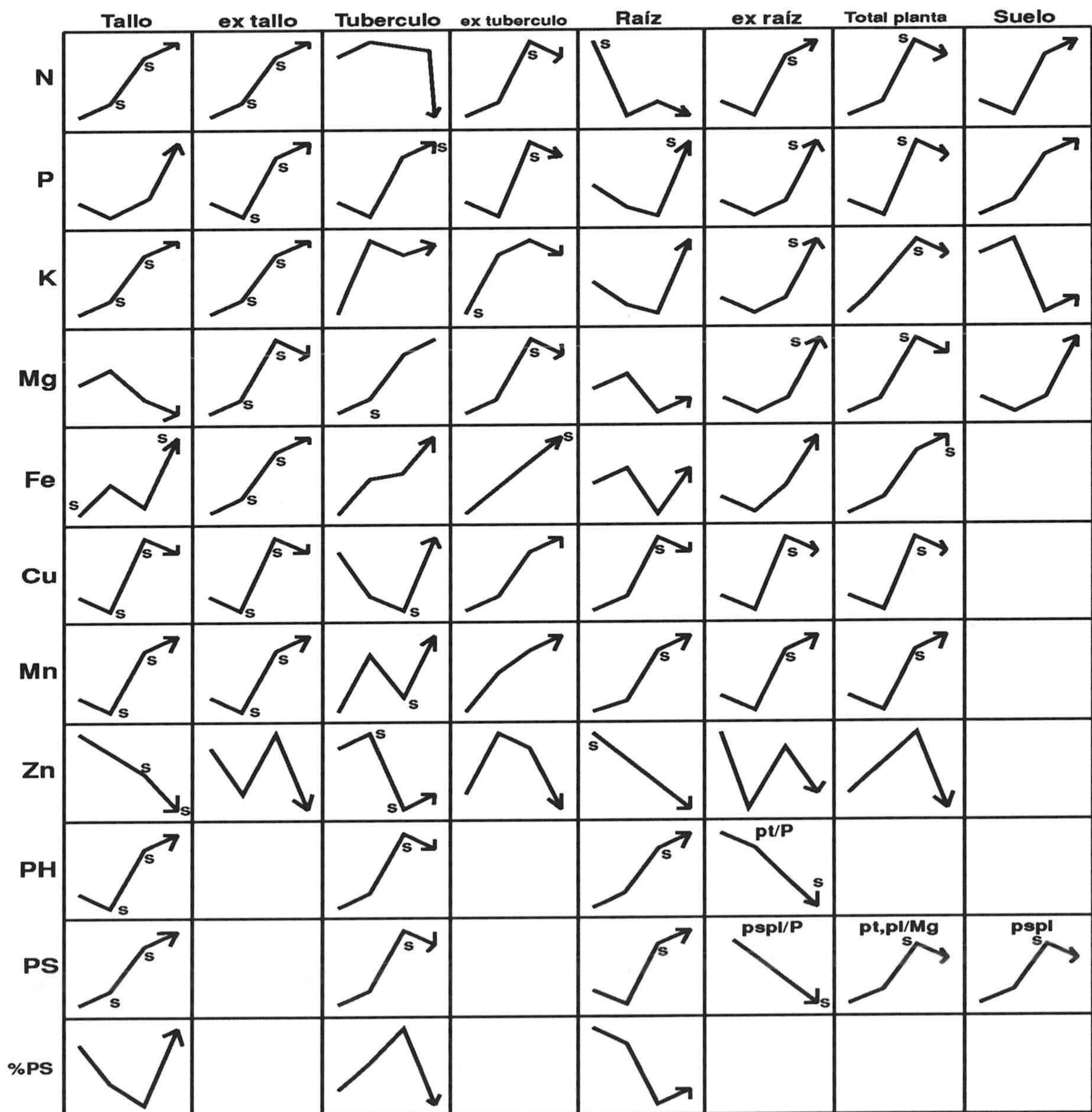
Por otro lado, **Guerra ( 1985 )** también diferencia entre el comportamiento de Potasio frente a Nitrógeno y Fósforo en sus variaciones en tallo y tubérculo mientras que nuestros resultados no indican diferencias cualitativas entre los tres elementos.



**Crecimiento - Evolución frente a los niveles de Fósforo**

En la gráfica F-4 se representan los resultados del análisis de la varianza aplicado a los contenidos de los diferentes elementos en planta y suelo en función de los niveles de Fósforo aplicado como fertilizante.

**Gráfica F - 4 -Análisis de la varianza de los contenidos en planta y suelo de nutrientes frente a las dosis de Fósforo .( CIDA 89 )**



P0 P1 P2 P3

S-Diferencia significativa al 5%



Las diferentes tendencias de variación se han agrupado considerando en cada caso el primer nivel de fertilización que es significativamente mayor que los otros tres, lo que indicaría que debería ser el más adecuado para utilizar.

**P<sub>0</sub>**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	RAIZ	ex RAIZ	Total planta	SUELO
N					X			
P								
K								
Mg								
Fe								
Cu								
Mn								
Zn					X			
PH								Pa/P real 0 2
PS								Pt H/P real 0 2
%PS								Pt S/P real 0 2

**P<sub>1</sub>**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	RAIZ	ex RAIZ	Total planta	SUELO
N			1					
P								
K			1					
Mg	1							
Fe								
Cu			X					
Mn			X					
Zn				1				
PH								Pa/P real X
PS								Pt H/P real X
%PS								Pt S/P real X

X - Diferencia significativa al 5%

n - Diferencia no significativa al 5%



**P2**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raiz	ex raiz	Total planta	Suelo
N								
P								
K								
Mg								
Fe								
Cu				2				
Mn								
Zn		2						
PH							Pt pl/Mg 2	Pt pl/Mg real
PS							Pt H/Mg 2	Pt H/Mg real
%PS	2		2		2		Pt S/Mg 2	Pt S/Mg real

**P3**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raiz	ex raiz	Total planta	Suelo
N								
P	3							
K					30			
Mg								
Fe					3	3		
Cu			30					
Mn								
Zn								
PH								
PS								
%PS	30							

Se observa claramente como los contenidos de los elementos en las diferentes partes de la planta responden mejor a los tratamientos de fertilización P2 y P3, que los P0 y P1.

En términos generales, el tratamiento P2 sería el más adecuado en cuanto a alcanzar los mayores pesos de tubérculos así como los mayores porcentajes de tubérculo frente a tallo y raíz.

Asimismo, los contenidos totales en planta de todos los elementos estudiados son mayores con este tratamiento excepto para el Hierro.

La efectividad de la fertilización fosfórica también es mayor con este tratamiento pues aunque los pesos de tubérculo y planta por unidad de fertilizante fosfórico son decrecientes los tratamientos P0 y P2 no son significativamente diferentes. Esto indica



que la mayor efectividad a la fertilización fosfórica se logra con tratamientos muy bajos de fósforo y también con tratamientos próximos a P2.

Merece la pena destacar el hecho de que la producción relativa de tubérculo y planta frente al Magnesio es significativamente mayor con el tratamiento P2 de fertilización fosfórica lo que indicaría el efecto positivo de este nivel sobre la asimilación de Magnesio por la planta.

Otro dato a destacar es que los contenidos de Cinc en tallo, raíz y tubérculo son decrecientes al aumentar la fertilización fosfórica.

En el tallo, Magnesio y Cinc disminuyen sus contenidos con el aumento de fertilizante fosfórico.

En la raíz, Cobre y Manganeso aumentan sus contenidos mientras que Nitrógeno y Cinc los disminuyen, Magnesio y Hierro sufren fluctuaciones y Fósforo y Potasio disminuyen su contenido en la raíz hasta el tratamiento P2 de fertilización para luego aumentar bruscamente con el tratamiento P3.

En el tubérculo, Fósforo, Magnesio y Hierro aumentan sus contenidos y Cinc los disminuye mientras que el resto sufre fluctuaciones diferentes para cada elemento.

En definitiva, se confirma lo que los resultados de producciones nos indicaron antes, que el tratamiento P2 es el más adecuado para la fertilización fosfórica.

No obstante el tratamiento P3 se manifiesta el más adecuado fundamentalmente para Fósforo, Hierro en planta, aumentando las reservas del suelo; es decir los contenidos de fósforo en tallo, raíz y tubérculo son significativamente mayores con este nivel de fertilización. Este resultado puede parecer lógico pues estamos hablando del mismo elemento con el que fertilizamos; ahora bien, lo que resulta interesante es que el hierro aumenta sus contenidos en todas las partes de la planta con este tratamiento P3 de fertilización fosfórica. Como quiera que con este nivel de fertilización se conseguía mayor producción de tubérculos grandes habría que pensar que la asociación Fósforo-Hierro favorece el incremento en el tamaño de los tubérculos.

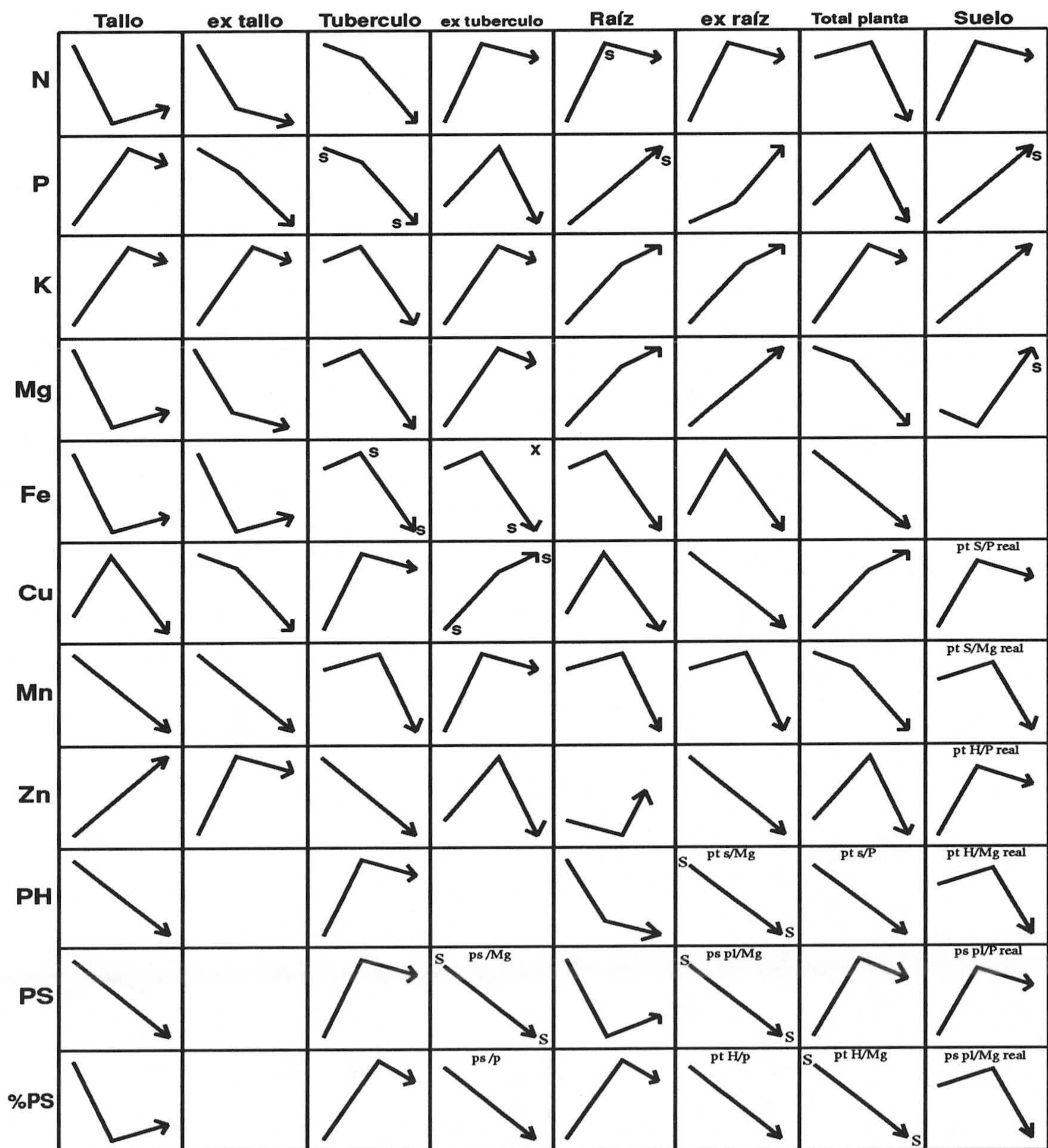
También hay que indicar que los niveles de Fósforo y Magnesio asimilables en suelo son significativamente mayores con este tratamiento de fertilización fosfórica ( P3 ) lo que conlleva a considerar este nivel también como muy adecuado para mejorar los rendimientos debidos al Magnesio.



**Crecimiento - Evolución frente a los niveles de Magnesio**

En la gráfica F-5 se representan los resultados del análisis de la varianza aplicado a los contenidos de los diferentes elementos en planta y suelo en función de los niveles de Magnesio aplicado como fertilizante.

**Gráfica F- 5 -Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Magnesio.( CIDA 1989 )**



M<sub>0</sub> M<sub>1</sub> M<sub>2</sub>

S - Diferencia significativa al 5%



Dada la ausencia de resultados significativos no nos detendremos en el estudio de la misma, aunque si debemos destacar la tendencia que se manifiesta tanto en el peso húmedo como seco de tubérculo, peso seco de planta, porcentaje de tubérculo frente al total de la planta y en los pesos relativos de tubérculo y planta frente a los niveles de Magnesio y Fósforo tanto reales como de fertilizante, de ser el tratamiento M1 la más adecuada aunque con diferencias no significativas frente a los otros dos tratamientos M0 y M2.

### **Crecimiento - Niveles de Fósforo - días**

En la gráfica F-6 se representan los resultados del análisis de la varianza aplicado a los contenidos de los diferentes elementos en las distintas partes de la planta y a los del suelo en función de los tratamientos de fertilización fosfórica aplicada y diferenciando cada estado vegetativo de la planta según el muestreo.

Muestreo 1 - 61 días ( Inicio de la tuberización )

Muestreo 2 - 77 días ( 60 % floración )

Muestreo 3 - 108 días ( Madurez )

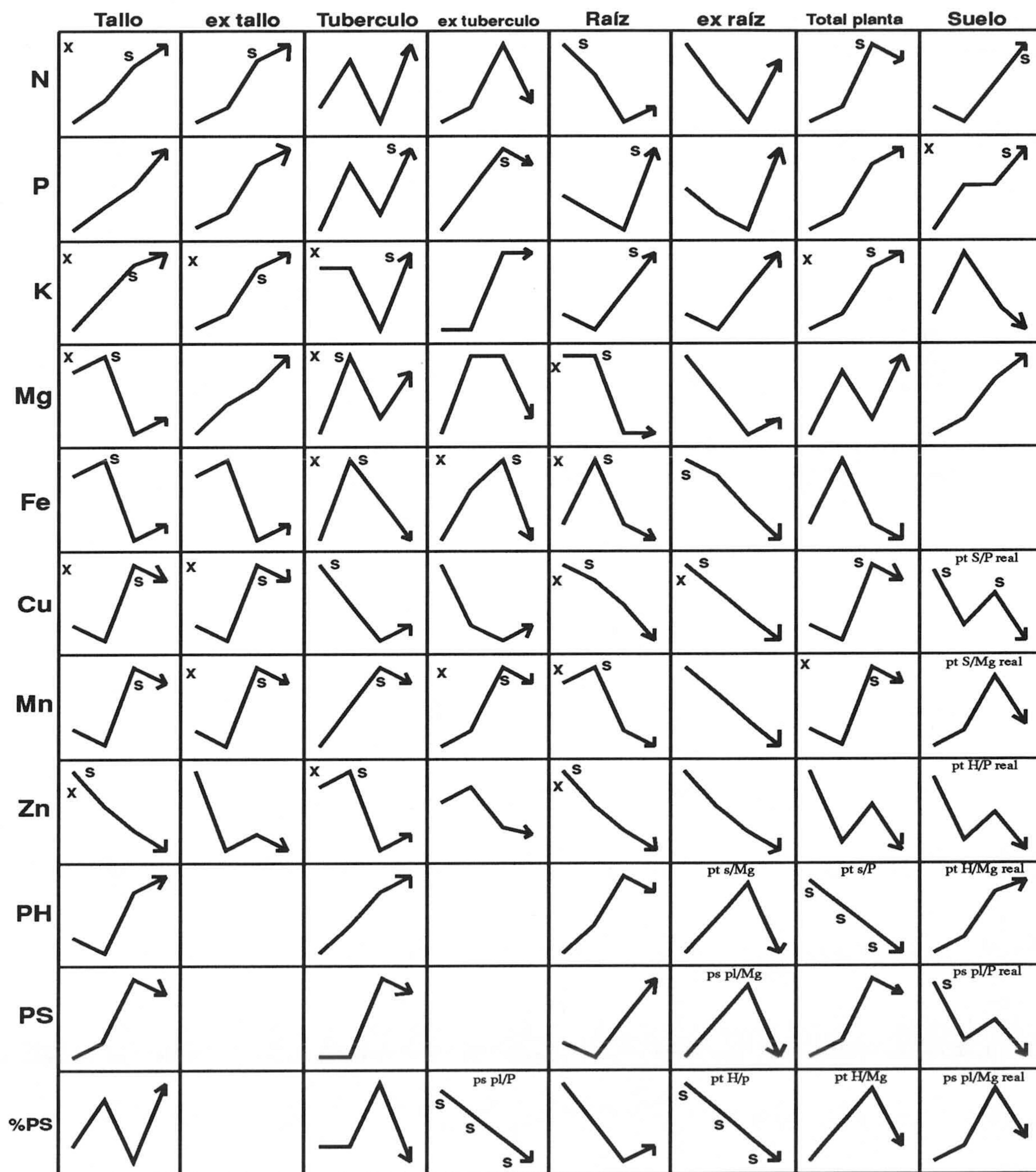
Dada la variabilidad de tendencias que se manifiestan en el cuadro y como quiera que se trata de establecer la dosis de fósforo más adecuada en cada etapa del desarrollo de la planta hemos agrupado todas las tendencias que fuesen similares al objeto de establecer en cada punto el tratamiento significativamente más adecuado.

Esto nos lleva a considerar para cada muestreo los niveles de fertilizante que se indican en las tablas adjuntas.(pag. 244 ). Se utiliza la letra P con subíndice numérico para indicar el nivel de fertilización significativamente más adecuado y el número sólo cuando el nivel indicado no presenta diferencias significativas con los demás.



Gráfica F - 6 - Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de fósforo aplicado. ( CIDA 1989 )

Primer muestreo



P0 P1 P2 P3

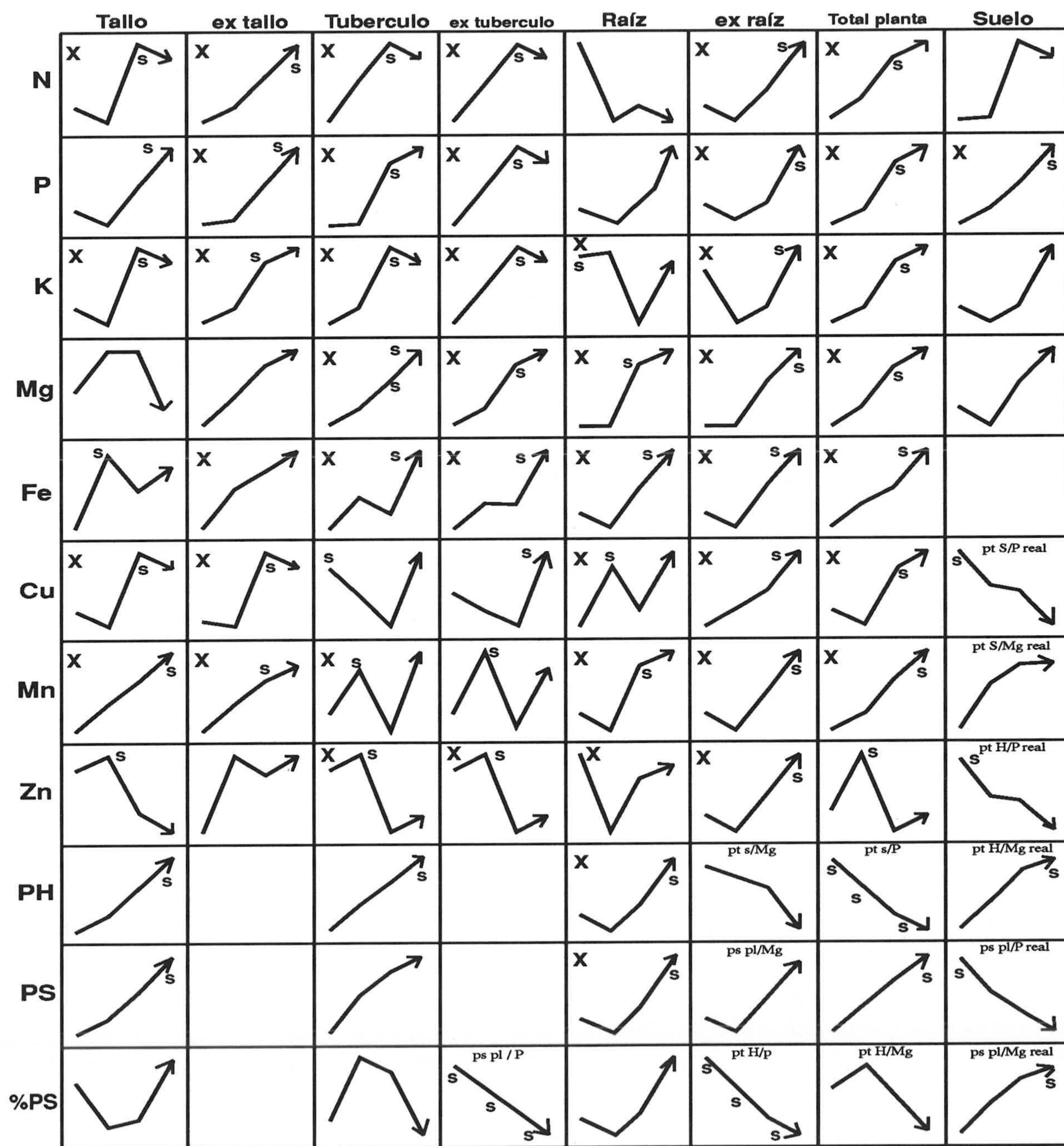
S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo al 5%



Gráfica F - 6 - Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Fósforo aplicado. ( CIDA 1989 )

Segundo muestreo



P0 P1 P2 P3

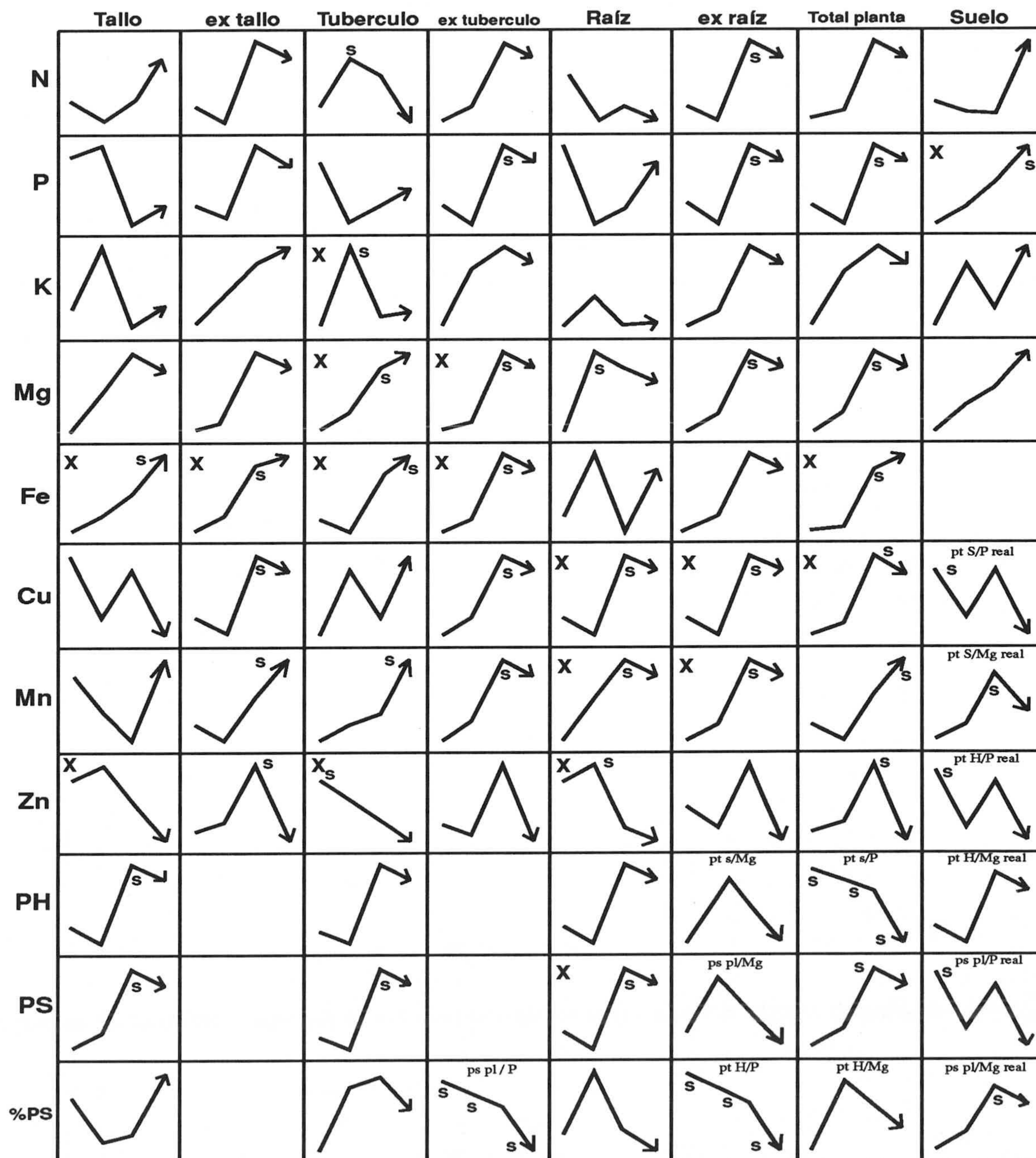
S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo



Gráfica F - 6 - Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Fósforo aplicado. ( CIDA 1989 )

Tercer muestreo



P0 P1 P2 P3

S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo al 5%



61 días

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Refz	ex refz	Total planta	Suelo
N	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	2	2	P <sub>0</sub>	0	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
P	3	2	P <sub>3</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	0	2	P <sub>3</sub>
K	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	2	P <sub>3</sub>	3	P <sub>2</sub>	1
Mg	P <sub>0</sub>	3	P <sub>1</sub>	1	P <sub>0</sub>	0	0	3
Fe	P <sub>1</sub>	1	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>0</sub>	1	
Cu	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>0</sub>	0	P <sub>0</sub>	P <sub>0</sub>	P <sub>2</sub>	
Mn	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	0	P <sub>2</sub>	P <sub>0</sub>
Zn	P <sub>0</sub>	0	P <sub>1</sub>	1	P <sub>0</sub>	0	0	P <sub>1</sub>
PH	2		2		2		2	P <sub>3</sub>
PS	2		2		3	P <sub>0</sub> P <sub>2</sub>	2	2
%pesc	3		2		0	P <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>0</sub> 0

77 días

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Refz	ex refz	Total planta	Suelo
N	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	0	P <sub>3</sub>	P <sub>2</sub>	2
P	P <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	3	P <sub>3</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
K	P <sub>3</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>0</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>2</sub>	0
Mg	1	2	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
Fe	P <sub>1</sub>	3	P <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	
Cu	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>0</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>2</sub>	
Mn	P <sub>3</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>0</sub>
Zn	P <sub>1</sub>	1	P <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>0</sub>	P <sub>3</sub>	1	P <sub>1</sub>
PH	P <sub>3</sub>		P <sub>3</sub>		P <sub>3</sub>	0	2	P <sub>3</sub>
PS	P <sub>3</sub>		3	P <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>0</sub>	P <sub>3</sub>	2
%pesc	0		1	3	3	P <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>0</sub>

108 días

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Refz	ex refz	Total planta	Suelo
N	3	2	P <sub>1</sub>	2	0	P <sub>2</sub>	2	3
P	0	2	P <sub>0</sub>	P <sub>2</sub>	0	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
K	1	3	P <sub>1</sub>	2	1	2	1	1
Mg	2	2	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	3
Fe	P <sub>3</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>2</sub>	1	2	P <sub>2</sub>	
Cu	0	P <sub>2</sub>	3	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	
Mn	0	P <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>0</sub> P <sub>2</sub>
Zn	1	P <sub>2</sub>	P <sub>0</sub>	2	P <sub>0</sub>	2	P <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>
PH	P <sub>2</sub>		2		2	2	2	2
PS	P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>0</sub> P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
%pesc	0		1	2	1	P <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>0</sub> P <sub>2</sub>



Destaca el hecho de que los pesos tanto de tallo, como de raíz y tubérculos no manifiesten diferencias significativas frente al Fósforo en el primer muestreo, sean máximos para el tratamiento P3 en el segundo muestreo y para el tratamiento P2 en el tercero. Esto indica que en el momento de la floración, en que la demanda es máxima, los niveles P3 sean los más adecuados, siendo sintomático que las extracciones por parte de la raíz sean máximas para todos los elementos en este momento. También a nivel de suelo se manifiesta este tratamiento como el que produce mayores contenidos de Fósforo en los tres muestreos, lo cual es lógico, pero además origina mayores contenidos de Nitrógeno en el primero y de Magnesio en el segundo.

Si nos referimos a los elementos estudiados en la planta su comportamiento es completamente distinto y variable de un muestreo a otro.

En el tubérculo, Fósforo y Potasio son máximos para el tratamiento P3 en el primer muestreo mientras los microelementos son máximos con los niveles inferiores de Fósforo (P0, P1) mientras que en el segundo, los elementos mayoritarios tienen su máximo porcentaje en el tubérculo con el tratamiento P2, mientras que los microelementos siguen siendo máximos con tratamientos bajos en Fósforo (P0, P1), salvo el Hierro, que lo es con el tratamiento P3. En el tercer muestreo, los elementos mayoritarios presentan su máxima concentración en el tubérculo con tratamientos bajos de Fósforo (P0, P1), mientras que Hierro y Manganeso lo hacen con tratamientos altos P3.

Hay que hacer notar el caso específico del Hierro, niveles P1 en el primer muestreo, niveles crecientes del tallo a tubérculo P1, P2, P3 en el segundo y máximo P3 en el tercero en tallo y tubérculo.

El Cinc, sin embargo, se ve afectado negativamente por la fertilización fosfórica, siendo siempre sus contenidos máximos en tallo, raíz y tubérculo con los tratamientos más bajos de Fósforo.

El Manganeso sufre variaciones contrarias al Hierro, sus concentraciones en el tallo son máximas para el tratamiento P3, en la raíz para el tratamiento P2, y en el tubérculo para el P1, mientras que el tercer muestreo sus concentraciones en el tubérculo son máximas para el tratamiento P3.

En general, a los 77 días es donde se manifiesta el efecto más significativo de la fertilización fosfórica con predominio de los tratamientos P2 y P3 como óptimos.

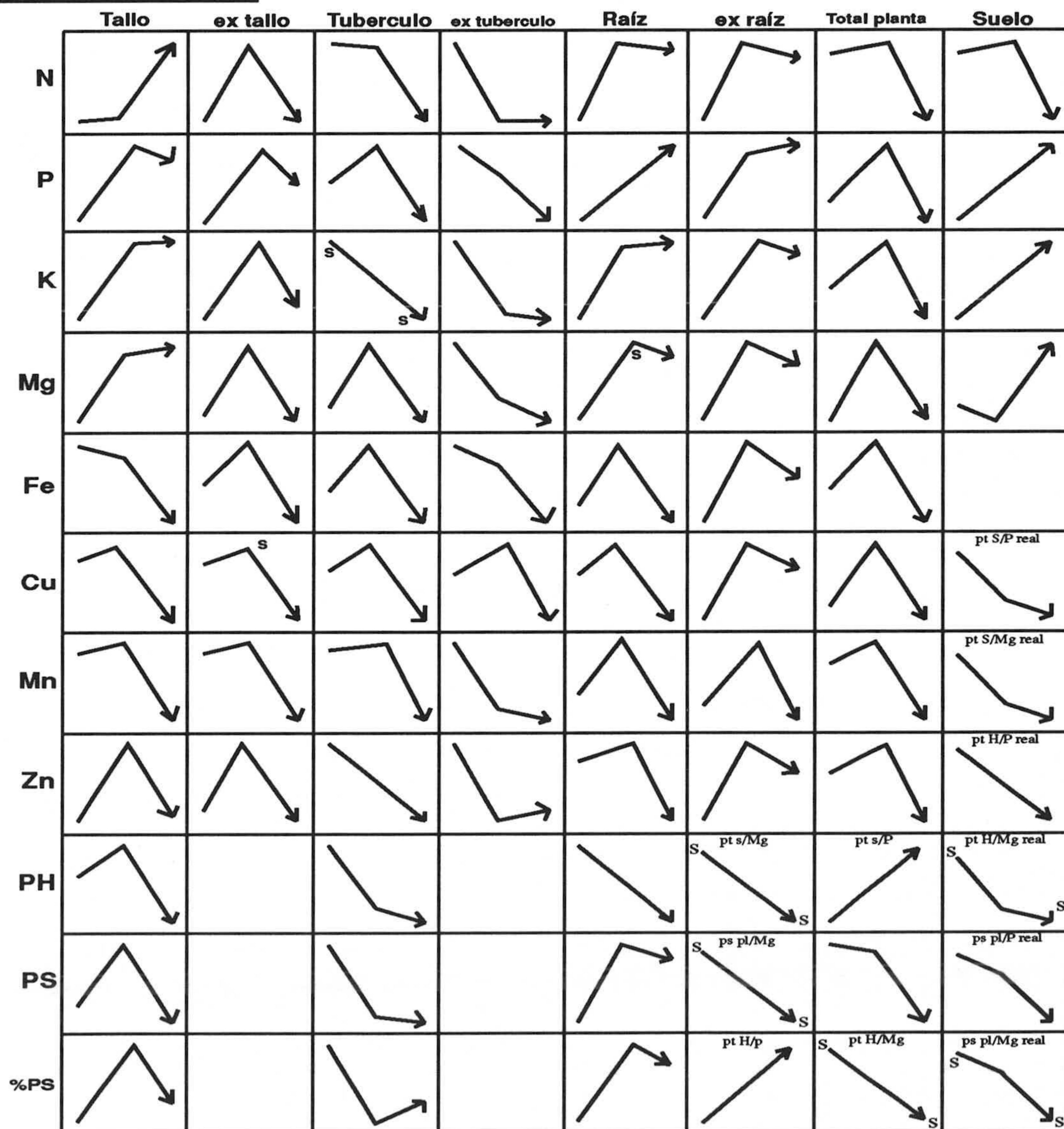


**Crecimiento - Niveles de Magnesio - días**

En la gráfica F-7 se representan los resultados del análisis de la varianza aplicado a los contenidos de los diferentes elementos en planta y suelo en función de los niveles de fertilizante magnésico añadido y para cada uno de los muestreos.

**Gráfica F - 7 -Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Magnesio aplicado. ( CIDA 1989 )**

**Primer muestreo**



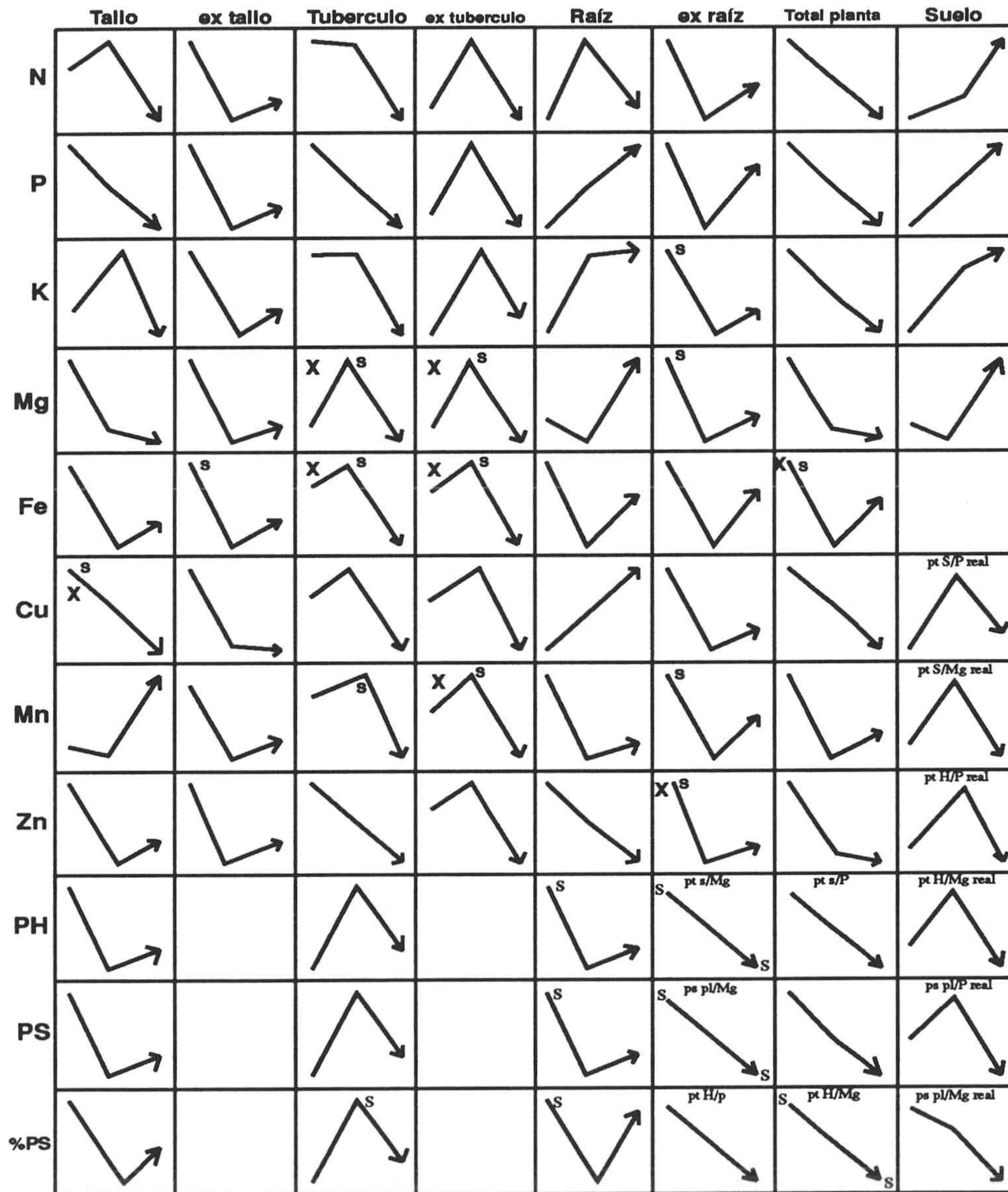
M0 M1 M2

S - Diferencia significativa al 5%



Gráfica F - 7 -Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Magnesio aplicado. ( CIDA 1989 )

Segundo muestreo



M0 M1 M2

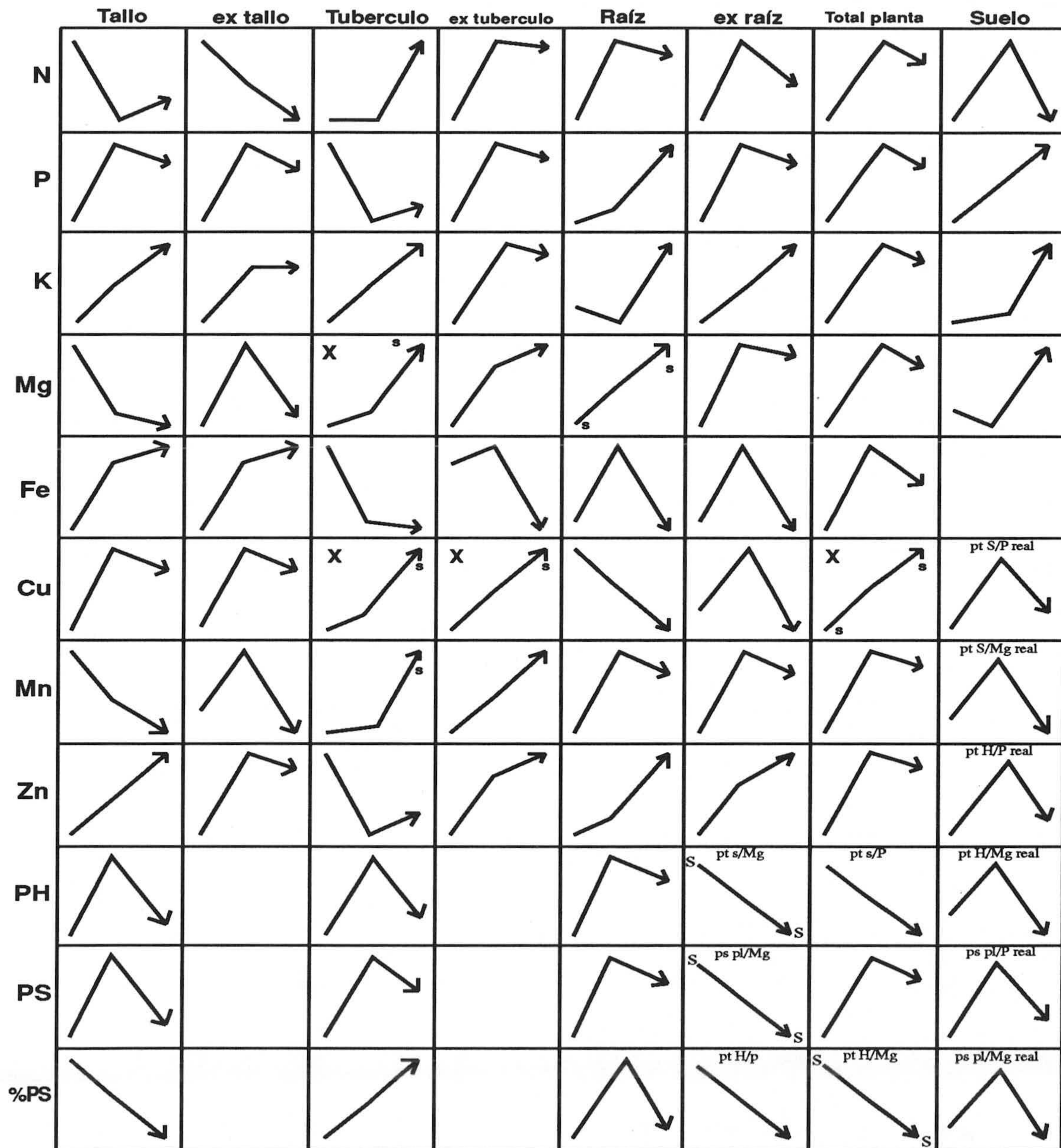
S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo



Gráfica F - 7 -Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de magnesio aplicado. ( CIDA 1989 )

Tercer muestreo



M<sub>0</sub> M<sub>1</sub> M<sub>2</sub>

S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo



Si solamente representamos las diferencias entre tratamientos que son significativas obtenemos la tabla adjunta en la que se aprecia la escasa incidencia de la fertilización magnésica a nivel de composición elemental de la planta, destacando los tratamientos M0 y M1 en los primeros muestreos y el tratamiento M2 en el tercero. Según esto la influencia de este elemento es pequeña en los primeros muestreos y un poco más elevada M2 en el tercero y afecta solo a los contenidos de magnesio, cobre y manganeso en el tubérculo.

**61 días**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Refz	ex refz	Total planta	Suelo
N	2	1	0	0	1	1	0	0
P	1	1	1	0	2	1	1	2
K	<b>M<sub>1</sub></b>	1	<b>M<sub>0</sub></b>	0	1	1	1	2
Mg	2	1	1	0	<b>M<sub>1</sub></b>	1	1	2
Fe	0	1	1	0	1	1	1	
Cu	<b>M<sub>0</sub></b>	<b>M<sub>1</sub></b>	1	1	1	1	<b>M<sub>1</sub></b>	
Mn	0	1	0	<b>M<sub>0</sub></b>	1	1	1	
Zn	1	1	0	0	0	1	1	
PH	1		0		0		<b>M<sub>1</sub></b> <small>pt H/Mg</small>	<b>M<sub>0</sub></b> <small>pt H/Mg real</small>
PS	1		0		1		<b>M<sub>1</sub></b> <small>pt a/Mg</small>	0 <small>pt a/Mg real</small>
%PS	1		0		1		<b>M<sub>1</sub></b> <small>pt p/Mg</small>	<b>M<sub>0</sub></b> <small>pt /Mg real</small>

**77 días**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Refz	ex refz	Total planta	Suelo
N	1	0	0	1	1	0	0	2
P	0	0	0	1	2	0	0	2
K	1	0	0	1	1	<b>M<sub>0</sub></b>	0	1
Mg	0	0	<b>M<sub>1</sub></b>	<b>M<sub>1</sub></b>	2	<b>M<sub>0</sub></b>	0	2
Fe	0	<b>M<sub>0</sub></b>	<b>M<sub>1</sub></b>	<b>M<sub>1</sub></b>	0	0	<b>M<sub>0</sub></b>	
Cu	<b>M<sub>0</sub></b>	0	1	1	2	0	0	
Mn	2	0	<b>M<sub>1</sub></b>	<b>M<sub>1</sub></b>	0	<b>M<sub>0</sub></b>	0	
Zn	0	0	0	1	0	<b>M<sub>0</sub></b>	0	
PH	0		1		<b>M<sub>0</sub></b>		<b>M<sub>1</sub></b> <small>pt H/Mg</small>	<b>M<sub>1</sub></b> <small>pt H/Mg real</small>
PS	0		1		<b>M<sub>0</sub></b>		<b>M<sub>1</sub></b> <small>pt a/Mg</small>	<b>M<sub>1</sub></b> <small>pt a/Mg real</small>
%PS	0		<b>M<sub>1</sub></b>		<b>M<sub>0</sub></b>		<b>M<sub>1</sub></b> <small>pt p/Mg</small>	<b>M<sub>1</sub></b> <small>pt /Mg real</small>



**108 días**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Refs	ex refs	Total planta	Suelo
N	0	0	2	1	1	1	1	1
P	1	1	0	1	2	1	1	2
K	2	1	2	1	2	2	1	2
Mg	0	1	<b>M<sub>2</sub></b>	1	<b>M<sub>2</sub></b>	1	1	2
Fe	1	1	0	0	1	1	1	
Cu	1	1	<b>M<sub>2</sub></b>	<b>M<sub>2</sub></b>	0	1	<b>M<sub>2</sub></b>	
Mn	0	1	<b>M<sub>2</sub></b>	2	1	1	1	
Ni	2	1	0	1	2	2	1	
PH	1		1		1		<b>M<sub>1</sub></b> <small>pt 10/1g</small>	<small>pt 10/1g mal</small>
PS	1		1		1		<b>M<sub>1</sub></b> <small>pt 2/1g</small>	<small>pt 2/1g mal</small>
%PS	0		2		1		<b>M<sub>1</sub></b> <small>pt 2/1g</small>	<small>pt 2/1g mal</small>

Mn - Diferencia significativa la 5%

n - Diferencia no significativa al 5%



**Ecuaciones - CIDA 1989**

Este ensayo de fertilización se completa analizando las ecuaciones correspondientes a las extracciones de los distintos elementos, en función de los días transcurridos desde la siembra, y considerando los distintos tratamientos de fertilización introducidos.

$$Ex Y_t = C_t \cdot d^{nt}$$

t = tratamientos 1 - 12

Ex Y = Extracciones totales del elemento considerado ( 100 plantas )

d = Días después de la siembra

<b><u>Extracciones de Nitrógeno - días</u></b>			<b>Coefficiente correlación</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Fratio</b>	<b>Significación</b>
Ex N1	$9,302 \cdot 10^{-3} d^{2,245}$	P0 M0	0,963	92,83%	90,59	0,003%
Ex N2	$2,509 \cdot 10^{-2} d^{2,043}$	P0 M1	0,924	85,50%	41,27	0,036%
Ex N3	$9,553 \cdot 10^{-4} d^{2,766}$	P0 M2	0,976	95,32%	142,63	0,001%
Ex N4	$2,681 \cdot 10^{-2} d^{2,011}$	P1 M0	0,942	88,79%	55,42	0,014%
Ex N5	6,515 d - 299,886	P1 M1	0,981	96,28%	181,2	0,0001%
Ex N6	5,729 d - 250,345	P1 M2	0,984	96,93%	221,0	0,0001%
Ex N7	5,405 d - 197,14	P2 M0	0,958	91,91%	79,5	0,005%
Ex N8	$4,574 \cdot 10^{-3} d^{2,477}$	P2 M1	0,946	89,57%	60,14	0,011%
Ex N9	6,522 d - 298,332	P2 M2	0,980	96,02%	168,7	0,0001%
Ex N10	6,451 d - 261,195	P3 M0	0,937	87,89%	50,8	0,019%
Ex N11	4,595 d - 169,079	P3 M1	0,942	88,78%	55,39	0,014%
Ex N12	5,460 d - 208,646	P3 M2	0,947	89,75%	61,3	0,01%

$$Ex \bar{N} = 5,950 d - 256,54$$



<b>Extracciones de Potasio - días</b>		<b>Coefficiente correlación</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Fratio</b>	<b>Significación</b>
Ex K1	$1,504 \cdot 10^{-2} d^{2,189}$	0,918	84,26%	37,47	0,048%
Ex K2	$6,117 \cdot 10^{-3} d^{2,433}$	0,952	90,65%	67,85	0,008%
Ex K3	$4,502 \cdot 10^{-4} d^{2,991}$	0,966	93,39%	98,83	0,002%
Ex K4	$2,002 \cdot 10^{-3} d^{2,668}$	0,960	92,28%	83,72	0,004%
Ex K5	$1,011 \cdot 10^{-3} d^{2,859}$	0,981	96,29%	181,82	0,0001%
Ex K6	$3,372 \cdot 10^{-3} d^{2,569}$	0,969	93,96%	108,83	0,002%
Ex K7	7,940 d - 310,024	0,956	91,38%	74,2	0,006%
Ex K8	$6,351 \cdot 10^{-3} d^{2,477}$	0,961	92,31%	84,04	0,004%
Ex K9	9,551 d - 439,746	0,992	98,39%	426,5	0,0001%
Ex K10	8,997 d - 363,9	0,958	91,81%	78,5	0,005%
Ex K11	6,563 d - 243,564	0,952	90,59%	67,4	0,008%
Ex K12	$6,351 \cdot 10^{-2} d^{2,346}$	0,948	89,97%	62,79	0,01%

Ex  $\bar{K} = 9,201 d - 427,642$



<b>Extracciones de Fósforo - días</b>		<b>Coefficiente correlación</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Fratio</b>	<b>Significación</b>
Ex P1	$8,103 \cdot 10^{-6} d^{3,283}$	0,985	97,01%	227,23	0,0001%
Ex P2	$1,598 \cdot 10^{-5} d^{3,153}$	0,943	88,94%	56,30	0,014%
Ex P3	$1,233 \cdot 10^{-6} d^{3,697}$	0,985	97,04%	229,39	0,0001%
Ex P4	$2,333 \cdot 10^{-5} d^{3,032}$	0,953	90,74%	68,59	0,007%
Ex P5	$1,008 \cdot 10^{-5} d^{3,261}$	0,980	96,08%	171,34	0,0001%
Ex P6	$1,333 \cdot 10^{-5} d^{3,174}$	0,986	97,27%	249,77	0,0001%
Ex P7	0,75596 d - 38,675	0,988	97,71%	298,35	0,0001%
Ex P8	$5,585 \cdot 10^{-6} d^{3,433}$	0,950	90,36%	65,59	0,008%
Ex P9	0,80296 d - 44,038	0,986	97,18%	241,3	0,0001%
Ex P10	0,87529 d - 45,998	0,970	94,12%	112,11	0,001%
Ex P11	0,60822 d - 30,627	0,975	95,02%	133,45	0,001%
Ex P12	$4,195 \cdot 10^{-5} d^{2,976}$	0,960	92,23%	83,14	0,004%

$$Ex \bar{P} = 1,223^{-5} 10 d^{3,217}$$

Ex $\bar{Cu}$	$2,9238^{-3} 10 d - 0,14485$	0,899	80,98%	451,29	0,0001%
Ex $\bar{Zn}$	0,010375 d - 0,44433	0,907	82,20%	489,47	0,0001%

$$Ex \bar{Fe} = cte$$

$$Ex \bar{Mn} = cte$$

$$Ex \bar{Mg} = cte \text{ a partir de los 77 días}$$



<b>Peso húmedo de tubérculos - días</b>		<b>Coefficiente correlación</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Fratio</b>	<b>Significación</b>
pHpt1	$4,376 \cdot 10^{-6} d^{3,538}$	0,978	95,73%	157,01	0,0001%
pHpt2	15,3683 d - 875,76	0,985	97,07%	231,6	0,0001%
pHpt3	$3,050 \cdot 10^{-7} d^{4,622}$	0,968	93,68%	103,81	0,002%
pHpt4	$1,225 \cdot 10^{-5} d^{3,817}$	0,978	94,40%	118,04	0,0001%
pHpt5	15,0063 d - 845,822	0,980	96,04%	169,7	0,0001%
pHpt6	13,7655 d - 782,476	0,986	97,16%	239,8	0,0001%
pHpt7	13,7636 d - 761,047	0,981	96,31%	182,7	0,0001%
pHpt8	$2,345 \cdot 10^{-6} d^{4,261}$	0,978	95,75%	157,78	0,0001%
pHpt9	$4,279 \cdot 10^{-6} d^{4,097}$	0,976	95,33%	142,87	0,001%
pHpt10	$1,308 \cdot 10^{-5} d^{3,875}$	0,974	94,90%	130,26	0,001%
pHpt11	14,0633 d - 807,641	0,979	95,84%	161,1	0,0001%
pHpt12	16,1961 d - 902,87	0,988	97,54%	277,9	0,0001%

$$pH\bar{p}t = 7,729 \cdot 10^{-6} d^{3,951}$$

$$pH pt_t = C_t d^{nt}$$

$$pS pt_t = C_{ti} d^{nti}$$

pS pt = peso seco de tubérculo

pH pt = peso húmedo de tubérculo

t = tratamiento

C y n = coeficientes

d = días después de la siembra



<b>Peco seco de tubérculos - días</b>		<b>Coefficiente correlación</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Fratio</b>	<b>Significación</b>
pSpt1	$1,269 \cdot 10^{-6} d^{3,942}$	0,986	97,31%	252,8	0,0001%
pSpt2	$2,760 \cdot 10^{-7} d^{4,308}$	0,975	95,00%	132,87	0,001%
pSpt3	$2,522 \cdot 10^{-8} d^{4,797}$	0,968	93,77%	105,34	0,002%
pSpt4	$5,469 \cdot 10^{-7} d^{4,122}$	0,984	96,79%	210,98	0,0001%
pSpt5	3,1339 d - 185,085	0,973	94,73%	125,81	0,001%
pSpt6	$2,357 \cdot 10^{-7} d^{4,338}$	0,992	98,39%	427,98	0,0001%
pSpt7	$1,303 \cdot 10^{-6} d^{3,973}$	0,988	97,54%	277,04	0,0001%
pSpt8	$6,723 \cdot 10^{-8} d^{4,672}$	0,985	96,99%	225,17	0,0001%
pSpt9	$1,238 \cdot 10^{-7} d^{4,502}$	0,989	97,85%	319,27	0,0001%
pSpt10	$1,702 \cdot 10^{-7} d^{4,444}$	0,987	97,34%	255,94	0,0001%
pSpt11	2,7515 d - 164,315	0,977	95,55%	150,36	0,001%
pSpt12	$8,961 \cdot 10^{-7} d^{4,065}$	0,990	98,11%	363,16	0,0001%

$$p\bar{Spt} = 2,448 \cdot 10^{-7} d^{4,335}$$

<b>Extracciones de tubérculos - días</b>		<b>Coefficiente correlación</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Fratio</b>	<b>Significación</b>
Expt N	$6,1619 \cdot 10^{-7} d^{4,2693}$	0,975	95,01%		0,0001%
Expt P	$8,9019 \cdot 10^{-9} d^{4,7274}$	0,974	94,85%		0,00001%
Expt K	$6,5084 \cdot 10^{-7} d^{4,3269}$	0,969	94,04%		0,00001%
Expt Mg	$7,2054 \cdot 10^{-5} d^{2,6990}$	0,904	81,82%		0,00001%
Expt Cu	$2,0929 \cdot 10^{-14} d^{6,2877}$	0,949	90,15%		0,00001%
Expt Mn	$2,947 \cdot 10^{-3} e^{0,035 d}$	0,906	82,11%		0,00001%
Expt Zn	$2,3213 \cdot 10^{-10} d^{4,5463}$	0,964	93,03%		0,00001%



En general, tanto las extracciones de los diferentes elementos estudiados como los pesos de los tubérculos siguen modelos lineales o multiplicativos frente a los días transcurridos después de la siembra con coeficientes de correlación bastante altos ( mayores de 0,9 en todos los casos ) y altamente significativos, lo que indica que el ajuste del modelo a los datos es bastante aceptable.

Si consideramos dos momentos importantes en el ciclo de la patata, cuales son la floración y la madurez, y comparamos entre si los valores obtenidos para cada tratamiento, podemos ordenar de mayor a menor los tratamientos más productivos, tal y como se indica en la tabla siguiente.

Tratamientos	Extracciones de nitrógeno		Extracciones de potasio		Extracciones de fósforo		Peso húmedo de tubérculo		Peso seco de tubérculo	
	100 d	70 d	100 d	70 d	100 d	70 d	100 d	70 d	100 d	70 d
	P2M1	P3	P2M1	P3	P3	P3	P2M1	P3M2	P2M1	P1M1
P3	P2	P3	P2	P2M1	P2	P3	P1M1	P3	P3M2	
P2M2	P3M2	P1M1	P2M1	P3M2	P3M2	P3M2	P2	P1M1	P3M1	
P1M1	P2M1	P3M2	P2M2	P2	P2M2	P2M2	M1	P2M2	P2M1	
P2	P2M2	P2M2	P3M2	P2M2	P2M1	M1	P3	P3M2	P2	
P3M2	P1M1	P2	P3M1	P1M1	P1M1	P1M1	P1M2	P2	P3	

Observamos como los tratamientos P2 M1 y P3 son los más productivos; no obstante, merece la pena destacar a los tratamientos que siguen a estos dos y cuyos rendimientos superan al resto de los estudiados como son P2, P1M1, P2M2 y P3M2.

Estos seis tratamientos deben considerarse como los más productivos en términos generales. Debemos resaltar el tratamiento M1 que en peso húmedo de tubérculo supera a alguno de los anteriores.

La comparación entre los resultados correspondientes a diferentes dosis de un mismo elemento nos permiten hacer las siguientes generalizaciones.



- M0, M1, M2                    En todos los casos se obtiene mayores rendimientos con el tratamiento M1
- P1, P2, P3,                    En general el tratamiento P3 consigue mejores rendimientos que el P2, siendo éste válido también para conseguir buenos rendimiento.
- P1, P1M1, P1M2                En las combinaciones del magnesio con el nivel P1; es la asociación P1M1 la que consigue mejores rendimientos.
- P2, P2M1, P2M2                Es el tratamiento P2M1, el que consigue mejores rendimientos.
- P3, P3M1, P3M2                En términos generales, el tratamiento P3 consigue mejores rendimientos que los otros dos.
- P1M1, P2M1, P3M1              Sería el tratamiento P2M1, el más productivo.
- P1M2, P2M2, P3M2              El tratamiento P3M2 consigue mejores rendimientos, que el P2M2 que también es válido para conseguir buenos rendimientos.

En resumen, podemos indicar que los tratamientos de fertilización con niveles bajos y medianos de Fósforo mejoran los rendimientos con pequeñas dosis de Magnesio P1 M1, P2 M1 mientras que los tratamientos con niveles alto de fósforo pueden conseguir buenos rendimientos por si solos P2, P3, o acompañados con dosis altas de Magnesio P2 M2, P3 M2.



En definitiva, los tratamientos más productivos corresponden a las siguientes dosis de elementos fertilizantes.

P2 M1 N2 K2	125,8 Kg / ha P2 O5 38 Kg / ha Mg O
P3 N2 K2	203 Kg / ha P2 O5
P3 M2 N2 K2	203 Kg / ha P2 O5 76 Kg / ha Mg O
P2 M2 N2 K2	125,8 kg / ha P2 O5 76 Kg / ha Mg O
P1 M1 N2 K2	77,2 Kg / ha P2 O5 38 Kg / ha Mg O
P2 N2 K2	125,8 Kg / ha P2 O5
N2	154 Kg / ha N
K2	201,5 Kg /ha K2 O



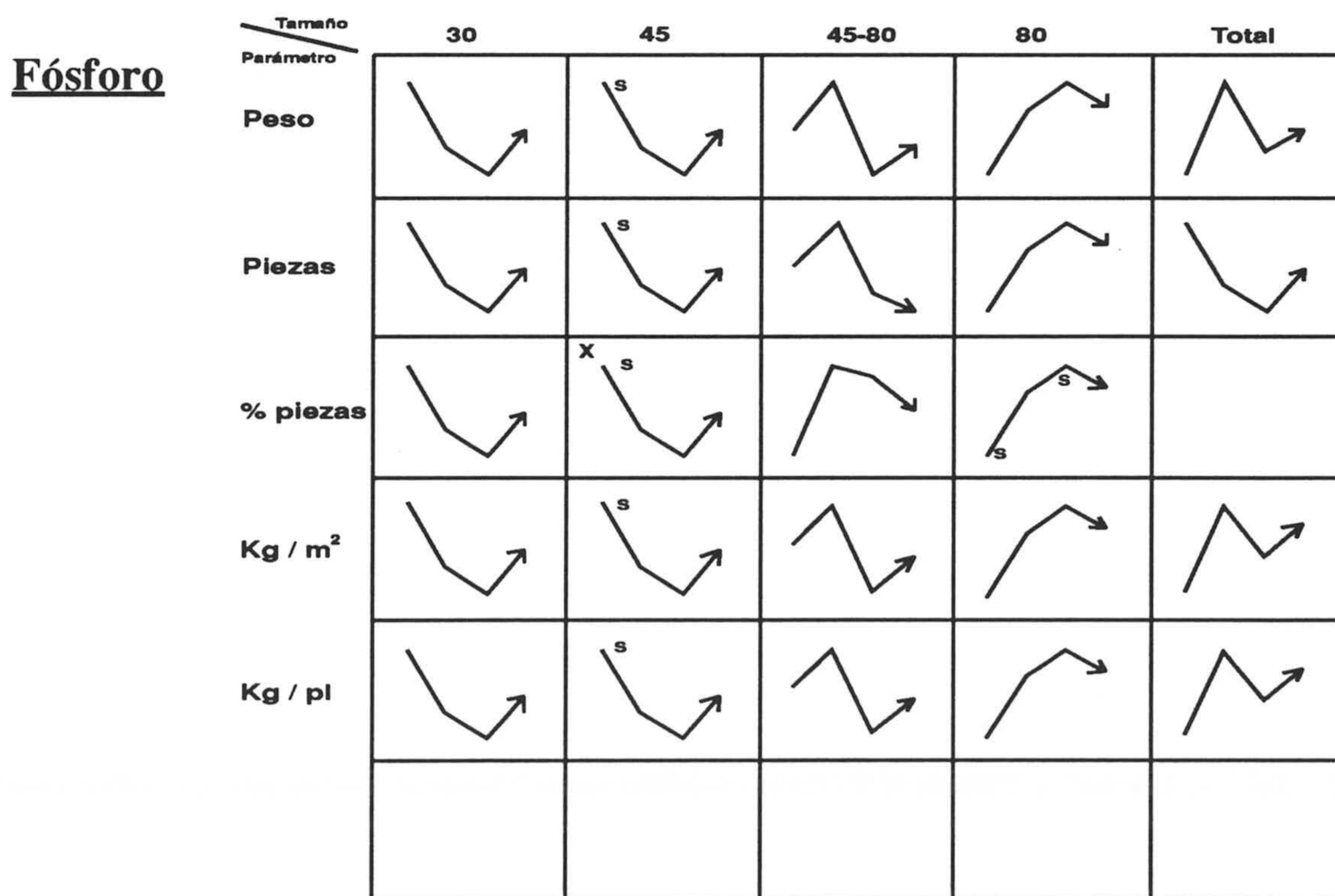
**4.3.2. - Resultados Atarfe**

**4.3.2.1. - Análisis de la producción frente al Fósforo y Magnesio**

En la gráfica F-8, se representan los resultados obtenidos, tras la realización de un análisis de la varianza, de los datos de producción de tubérculos en el ensayo de fertilización del año 1989, realizado en la parcela de Atarfe, y que se reflejan en el Anexo I - Fertilización.

El análisis se ha aplicado a los datos obtenidos del peso de tubérculos, número de piezas, porcentaje de piezas, peso de tubérculos por metro cuadrado y peso de tubérculos por planta, diferenciando los calibres, menores de 30 mm, entre 30 y 45 mm, entre 45 y 80 mm, mayores de 80 mm y totales.

**Gráfica F - 8 -Análisis de la varianza de la producción de diferentes calibres de tubérculos frente a las dosis de Fósforo y Magnesio. ( Atarfe )**



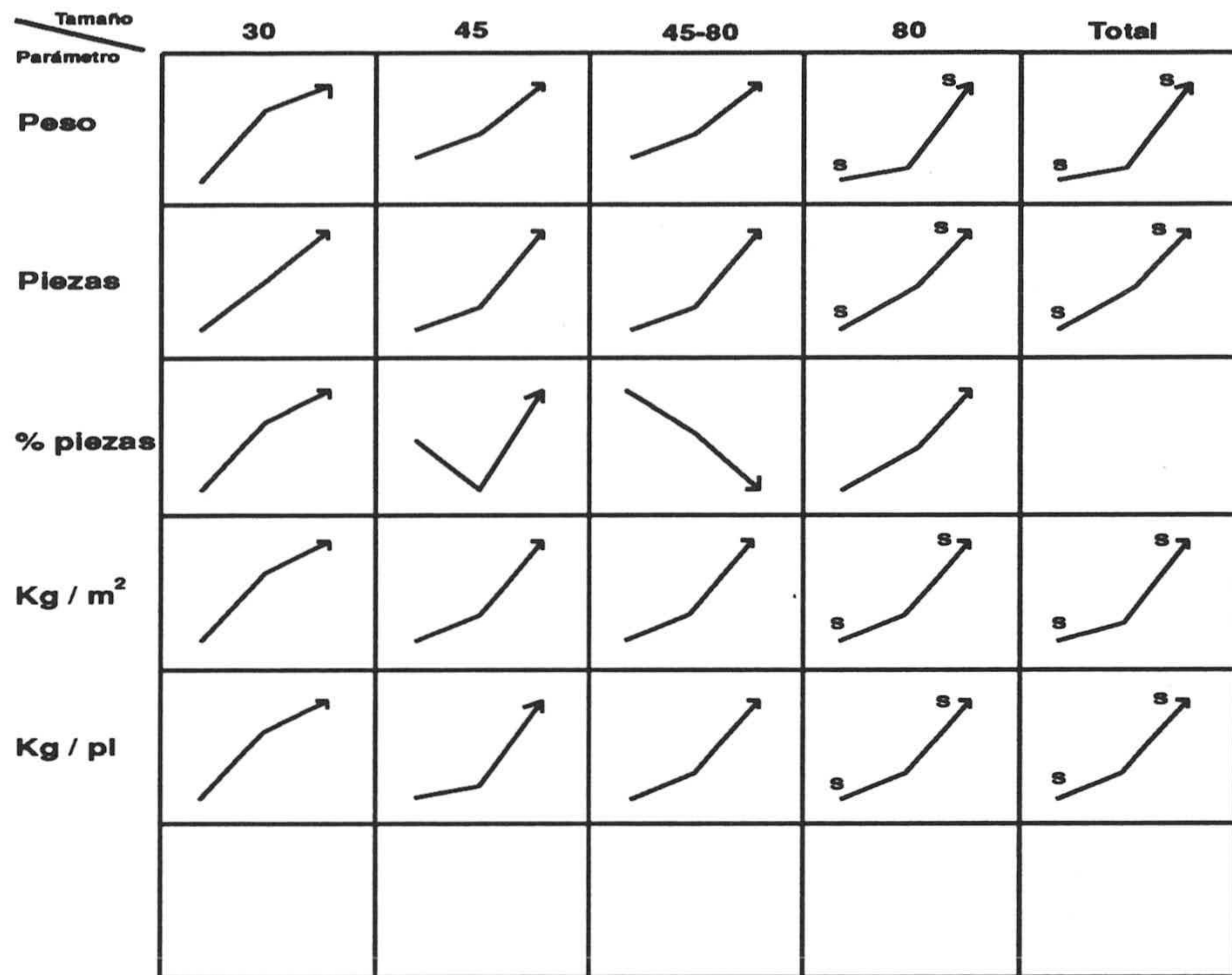
P<sub>0</sub> P<sub>1</sub> P<sub>2</sub> P<sub>3</sub>

S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo al 5%



**Magnesio**



M<sub>0</sub> M<sub>1</sub> M<sub>2</sub>

S- Diferencia significativa al 5%



A la vista de la gráfica F-8, destacamos lo siguiente.

1- Respecto al magnesio, todos los parámetros estudiados crecen con el aumento de la fertilización magnésica.

Así, los pesos de tubérculos, número de piezas, peso por unidad de superficie y peso por planta, de los tubérculos de calibre inferior a 30 mm, entre 30 y 45 mm, entre 45 y 80 mm, crecen conforme aumentan las dosis de magnesio.

Estos mismos parámetros, para los tubérculo de calibre superior a 80 mm y totales, crecen asimismo con la fertilización magnésica, presentando diferencias significativas entre los tratamientos M0 y M2.

Estos resultados discrepan de los obtenidos en el ensayo de fertilización CIDA 89, puesto que allí no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, siendo el tratamiento M1 el más adecuado para mejorar los rendimientos mientras que aquí el tratamiento más adecuado sería el M2, aunque debemos resaltar que las variedades son distintas en ambos casos.

2- En lo que se refiere a la fertilización fosfórica, también existen diferencias, respecto al ensayo CIDA 89. Así para los calibres pequeños, menores de 30 mm y entre 30 y 45 mm el peso de los tubérculos, número de piezas, porcentaje de piezas, peso de tubérculos por unidad de superficie y peso de tubérculos por planta, disminuyen, con el aumento de las dosis de fósforo aplicadas, presentándose diferencias significativas entre los tratamientos P0 y ( P1 P2 ) para los tubérculos de calibre comprendido entre 30 y 45 mm.

Para los tubérculos cuyo calibre está comprendido entre 45 - 80 mm no se producen diferencias significativas entre tratamientos, aún cuando para todos los parámetros sea el tratamiento P1 el más productivo.

Para el calibre superior a 80 mm, el tratamiento más productivo es el P2, aún cuando las diferencias con los otros no sean significativas.

Para el conjunto de tubérculos de todos los calibres, el tratamiento que produce más peso de tubérculos sería el P1.

En definitiva, con los tratamientos P1, P2 conseguimos menor producción tanto en peso como en número de piezas de tubérculos pequeños y aumentamos la producción de tubérculos medianos ( P1 ) y la de grandes ( P2 ).



Comparando los resultados con los obtenidos en el ensayo CIDA 89, observamos que en Atarfe los tratamientos que consiguen mejores rendimientos P1 y P2 son ligeramente inferiores a los del ensayo CIDA 89, que fueron P2 y P3 respectivamente.

En cualquier caso, nuestros resultados contradicen las ideas de **Sharma U. C. (1987)** que indica que la fertilización fosfórica aumenta el número de tubérculos pequeños y disminuye el de los grandes.

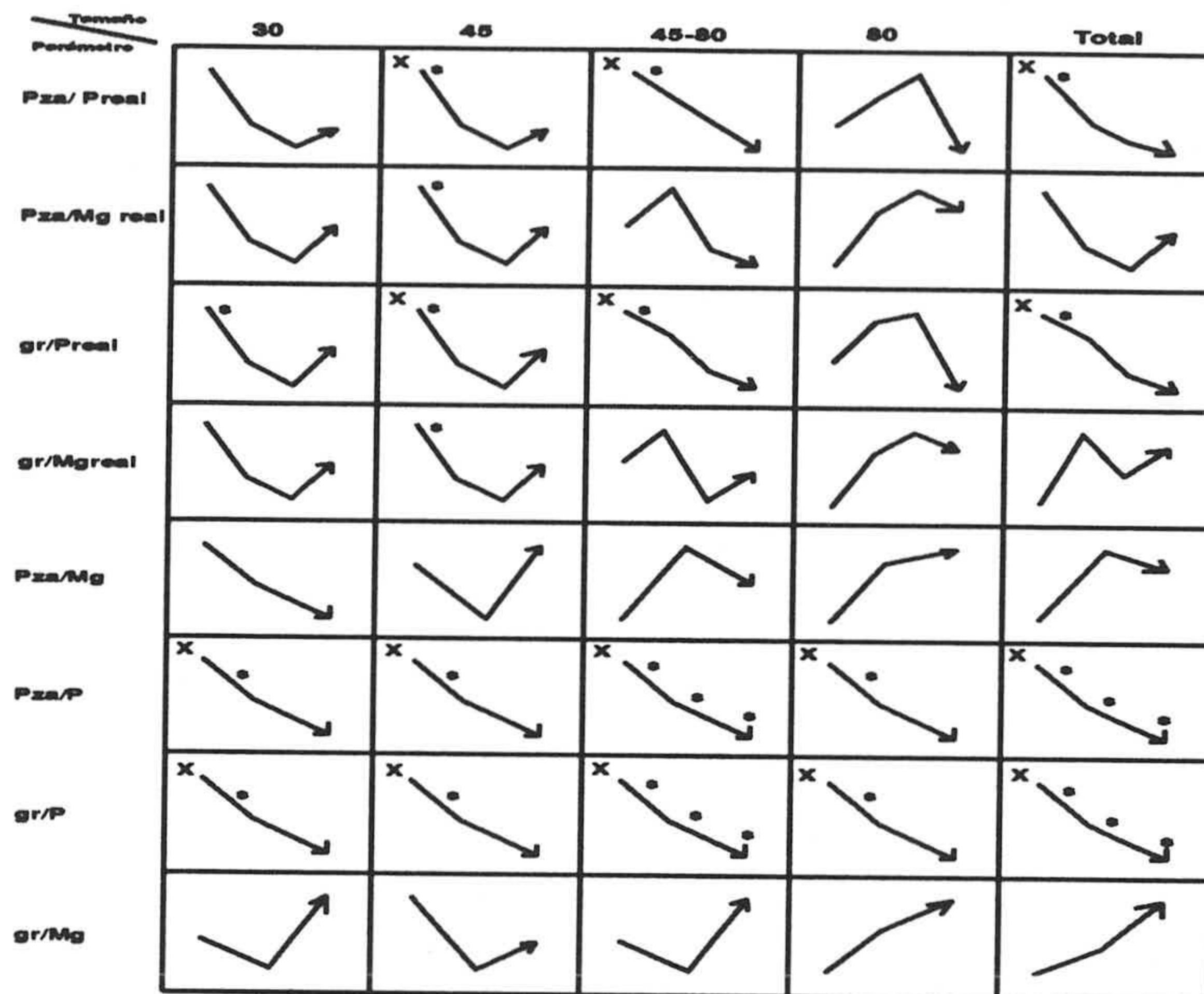
Según nuestros resultados, el fósforo incrementa la producción de tubérculos grandes en los dos ensayos realizados. No obstante hemos de destacar que tanto los niveles de fósforo asimilable del suelo como las variedades utilizadas son muy diferentes de las de los ensayos de Sharma.

En la gráfica F-9, se analizan las producciones relativas frente al Magnesio y al Fósforo, es decir los pesos de tubérculos de cada calibre producidos divididos por los contenidos de magnesio y fósforo asimilables existentes en el suelo y provenientes de la fertilización más los iniciales del suelo. ( P real, Mg real )



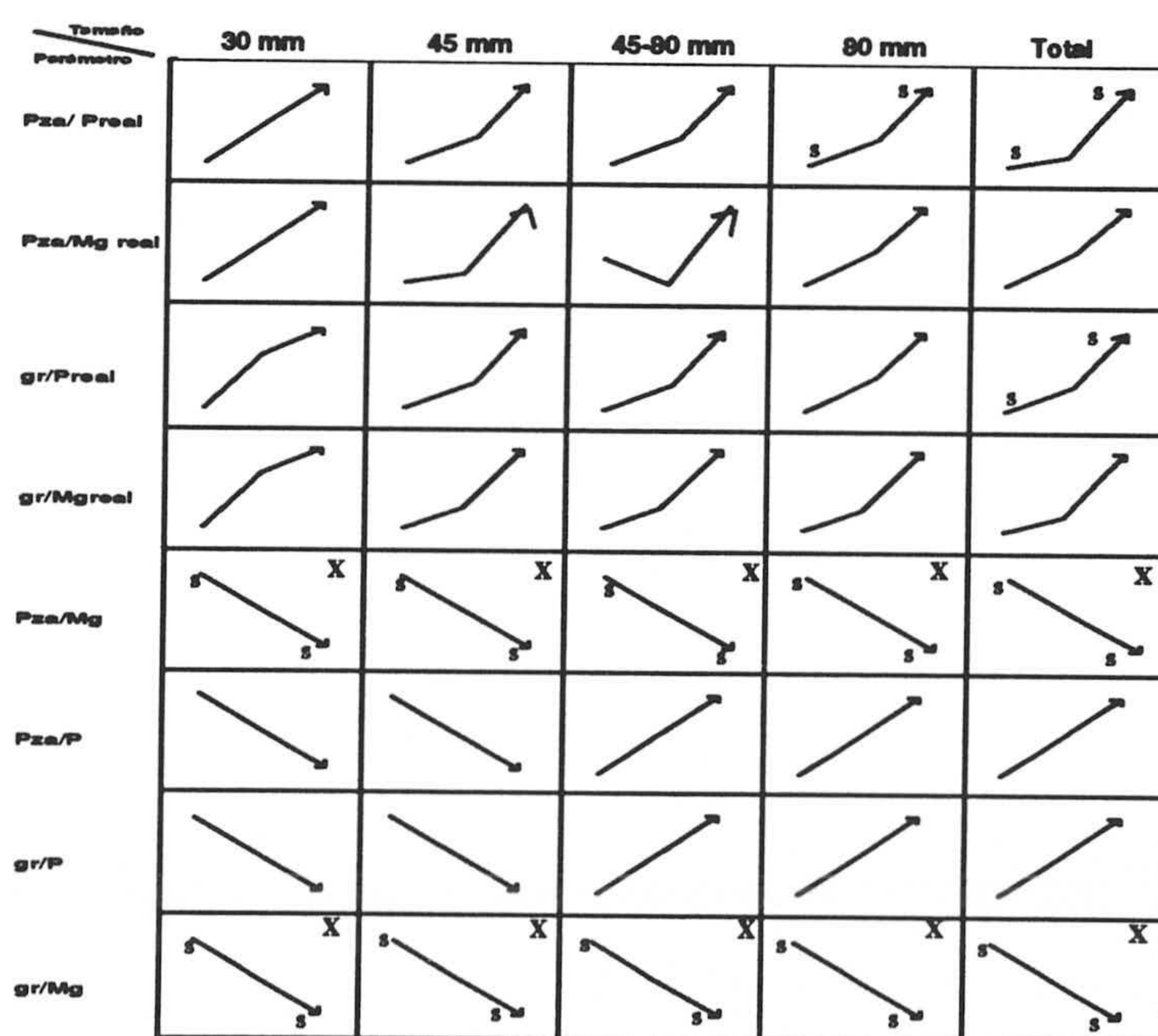
Gráfica F - 9 -Análisis de la varianza de las producciones por unidad de elemento químico ( Fósforo y Magnesio ) disponible en el suelo frente a las dosis de fertilizante. ( Atarfe )

**Fósforo**



Po P1 P2 P3

**Magnesio**



M0 M1 M2

S - Diferencia significativa al 5%  
X - Parámetro estadísticamente significativo



Para el Magnesio, vuelve a destacar el crecimiento tanto del número de piezas como del peso de tubérculos relativos de todos los calibres frente a las dosis crecientes de Magnesio, aún cuando no se presentan diferencias significativas entre tratamientos salvo en lo que se refiere a número de piezas totales y peso de tubérculos totales por unidad de Fósforo existente en el suelo, en donde el tratamiento M2 supera significativamente al M0.

Los pesos de tubérculos y número de piezas por unidad de Magnesio aplicado en fertilización disminuyen significativamente al pasar del tratamiento M1 al M2, lo que indicaría que el tratamiento M1 sería más adecuado.

Frente al Fósforo, tanto los pesos de tubérculos como el número de piezas por unidad de fertilizante decrecen para los calibres menores de 30 mm, entre 30 y 45 mm, entre 45 - 80 mm y totales existiendo diferencias significativas entre el tratamiento P0 y los otros tres; mientras que son crecientes para el calibre mayor de 80 mm.

Esto nos indica que, tanto en lo que se refiere a número de piezas como a peso de tubérculo, conforme aumentamos las aportaciones de Fósforo disminuye la producción relativa de tubérculos de los calibres pequeños, medianos y totales y aumenta la de los grandes.

Estos resultados son coincidentes con los del ensayo CIDA 89; con lo que podemos indicar que en nuestros ensayos, la respuesta al Fósforo disminuye de manera significativa al aumentar las dosis de éste mientras que la respuesta al Magnesio presenta diferencias no significativas entre tratamientos.

#### **4.3.2.2.- Análisis del crecimiento**

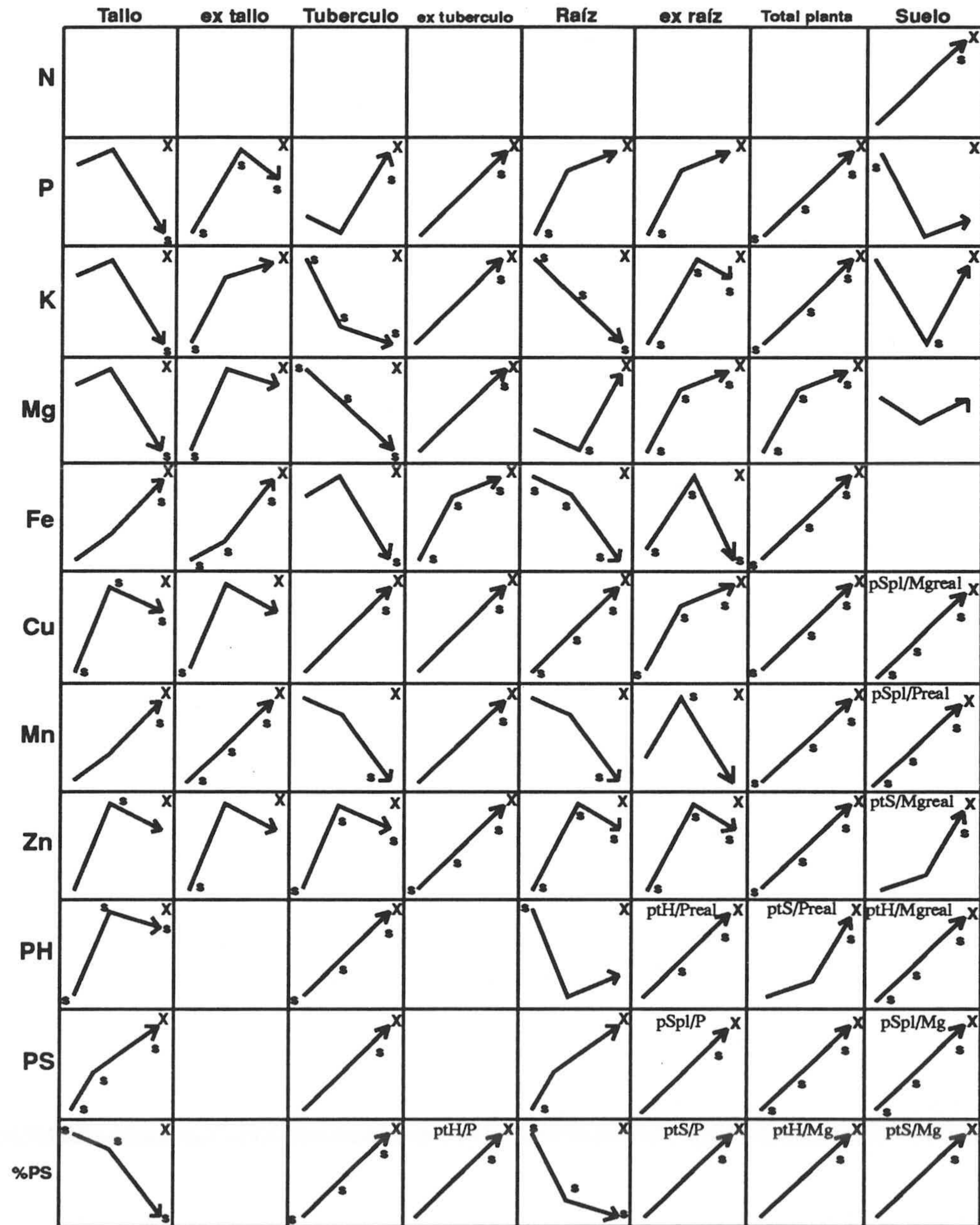
##### **Crecimiento - Evolución frente a los días después de la siembra**

Este estudio, realizado a nivel de producción final, se complementa con otro referido al crecimiento de la planta en donde se analizan los pesos de las diferentes partes de la planta y sus contenidos elementales en función de los días transcurridos desde la siembra.



Las variaciones de los contenidos elementales en la planta frente a los días se representan en la gráfica F-10.

**Gráfica F - 10 -Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a los días después de la siembra. ( Atarfe )**



60 82 120

S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo



Todos los parámetros, estudiados en la planta, presentan diferencias significativas frente a los días transcurridos desde la siembra.

Las variaciones de los diferentes parámetros se pueden agrupar según las tendencias:

Crecientes con los días

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N								X
P	X	X	X	X	X	X	X	
K	X	X		X		X	X	
Mg	X	X		X		X	X	
Fe	X	X		X		X	X	
Cu	X	X		X		X	X	
Mn	X	X		X		X	X	pt/P
Zn	X	X		X		X	X	pt/Mg
PH	X		X					ps p/P
PS	X		X		X		X	ps pl/Mg
%PS			X					

Decrecientes con los días

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N								
P	X							X
K	X		X		X			X
Mg	X		X					
Fe			X		X			
Cu								
Mn			X		X			
Zn								
PH					X			
PS					X			
%PS	X				X			



De la observación de las tablas anteriores, podemos establecer los siguientes resultados para este ensayo.

- Fósforo - Disminuye su contenido significativamente en el tallo a partir de floración a la vez que aumenta en el tubérculo.
- Potasio - Disminuye su porcentaje significativamente en tallo, raíz y tubérculo.
- Magnesio - Disminuye su porcentaje en tallo y tubérculo, y en raíz alcanza un mínimo en la floración.
- Hierro - Aumenta su porcentaje en el tallo, mientras que disminuye en tubérculo y raíz.
- Cobre - Aumenta su porcentaje en raíz y tubérculo mientras en tallo disminuye a partir de los 82 días.
- Manganeso - Aumenta su porcentaje en el tallo, mientras que disminuye en tubérculo y raíz.
- Cinc - Aumenta su porcentaje en tallo, raíz y tubérculo hasta los 82 días para luego disminuir.

Los contenidos totales de los diferentes elementos en el tubérculo, son crecientes para todos ellos y vienen condicionados por el peso del mismo.

Las extracciones por parte de la planta son crecientes para todos los elementos.

Los pesos relativos de planta y tubérculo por unidad de fertilizante fosfórico o magnésico son significativamente crecientes, con los días transcurridos desde la siembra, debido al aumento del peso de la planta y del tubérculo.



Los porcentajes de los elementos mayoritarios en el tallo son decrecientes con los días, mientras que los porcentajes de los microelementos son crecientes.

Los contenidos totales de Hierro y Manganeso en el tallo crecen con los días, mientras que para el resto de elementos estudiados llega a un máximo a los 82 días, para luego decrecer.

El peso húmedo del tallo crece hasta los 82 días para luego disminuir, mientras que el peso húmedo de la raíz disminuye, y el del tubérculo aumenta. Los pesos secos de tallo, raíz y tubérculo son crecientes con los días.

Son similares los comportamientos de Fósforo, Potasio, Magnesio en el tallo y diferentes de los del Hierro, Cobre, Magnesio y Zinc. En el tubérculo y raíz, Potasio, Hierro y Manganeso muestran un comportamiento similar entre si y distinto del de Fósforo, Cobre, Cinc.

Si comparamos los resultados de los ensayos de Atarfe y CIDA 89, los comportamientos de Fósforo, Potasio y Magnesio, en el tallo son similares para ambos, decrecen sus contenidos con los días; difieren en sus variaciones en el tallo para cada ensayo los elementos Hierro, Manganeso.

En el tubérculo y raíz, las variaciones de todos los elementos son similares en los dos ensayos.

En consecuencia, los dos ensayos confirman los resultados de **Krishnappa ( 1989)** referentes a que las concentraciones de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio en el tallo disminuyen con la edad de la planta.

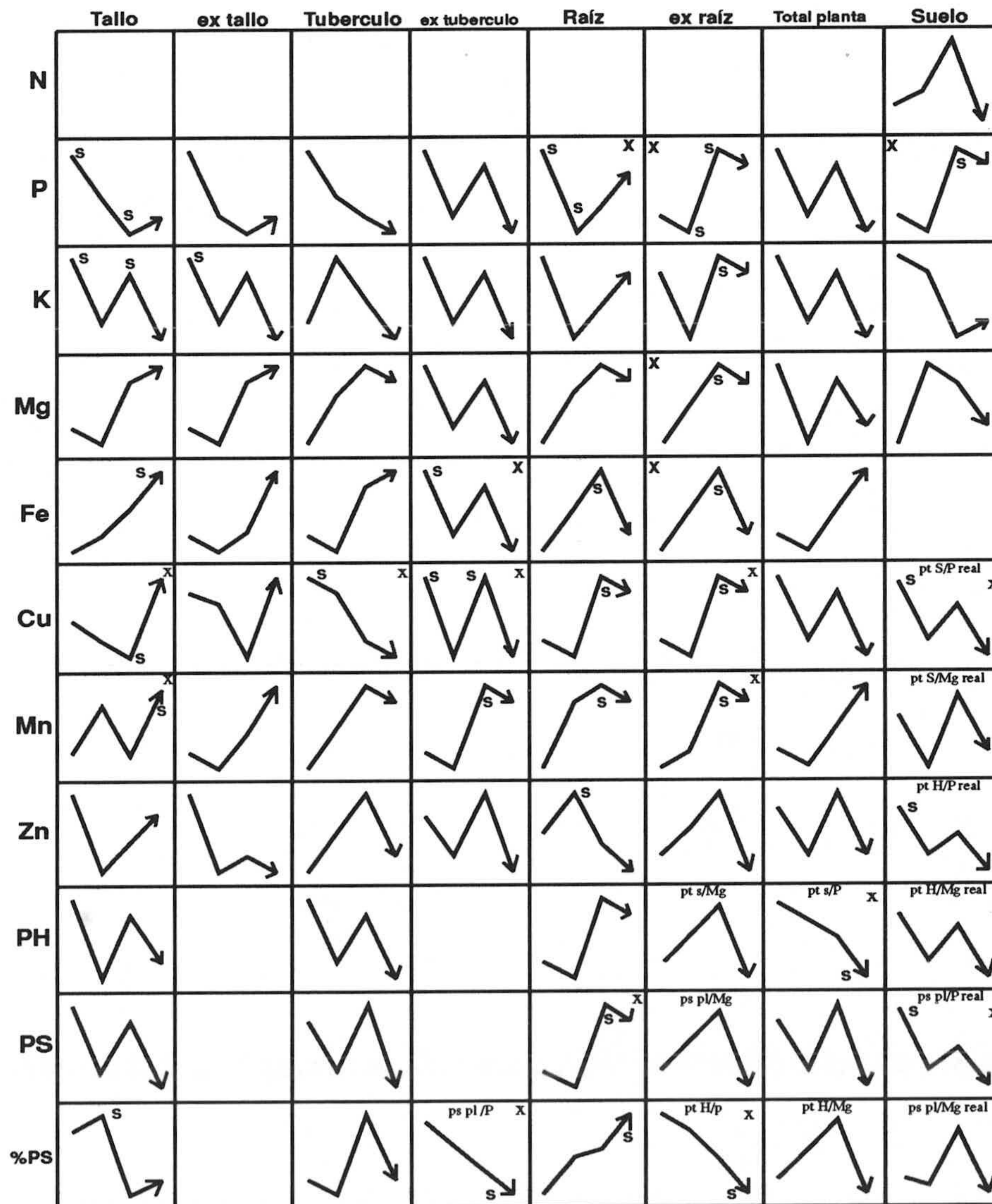
Por otro lado, las diferencias establecidas por **Guerra ( 1985 )**, entre el comportamiento del Potasio y el Fósforo en tallo y tubérculo no se producen en nuestros ensayos y si a nivel de tubérculo y raíz.

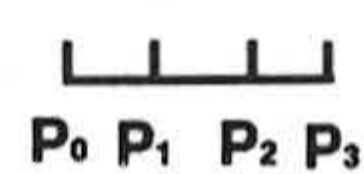


**Crecimiento - Evolución frente a los niveles de Fósforo**

En la gráfica F-11, se representan los resultados del análisis de la varianza aplicado a los contenidos de los diferentes elementos en planta y suelo en función de los niveles de fósforo aplicado como fertilizante.

**Gráfica F - 11 -Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Fósforo.( Atarfe )**




  
 P<sub>0</sub> P<sub>1</sub> P<sub>2</sub> P<sub>3</sub>

S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo



Solamente, se indican en la tabla siguiente el nivel de fertilización más adecuado en función de las diferencias significativas o no significativas, encontradas entre los tratamientos.

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N								2
P	<b>P<sub>0</sub></b>	0	0	0	<b>P<sub>0</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>	0 2	<b>P<sub>2</sub></b>
K	<b>P<sub>0</sub>P<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>0</sub></b>	1	0 2	0	2	0 2	0
Mg	3	3	2	0 2	2	<b>P<sub>2</sub></b>	0 2	<b>P<sub>1</sub></b>
Fe	<b>P<sub>3</sub></b>	3	2	<b>P<sub>0</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>	3	
Cu	<b>P<sub>0</sub></b>	0	<b>P<sub>0</sub></b>	<b>P<sub>0</sub>P<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>	0	
Mn	<b>P<sub>3</sub></b>	3	2	<b>P<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>	3	<small>pt H/P real</small> <b>P<sub>0</sub></b>
Zn	0	0	2	2	<b>P<sub>1</sub></b>	2	2	<small>pt H/P</small> <b>P<sub>1</sub></b>
PH	0 2		0 2		2		<small>pt H/Mg</small> 2	<small>pt H/Mg real</small> 0 2
PS	0 2		2	<small>ps pl/Mg real</small> 2	<b>P<sub>2</sub></b>	<small>pt s/P real</small> <b>P<sub>0</sub>P<sub>2</sub></b>	<small>pt s/Mg</small> 2	<small>pt s/Mg real</small> 2
%PS	<b>P<sub>1</sub></b>		2	<small>ps pl/Mg</small> 2	<b>P<sub>3</sub></b>	<small>pt s/P</small> <b>P<sub>1</sub></b>	<small>ps pl/P</small> <b>P<sub>1</sub></b>	<small>ps /P real</small> <b>P<sub>0</sub>P<sub>2</sub></b>

Pn - Diferencia significativa al 5%

n - Diferencia no significativa al 5%

En términos generales, la respuesta a la fertilización fosfórica es escasa, pues apenas se presentan diferencias significativas entre los tratamientos.

Son los contenidos totales de Fósforo, Magnesio, Hierro, Cobre y Mmanganeso en la raíz los que presentan diferencias significativas entre el tratamiento P2 y el resto de los tratamientos; los contenidos de Cobre y Hierro en el tubérculo para el tratamiento P0 y el contenido de Manganeso en el tallo para el tratamiento P3 también difieren significativamente del resto de tratamientos.



Sin embargo, aún cuando no sea de manera significativa, el tratamiento P2 tiende a producir mayores pesos de tallo, tubérculo y raíz. Asimismo las producciones relativas de tubérculo y planta frente al Magnesio son mayores para el tratamiento P2, lo que nos indicaría el efecto beneficioso de este nivel de Fósforo sobre la asimilación de Magnesio.

Las tendencias que se observan en este ensayo son de disminución de los contenidos de Fósforo, Potasio y Cobre en las diferentes partes de la planta con el aumento de la fertilización fosfórica y el aumento de los contenidos de Magnesio, Hierro y Manganeso la planta con el incremento de dicha fertilización.

Destacamos el hecho, de que los porcentajes de Magnesio, Hierro y Manganeso en el tallo sean máximos para el tratamiento P3.

En definitiva, el tratamiento P2 parece el más adecuado aún cuando las diferencias no sean estadísticamente significativas.

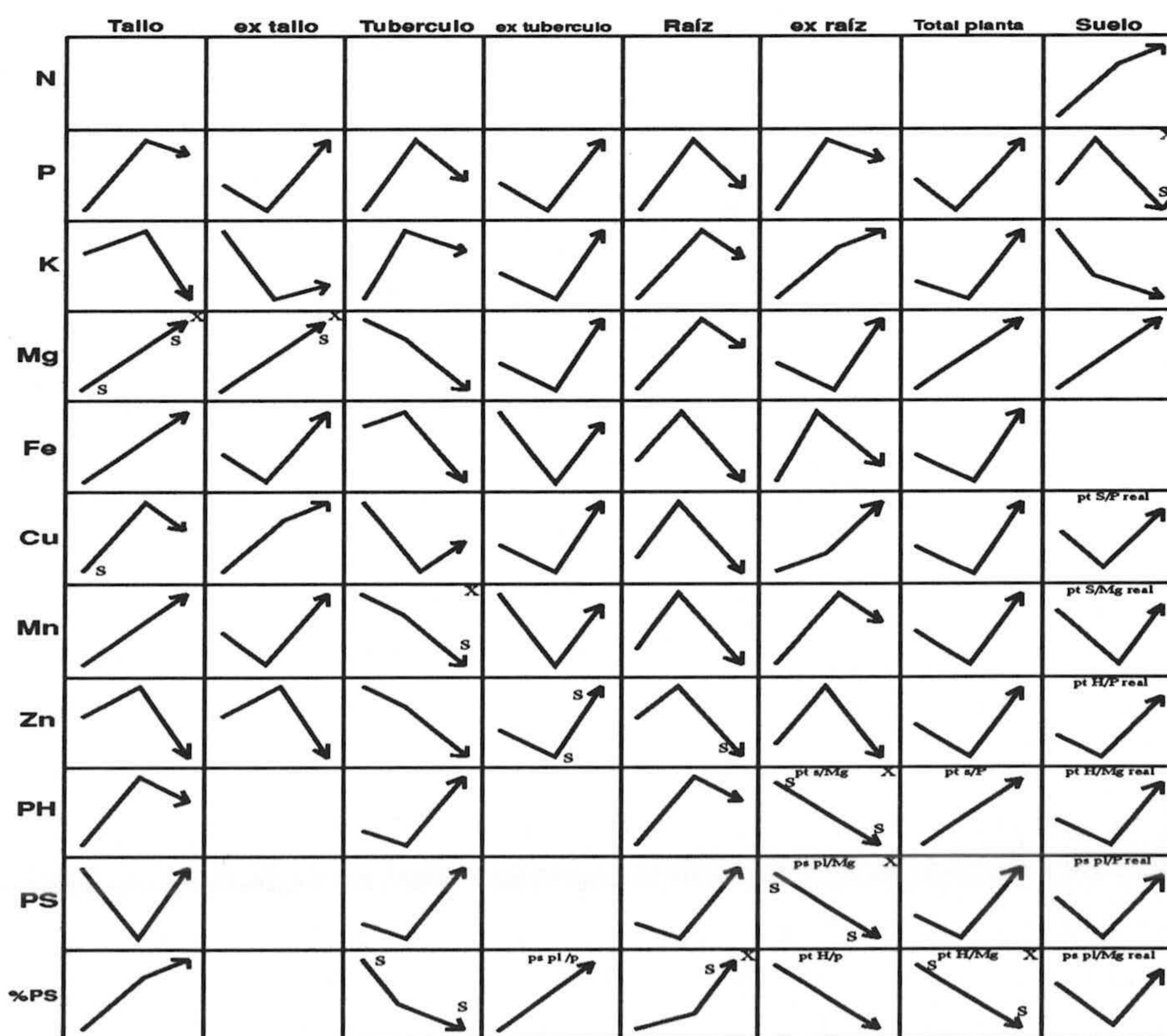


**Crecimiento - Evolución frente a los niveles de Magnesio**

En la gráfica F-12, se representan los resultados del análisis de la varianza aplicado a los contenidos de los diferentes elementos en planta y suelo en función de los niveles de magnesio aplicado como fertilizante.

En general, no se presentan diferencias significativas entre tratamientos, aún cuando las tendencias de variación son diferentes a las del ensayo CIDA 89; pues aquí, tanto el peso húmedo como seco de tubérculo, el peso seco de planta y los pesos relativos de tubérculo y planta frente a los niveles de fósforo y magnesio reales indican que los tratamientos M0 y M2 obtienen mejores rendimientos que el tratamiento M1 mientras que en el ensayo CIDA 89 ocurría lo contrario.

**Gráfica F - 12 -Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Magnesio. ( Atarfe )**



M0 M1 M2

S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo al 5%

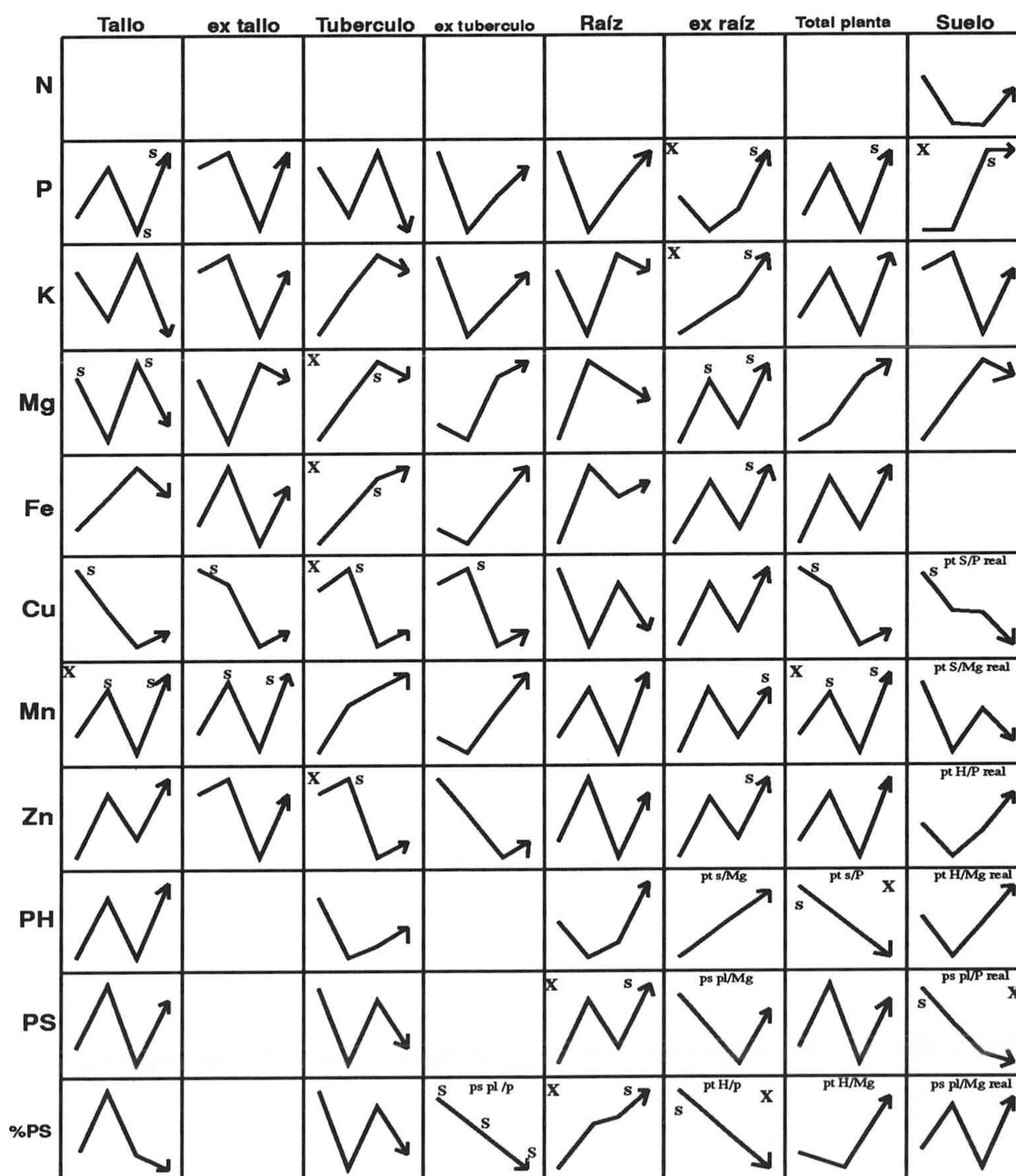


**Crecimiento - Niveles de Fósforo - días**

En la gráfica F-13, se representan los resultados del análisis de la varianza, aplicado a los contenidos de los distintos elementos analizados en la planta, en función de los tratamientos de fósforo aplicados y en cada uno de los muestreos realizados

Muestreo 1 - 60 días ( inicio de la tuberización )

**Gráfica F - 13 -Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Fósforo aplicado. ( Atarfe )**



P<sub>0</sub> P<sub>1</sub> P<sub>2</sub> P<sub>3</sub>

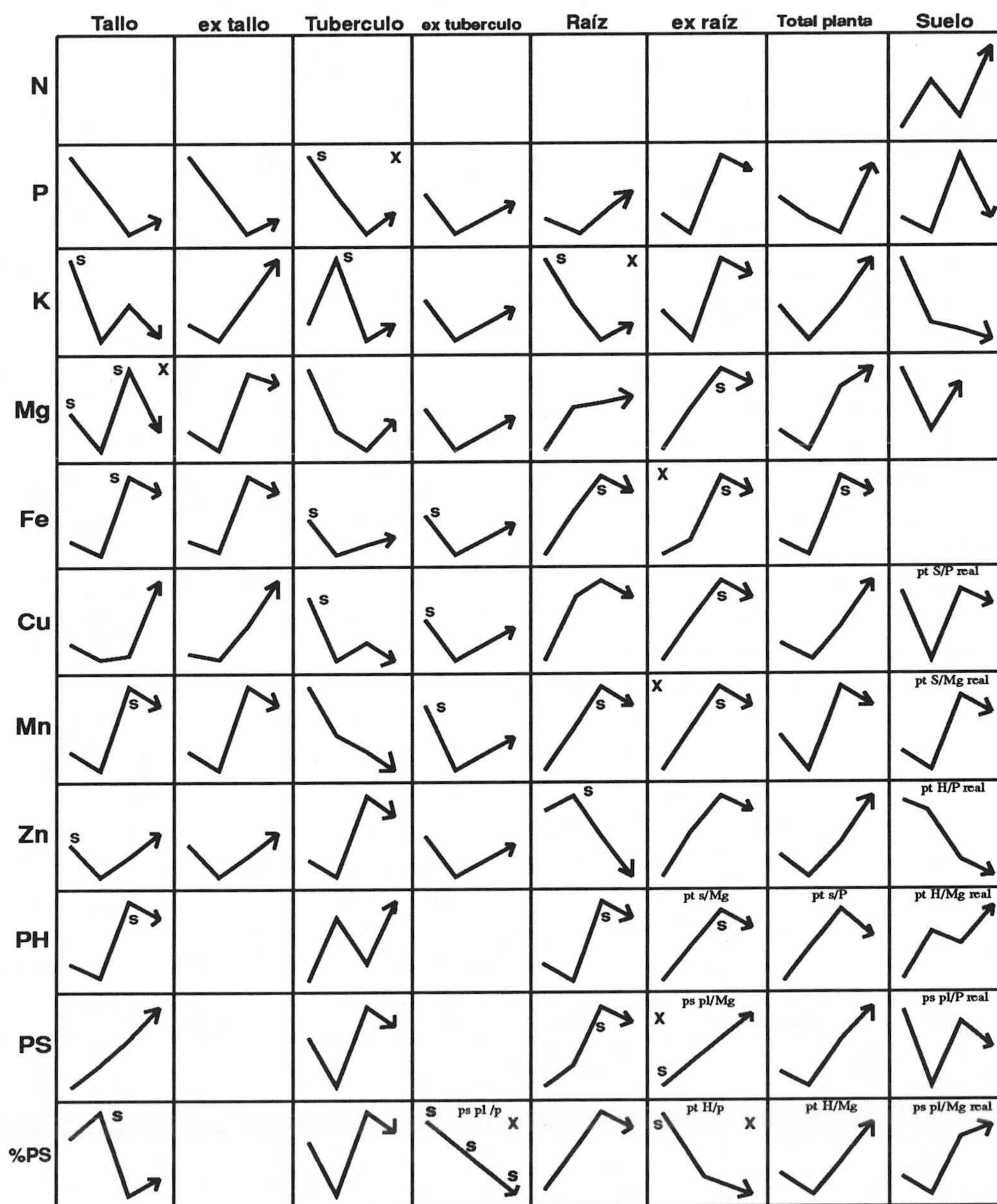
S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo



**Gráfica F - 13 -Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Fósforo aplicado. ( Atarfe )**

Muestreo 2 - 82 días ( 60% de floración )



P<sub>0</sub> P<sub>1</sub> P<sub>2</sub> P<sub>3</sub>

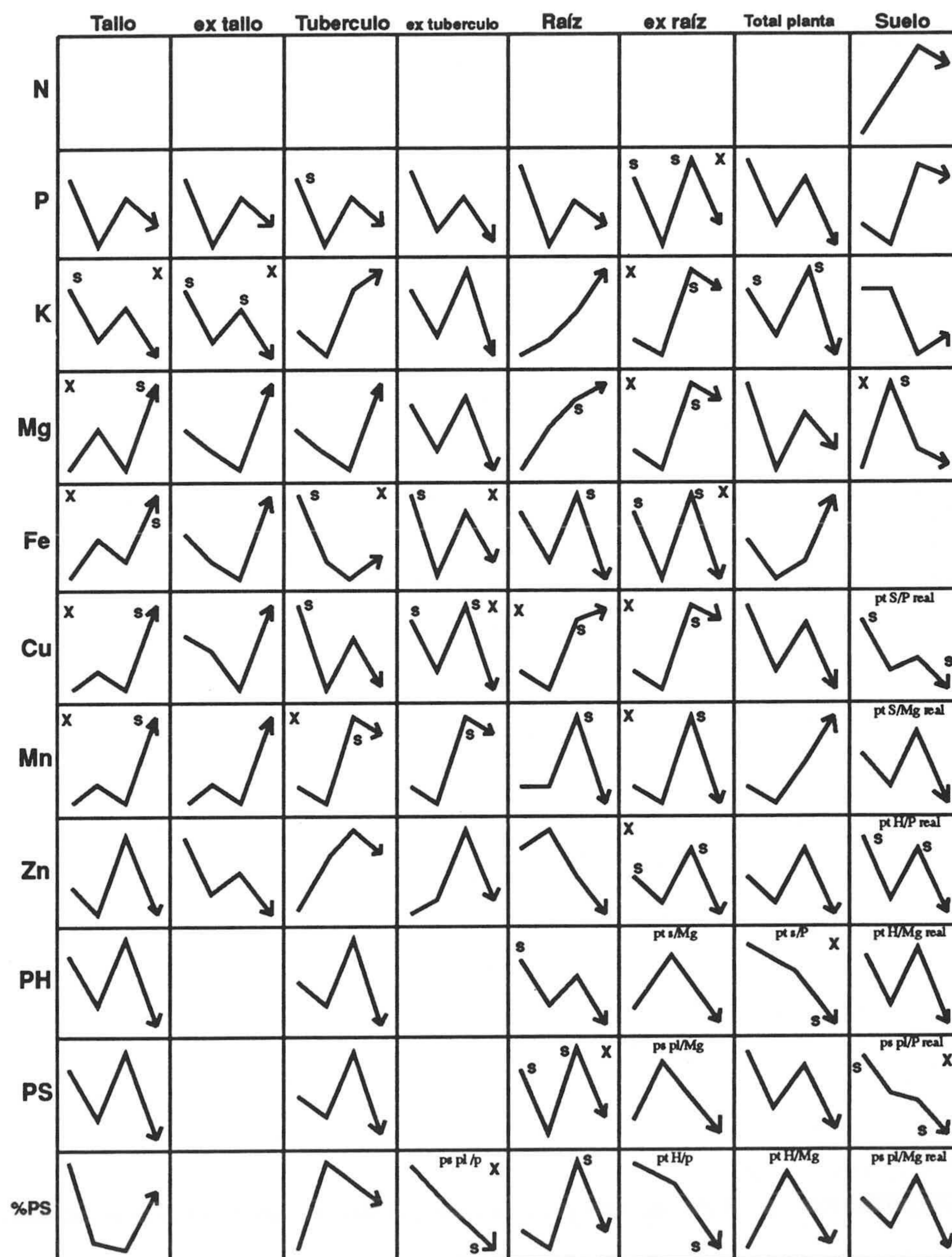
S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo



**Gráfica F - 13 -Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Fósforo aplicado. ( Atarfe )**

Muestreo 3 - 120 días ( Madurez )



P0 P1 P2 P3

S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo



Se agrupan todas las tendencias de variación similares al objeto de establecer la dosis más adecuada para cada periodo, según se indica en las tablas adjuntas.

**60 días**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N								0
P	<b>P<sub>3</sub></b>	1	2	0	0 3	<b>P<sub>3</sub></b>	<b>P<sub>3</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>
K	<b>P<sub>0</sub>P<sub>2</sub></b>	1	2	0	2	<b>P<sub>3</sub></b>	3	1
Mg	<b>P<sub>2</sub></b>	2	<b>P<sub>2</sub></b>	2	1	<b>P<sub>1</sub>P<sub>3</sub></b>	2	2
Fe	2	1	<b>P<sub>2</sub></b>	3	1	<b>P<sub>3</sub></b>	3	1
Cu	<b>P<sub>0</sub></b>	<b>P<sub>0</sub></b>	<b>P<sub>0</sub>P<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>1</sub></b>	0	3	<b>P<sub>0</sub></b>	1
Mn	<b>P<sub>1</sub>P<sub>3</sub></b>	<b>P<sub>1</sub>P<sub>3</sub></b>	3	3	1	<b>P<sub>3</sub></b>	<b>P<sub>1</sub>P<sub>3</sub></b>	0
Zn	1 3	1	<b>P<sub>0</sub>P<sub>1</sub></b>	0	1	<b>P<sub>3</sub></b>	1	<b>P<sub>1</sub></b>
PH	1		0		3		3	0
PS	1		0		<b>P<sub>3</sub></b>	<b>P<sub>0</sub></b>	3	0
%PS	1		0		<b>P<sub>3</sub></b>	<b>P<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>0</sub></b>

**82 días**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N								0
P	0	0	<b>P<sub>0</sub></b>	0	0	2	0	2
K	<b>P<sub>0</sub></b>	3	<b>P<sub>1</sub></b>	0	<b>P<sub>0</sub></b>	2	3	0
Mg	<b>P<sub>0</sub>P<sub>2</sub></b>	2	0	0	1	<b>P<sub>2</sub></b>	2	0
Fe	<b>P<sub>2</sub></b>	2	<b>P<sub>0</sub></b>	<b>P<sub>0</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>	
Cu	0	3	<b>P<sub>0</sub></b>	<b>P<sub>0</sub></b>	1	<b>P<sub>2</sub></b>	3	2
Mn	<b>P<sub>2</sub></b>	2	0	<b>P<sub>0</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>	2	0
Zn	<b>P<sub>0</sub></b>	3	0	0	<b>P<sub>1</sub></b>	2	3	<b>P<sub>1</sub></b>
PH	<b>P<sub>2</sub></b>		3		<b>P<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>	3	3
PS	3		0		<b>P<sub>2</sub></b>	0	<b>P<sub>2</sub></b>	2
%PS	<b>P<sub>1</sub></b>		2		2	2	<b>P<sub>1</sub></b>	0

Pn - Diferencia significativa al 5%

n - Diferencia no significativa al 5%



**120 días**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N								2
P	0	0	P <sub>0</sub>	0	0	P <sub>0</sub> P <sub>2</sub>	0	0
K	P <sub>0</sub>	P <sub>0</sub> P <sub>2</sub>	0	0 2	3	P <sub>2</sub>	P <sub>0</sub> P <sub>2</sub>	0
Mg	P <sub>3</sub>	0	0	0	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	0	1
Fe	P <sub>3</sub>	3	P <sub>0</sub>	P <sub>0</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>0</sub> P <sub>2</sub>	3	
Cu	P <sub>3</sub>	0	P <sub>0</sub>	P <sub>0</sub> P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	0	1 <small>pt /Mg</small>
Mn	P <sub>3</sub>	3	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>		P <sub>0</sub> <small>pt /P</small>
Zn	0	0	2	2	0	P <sub>0</sub> P <sub>2</sub> <small>pt e/Mg</small>	P <sub>0</sub> <small>pt /Mg</small>	0 <small>pt /Mg real</small>
PH	0		0		P <sub>0</sub>	1 <small>pt e /P real</small>	1 <small>pt pl /Mg real</small>	0 2 <small>pt e/Mg real</small>
PS	0		2		P <sub>2</sub>	P <sub>0</sub> <small>pt e /P</small>	2 <small>pt pl /P</small>	0 2 <small>pt pl /P real</small>
%PS	0		1		P <sub>2</sub>	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>0</sub>

Destaca el hecho de que sea la raíz, la única parte de la planta que manifiesta diferencias significativas entre tratamientos en los tres muestreos, siendo el peso seco de raíz y su porcentaje frente al total de la planta máximos para el tratamiento P3 a los 60 días; el peso húmedo y seco de raíz máximos para el tratamiento P2 a los 82 y 120 días respectivamente.

Este comportamiento de la raíz, condiciona que las extracciones de todos los elementos, por parte de aquella, sean máximas para el tratamiento P3 a los 60 días y para el tratamiento P2 a los 82 y 120 días respectivamente.

A nivel de tubérculo no existe respuesta significativa a la fertilización fosfórica siendo el tratamiento más productivo el P0. Sin embargo, los pesos relativos de tubérculo y planta por unidad de Magnesio tienden a ser máximos para el tratamiento P2, lo que indica el efecto beneficioso de este nivel de Fósforo sobre la fertilización magnésica.

El tallo tampoco presenta respuesta significativa a la fertilización fosfórica en este ensayo, aun cuando los porcentajes relativos de los diferentes elementos en el mismo sufren variaciones, siendo aquellos máximos para el Magnesio, Hierro, Cobre y Manganeso a los 120 días, con el tratamiento P3.

Si nos referimos a los elementos estudiados, los contenidos totales de los mismos en tallo, raíz y tubérculo siguen variaciones similares para todos ellos en los tres muestreos.

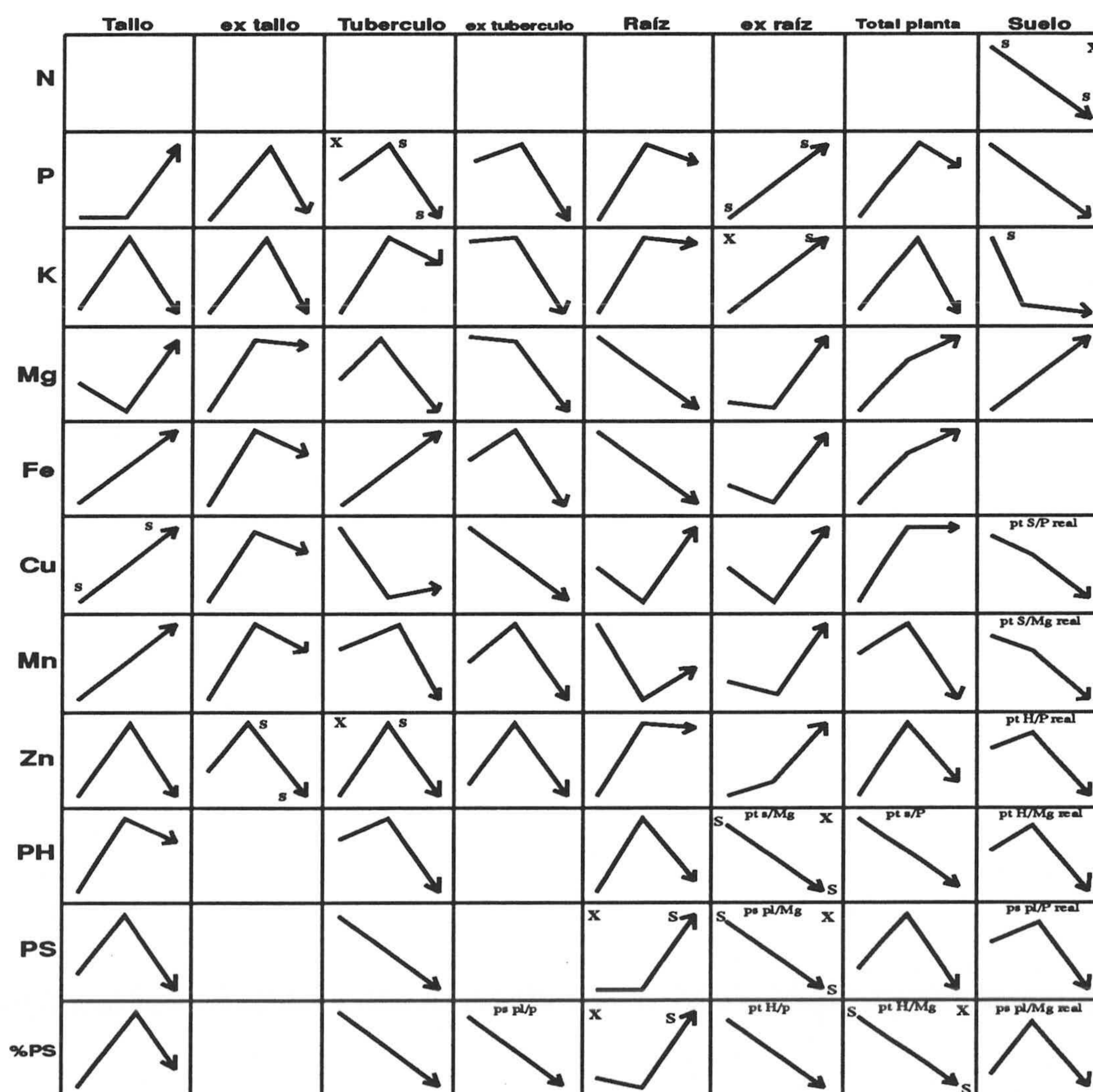


**Crecimiento - Niveles de Magnesio - días**

En la gráfica F-14 se representan los resultados del análisis de la varianza aplicado a los contenidos de los diferentes elementos en planta en función de los niveles de fertilizante magnésico añadido.

**Gráfica F - 14 -Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Magnesio aplicado. ( Atarfe )**

**Primer muestreo**



M0 M1 M2

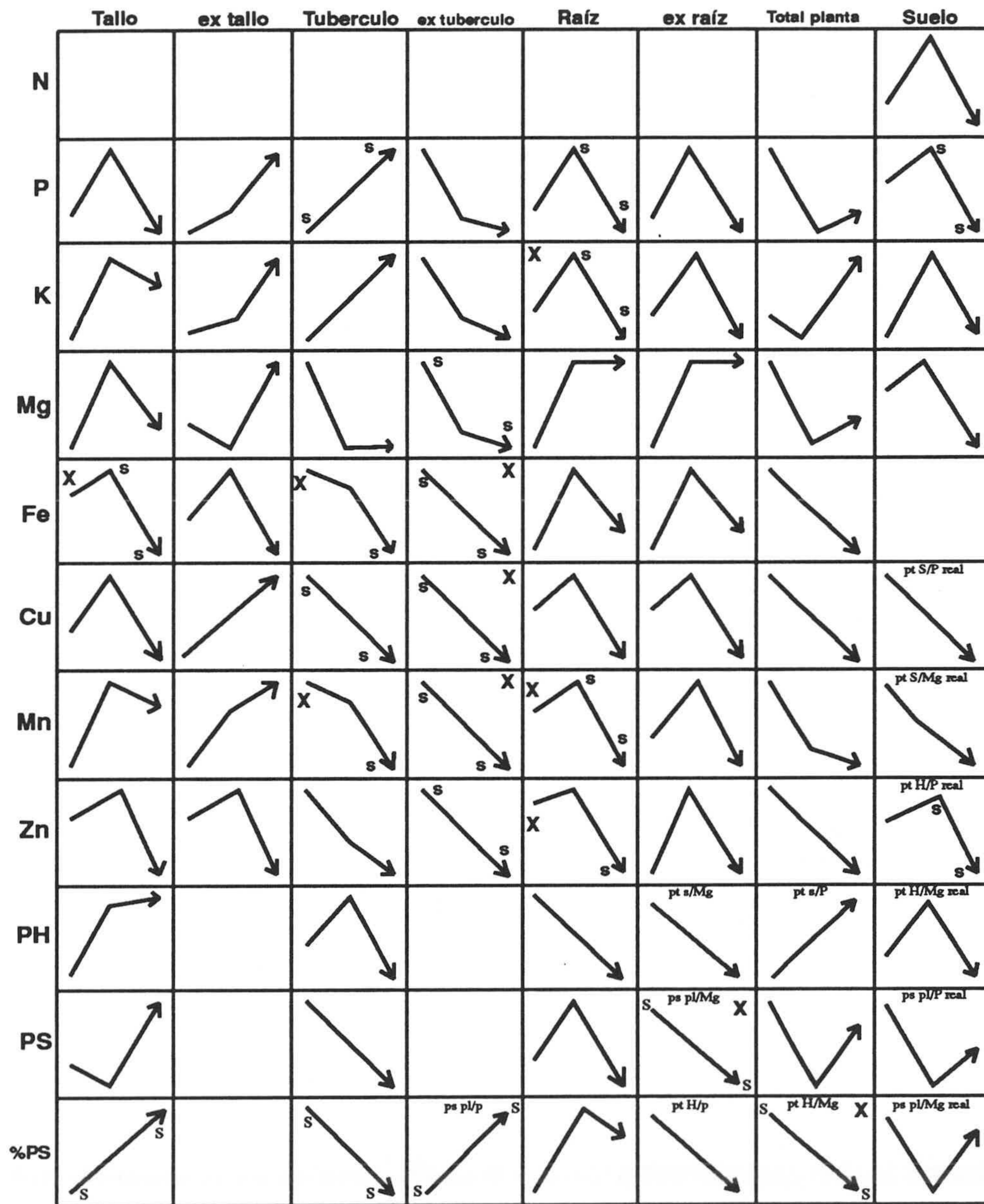
S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo



Gráfica F - 14 -Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Magnesio aplicado. ( Atarfe )

Segundo muestreo



M0 M1 M2

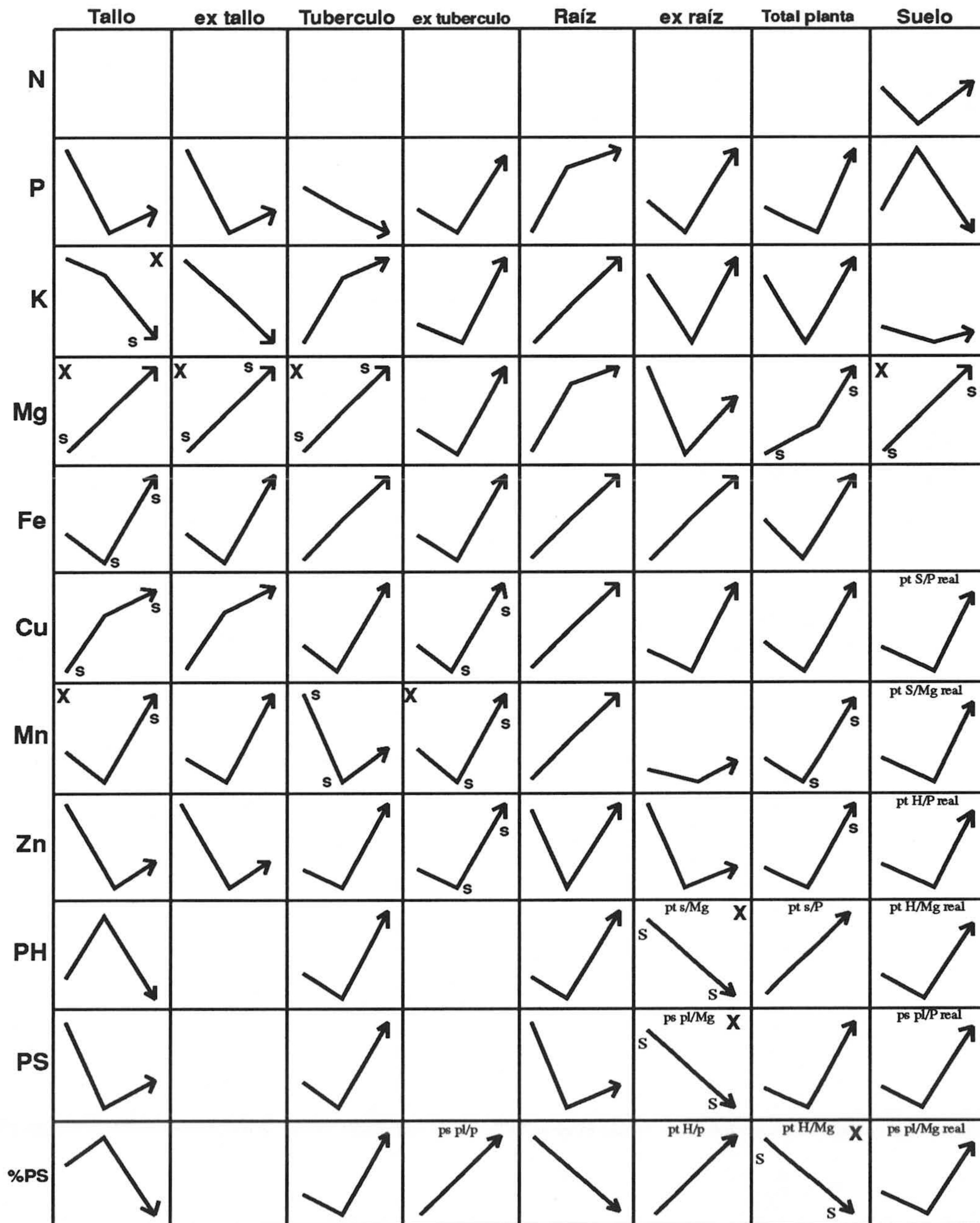
S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo



Gráfica F - 14 -Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Magnesio aplicado. ( Atarfe )

Tercer muestreo



M0 M1 M2

S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo



Si representamos los tratamientos que presentan diferencias significativas con los demás en cada muestreo y para cada uno de los parámetros, obtenemos las tablas adjuntas.

**60 días**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raiz	ex raiz	Total planta	Suelo
N								<b>M<sub>0</sub></b>
P	2	1	<b>M<sub>1</sub></b>	1	1	<b>M<sub>2</sub></b>	1	0
K	1	1	1	0	1	<b>M<sub>2</sub></b>	1	<b>M<sub>0</sub></b>
Mg	2	1	1	0	0	2	2	2
Fe	2	1	2	1	0	2	2	
Cu	<b>M<sub>2</sub></b>	1	0	0	2	2	1	<b>M<sub>1</sub></b>
Mn	2	1	1	1	0	2	1	1
Zn	1	<b>M<sub>1</sub></b>	<b>M<sub>1</sub></b>	1	1	2	1	1
PH	1		1		1	1	<b>M<sub>1</sub></b>	1
PS	1		0		<b>M<sub>2</sub></b>	0	<b>M<sub>1</sub></b>	0
%PS	1		0		<b>M<sub>2</sub></b>	1	1	1

**82 días**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raiz	ex raiz	Total planta	Suelo
N								1
P	1	2	<b>M<sub>2</sub></b>	0	<b>M<sub>1</sub></b>	1	0	<b>M<sub>1</sub></b>
K	1	2	2	0	<b>M<sub>1</sub></b>	1	2	1
Mg	1	2	0	<b>M<sub>0</sub></b>	1	1	0	0
Fe	<b>M<sub>1</sub></b>	1	<b>M<sub>0</sub></b>	<b>M<sub>0</sub></b>	1	1	0	
Cu	1	2	<b>M<sub>0</sub></b>	<b>M<sub>0</sub></b>	1	1	0	<b>M<sub>1</sub></b>
Mn	1	2	<b>M<sub>0</sub></b>	<b>M<sub>0</sub></b>	<b>M<sub>1</sub></b>	1	0	<b>M<sub>1</sub></b>
Zn	1	1	0	<b>M<sub>0</sub></b>	<b>M<sub>1</sub></b>	1	0	1
PH	1		1		0	0	<b>M<sub>1</sub></b>	1
PS	2		0		1	0	<b>M<sub>1</sub></b>	0
%PS	<b>M<sub>2</sub></b>		<b>M<sub>0</sub></b>		1	2	<b>M<sub>2</sub></b>	0

Mn - Diferencia significativa al 5%

n - Diferencia no significativa al 5%



**120 días**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N								0
P	0	0	0	2	1	0	0 2	1
K	M <sub>0</sub>	0	2	2	2	0	0 2	0
Mg	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	2	1	0	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>
Fe	M <sub>2</sub>	2	2	2	2	2	0 2	
Cu	M <sub>2</sub>	2	2	MoM <sub>2</sub>	2	2	2	M <sub>1</sub>
Mn	M <sub>2</sub>	2	M <sub>0</sub>	MoM <sub>2</sub>	2	0	MoM <sub>2</sub>	2
Zn	0	0	2	MoM <sub>2</sub>	0	0	2	2
PH	1		2		2	2	M <sub>1</sub>	2
PS	0		2		0	2	M <sub>1</sub>	2
%PS	1		2		0	2	2	2

En general, como se deduce de las tablas anteriores, hay escasa incidencia de la fertilización magnésica sobre los contenidos de nutrientes en la planta y peso de la misma.

Sin embargo, debemos destacar algunas tendencias de variación que se producen.

Así, a los 60 días, al tratamiento M<sub>2</sub> produce un peso seco de raíz significativamente mayor que los otros dos, lo que condiciona, que las extracciones de todos los elementos estudiados, por parte de la raíz, sean también mayores para este tratamiento.

En el tallo, es el tratamiento M<sub>1</sub> el que produce mayores rendimientos en peso, y en el tubérculo el tratamiento más adecuado es el M<sub>0</sub>.

A los 82 días, los contenidos de todos los elementos estudiados en la raíz son mayores para el tratamiento M<sub>1</sub> frente a los otros dos, mientras que en el tallo lo son para el tratamiento M<sub>2</sub> y en el tubérculo para el M<sub>0</sub>.

A los 120 días, el tratamiento M<sub>2</sub> produce mayores contenidos de Magnesio, Hierro, Cobre, y Manganeso en el tallo que los otros dos tratamientos, a la vez que las extracciones de todos los elementos estudiados por los tubérculos, los pesos húmedo y seco de los mismos y la efectividad relativa frente al Fósforo y Magnesio de los pesos de tubérculo y planta también son mayores para este tratamiento.

En definitiva podemos decir que el tratamiento M<sub>2</sub> al inicio de la tuberización es el más adecuado para la raíz; en la floración, lo es para el tallo y en la madurez para el tubérculo.



Ecuaciones - Atarfe

Este ensayo de fertilización, se completa con las ecuaciones correspondientes a las extracciones de los distintos elementos estudiados, en función de los días transcurridos desde la siembra, y diferenciando los diversos tratamientos de fertilización introducidos.

$$Ex Y_t = A_t d^{nt}$$

$$pH_{pt} = B_t d^{mt}$$

$$pS_{pt} = C_t d^{lt}$$

Ex Y = Extracciones totales del elemento químico considerado ( 100 plantas )

pH pt = Peso húmedo de tubérculo

pS pt = Peso seco de tubérculo

A,B,C = coeficientes multiplicativos

d = días después de la siembra

n,m,l = exponentes

t = tratamientos de fertilización 1- 12

Peso seco de tubérculos - días

			Coefficiente correlación	R <sup>2</sup>	Fratio	Significación
pS pt1	$6,79 \cdot 10^{-12} d^{6,641}$	P0 M0	0,987	97,55%	278,63	0,0001%
pS pt2	$2,11 \cdot 10^{-10} d^{5,864}$	P0 M1	0,968	93,73%	104,73	0,002%
pS pt3	$5,88 \cdot 10^{-11} d^{6,072}$	P0 M2	0,938	88,07%	51,66	0,018%
pS pt4	$4,35 \cdot 10^{-11} d^{6,225}$	P1 M0	0,989	97,92%	329,45	0,0001%
pS pt5	$2,68 \cdot 10^{-11} d^{6,202}$	P1 M1	0,913	83,31%	34,95	0,059%
pS pt6	$6,07 \cdot 10^{-13} d^{7,068}$	P1 M2	0,989	98,00%	342,59	0,0001%
pS pt7	$7,11 \cdot 10^{-11} d^{6,078}$	P2 M0	0,955	91,15%	72,10	0,006%
pS pt8	$3,26 \cdot 10^{-12} d^{6,791}$	P2 M1	0,982	96,38%	186,16	0,0001%
pS pt9	$7,20 \cdot 10^{-12} d^{6,612}$	P2 M2	0,988	97,60%	285,19	0,0001%
pS pt10	$2,39 \cdot 10^{-10} d^{5,825}$	P3 M0	0,995	98,94%	653,36	0,0001%
pS pt11	$6,59 \cdot 10^{-10} d^{5,532}$	P3 M1	0,972	94,43%	118,68	0,001%
pS pt12	$2,40 \cdot 10^{-18} d^{9,812}$	P3 M2	0,852	72,55%	18,50	0,36%

$$pS \bar{pt} = 7,61 \cdot 10^{-12} d^{6,560}$$



**Peso húmedo de tubérculos - días**

		Coefficiente correlación	R <sup>2</sup>	Fratio	Significación
pH pt1	$3,17 \cdot 10^{-11} d^{6,691}$	0,984	96,76%	209,29	0,0001%
pH pt2	$1,48 \cdot 10^{-9} d^{5,846}$	0,973	94,61%	122,80	0,001%
pH pt3	$3,46 \cdot 10^{-10} d^{6,146}$	0,994	98,98%	667,4	0,0001%
pH pt4	$1,64 \cdot 10^{-10} d^{6,317}$	0,987	97,48%	270,92	0,0001%
pH pt5	$5,24 \cdot 10^{-10} d^{6,062}$	0,970	94,21%	113,93	0,001%
pH pt6	$1,18 \cdot 10^{-11} d^{6,865}$	0,979	95,91%	164,33	0,0001%
pH pt7	$4,62 \cdot 10^{-10} d^{6,062}$	0,950	90,21%	64,54	0,009%
pH pt8	$1,11 \cdot 10^{-11} d^{6,920}$	0,968	93,83%	106,51	0,002%
pH pt9	$1,55 \cdot 10^{-11} d^{6,822}$	0,978	95,71%	156,03	0,0001%
pH pt10	$1,78 \cdot 10^{-9} d^{5,780}$	0,993	98,60%	492,31	0,0001%
pH pt11	$3,44 \cdot 10^{-8} d^{5,109}$	0,952	90,69%	68,17	0,007%
pH pt12	$9,38 \cdot 10^{-19} d^{10,386}$	0,795	63,26%	12,05	1,04%

$$\overline{\text{pH pt}} = 4,53 \cdot 10^{-11} d^{6,584}$$



<b>Extracciones de Magnesio - días</b>		<b>Coefficiente correlación</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Fratio</b>	<b>Significación</b>
Ex Mg1	0,00048 d <sup>2,707</sup>	0,991	98,30%	231,06	0,01%
Ex Mg2	0,00373 d <sup>2,275</sup>	0,927	86,06%	30,87	0,26%
Ex Mg3	0,00067 d <sup>2,660</sup>	0,984	96,90%	156,08	0,006%
Ex Mg4	0,00567 d <sup>2,184</sup>	0,913	83,36%	35,07	0,06%
Ex Mg5	0,00546 d <sup>2,167</sup>	0,908	82,54%	28,36	0,18%
Ex Mg6	0,00053 d <sup>2,707</sup>	0,948	89,85%	44,27	0,12%
Ex Mg7	0,01839 d <sup>1,934</sup>	0,803	64,48%	12,70	0,92%
Ex Mg8	0,00117 d <sup>2,549</sup>	0,96	92,19%	70,87	0,015%
Ex Mg9	2,915 d - 126,96	0,933	86,97%	46,71	0,025%
Ex Mg10	0,00147 d <sup>2,451</sup>	0,918	84,29%	26,82	0,35%
Ex Mg11	0,00483 d <sup>2,189</sup>	0,898	80,63%	20,81	0,60%
Ex Mg12	0,00728 d <sup>2,193</sup>	0,943	88,95%	48,29	0,044%

$$\overline{\text{Ex Mg}} = 0,00221 \text{ d}^{2,395}$$



**Extracciones de Fósforo - días**

		Coefficiente correlación	R <sup>2</sup>	Fratio	Significación
Ex P1	$5,39 \cdot 10^{-7} d^{4,075}$	0,994	98,74%	312,48	0,006%
Ex P2	$1,78 \cdot 10^{-5} d^{3,299}$	0,969	93,92%	77,28	0,032%
Ex P3	$3,08 \cdot 10^{-6} d^{3,688}$	0,994	98,76%	397,85	0,001%
Ex P4	$9,76 \cdot 10^{-6} d^{3,445}$	0,974	94,83%	128,39	0,001%
Ex P5	$2,42 \cdot 10^{-5} d^{3,203}$	0,935	87,41%	41,61	0,066%
Ex P6	$3,33 \cdot 10^{-6} d^{3,645}$	0,976	95,21%	99,44	0,017%
Ex P7	$7,67 \cdot 10^{-6} d^{3,467}$	0,974	94,98%	132,51	0,001%
Ex P8	$1,71 \cdot 10^{-6} d^{3,825}$	0,992	98,48%	389,37	0,0001%
Ex P9	$6,41 \cdot 10^{-7} d^{4,046}$	0,990	98,12%	365,02	0,0001%
Ex P10	$1,15 \cdot 10^{-5} d^{3,376}$	0,987	97,43%	189,27	0,004%
Ex P11	$9,39 \cdot 10^{-5} d^{2,874}$	0,962	92,52%	61,82	0,05%
Ex P12	$5,77 \cdot 10^{-5} d^{3,074}$	0,969	93,89%	92,27	0,007%

$$\overline{\text{Ex P}} = 6,56 \cdot 10^{-6} d^{3,514}$$



**Extracciones de Potasio - días**

		Coefficiente correlación	R <sup>2</sup>	Fratio	Significación
Ex K <sub>1</sub>	0,00010 d <sup>3,505</sup>	0,994	98,88%	353,00	0,005%
Ex K <sub>2</sub>	0,00153 d <sup>2,909</sup>	0,957	91,67%	55,05	0,07%
Ex K <sub>3</sub>	0,00073 d <sup>3,061</sup>	0,994	98,88%	441,48	0,0001%
Ex K <sub>4</sub>	0,00133 d <sup>2,926</sup>	0,959	91,98%	80,31	0,004%
Ex K <sub>5</sub>	0,00307 d <sup>2,740</sup>	0,929	86,44%	38,23	0,08%
Ex K <sub>6</sub>	0,00081 d <sup>3,020</sup>	0,933	87,10%	33,75	0,21%
Ex K <sub>7</sub>	0,00208 d <sup>2,839</sup>	0,926	85,86%	42,49	0,033%
Ex K <sub>8</sub>	0,00055 d <sup>3,141</sup>	0,992	98,35%	358,45	0,0001%
Ex K <sub>9</sub>	0,00010 d <sup>3,519</sup>	0,981	96,33%	183,49	0,0001%
Ex K <sub>10</sub>	0,00150 d <sup>2,884</sup>	0,966	93,30%	69,59	0,04%
Ex K <sub>11</sub>	0,01145 d <sup>2,395</sup>	0,906	82,05%	22,85	0,49%
Ex K <sub>12</sub>	0,01284 d <sup>2,457</sup>	0,928	86,19%	37,43	0,087%

$$Ex \bar{K} = 0,00115 d^{2,961}$$

Ex $\bar{Zn}$	0,01916 d <sup>-1,0235</sup>	0,914	83,51%	455,7	0,0001%
Ex $\bar{Mn}$	0,0161 d <sup>-0,8009</sup>	0,882	77,80%	315,44	0,0001%
Ex $\bar{Cu}$	0,0057 d <sup>-0,3121</sup>	0,905	81,96%	408,83	0,0001%
Ex $\bar{Fe}$	6,86 10 <sup>-5</sup> d <sup>2,74</sup>	0,922	85,09%	513,73	0,0001%

Tanto las extracciones de los diferentes elementos estudiados como los pesos de tubérculos, varían frente a los días transcurridos desde la siembra según un modelo multiplicativo con coeficientes de correlación altos, mayores de 0,9, y significativos, los que nos indica la bondad del ajuste.



Si consideramos tres momentos en el ciclo evolutivo de la patata a los 70, 100 y 120 días después de la siembra y comparamos los valores obtenidos para cada tratamiento, podemos ordenar de mayor a menor los tratamientos más productivos según se reflejan en la tabla adjunta.

Tatamientos

Extracciones de potasio			Extracciones de fósforo			Extracciones de magnesio			Peso húmedo de tubérculo			Peso seco de tubérculo		
120 d	100 d	70 d	120 d	100 d	70 d	120 d	100 d	70 d	120 d	100 d	70 d	120 d	100 d	70 d
P2M2	P2M2	P3M2	P2M2	P3M2	P3M2	P3M2	P3M2	P3M2	P3M2	P2M1	P3M1	P3M2	M0	M1
M0	P3M2	P2	M0	P2M2	P1	P2M1	P2M2	P2M2	P2M1	M0	M1	M0	P2M1	P3
P2M1	P2M1	M1	P2M1	P2M1	M1	M2	P2M1	P2	M0	M1	P3	P2M1	P1	P1
M1	M0	P1M1	M2	M0	P1M1	P1M2	M2	P1	P2M2	P1	P1M1	P2M2	P2M2	M0
M2	M1	P2M1	P1	P1	M2	P2M2	P1M2	P2M1	P1	P1M1	M2	P1	M1	P2
P2	P2	P1	P3M2	M2	P2M1	M0	P2	M1	P1M2	P2M2	P1	M1	P3	P1M2

Son los tratamientos P3M2, P2M1, M0 Y P2M2 los que consiguen mayores producciones. Destaca el hecho de que el tratamiento P0M0 alcance niveles de producción similares a los otros cuyo contenido en fósforo y magnesio es muy elevado.

Comparando con los resultados del ensayo CIDA 89 el tratamiento P2M1 sería el más adecuado seguido del P3M2 y P2M2.

Debemos destacar el hecho de que las mayores extracciones de magnesio se produzcan con los tratamientos M2, que aportaron más magnesio al suelo; el hecho de que sea el tratamiento P3 indica el efecto beneficioso del fósforo sobre las extracciones de magnesio.







**4.3.3. - Resultados Cida - 1990**

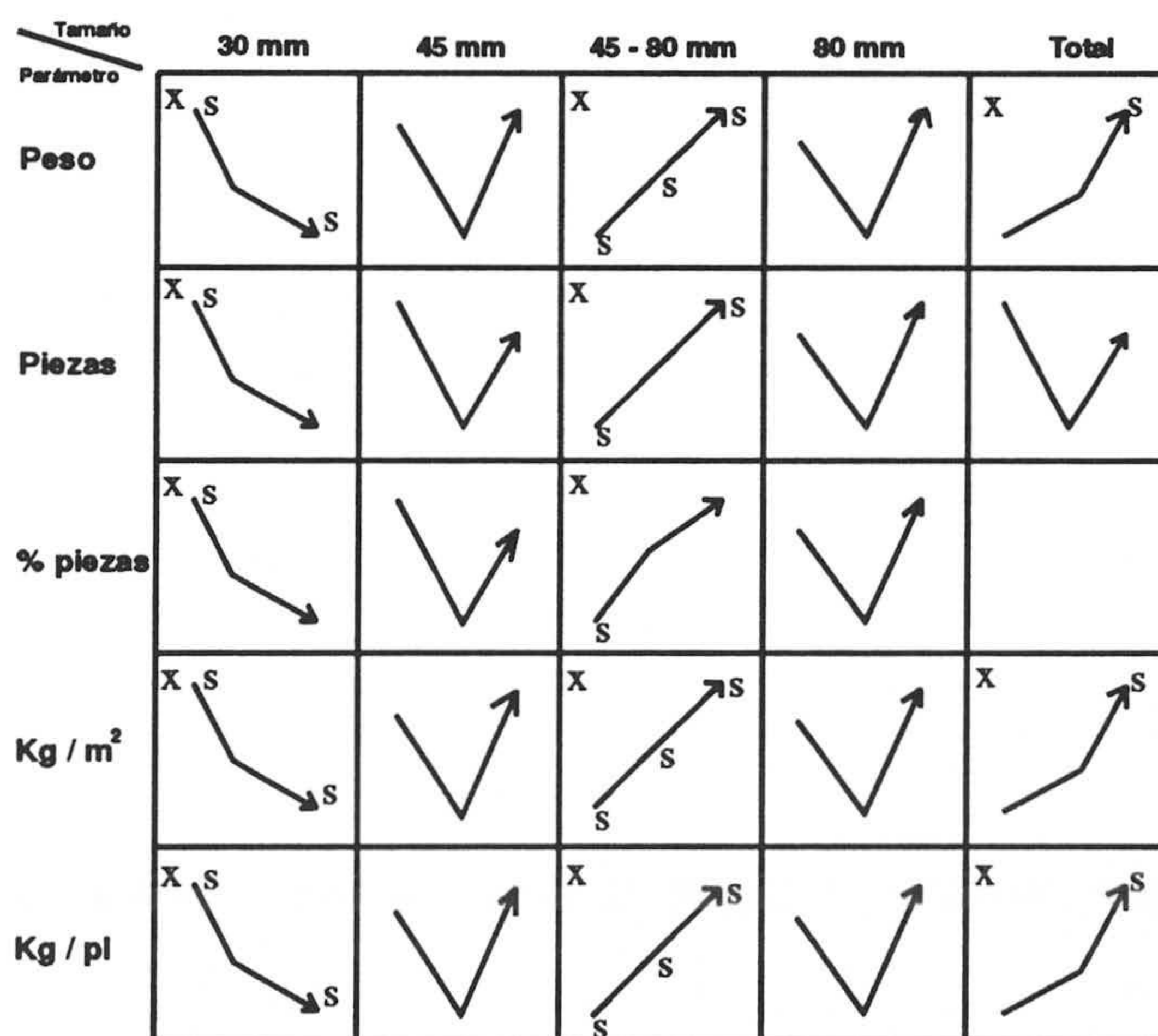
**4.3.3.1. - Análisis de la Producción frente al Nitrógeno, Potasio, Fósforo y Magnesio**

En la Gráfica F-15, se representan los resultados obtenidos tras la realización de un análisis de la varianza de los datos de producción de tubérculos en el ensayo de fertilización del año 1990, en la parcela del Centro de Investigación y Desarrollo Agrario de Granada, y que se reflejan en el Anexo I - Fertilización.

El análisis se ha aplicado a los datos obtenidos del peso de tubérculos, número de piezas, porcentaje de piezas, peso de tubérculos por metro cuadrado y peso de tubérculos por planta, diferenciando los calibres, menores de 30 mm, entre 30 y 45 mm, entre 45 y 80 mm, mayores de 80 mm y totales

**Gráfica F - 15 - Análisis de la varianza de la producción de diferentes calibres de tubérculo frente a las dosis de Nitrógeno, Potasio, Fósforo y Magnesio. ( CIDA 1990 )**

**Nitrógeno**



X - Significación 5%  
S - Diferencia significativa



**Potasio**

Tamaño / Parámetro	30 mm	45 mm	45 - 80 mm	80 mm	Total
Peso					
Piezas	X S 		X S 		X S 
% piezas		X S 			
Kg / m <sup>2</sup>					
Kg / pl					

K<sub>0</sub> K<sub>1</sub> K<sub>2</sub>

X - Significación 5%

S - Diferencia significativa

**Fósforo**

Tamaño / Parámetro	30 mm	45 mm	45 - 80 mm	80 mm	Total
Peso	X S 		X S 		X S 
Piezas					
% piezas			X S 		
Kg / m <sup>2</sup>	X S 		X S 		X S 
Kg / pl	X S 		X S 		X S 

K<sub>0</sub> K<sub>1</sub> K<sub>2</sub>


X - Significación 5%

S - Diferencia significativa



**Magnesio**

Tamaño Parámetro	30 mm	45 mm	45 - 80 mm	80 mm	Total
Peso	↘	↗	↘	↗	↘
Piezas	↘	↗	↘	↗	↘
% piezas	↘	↗	↗	↗	
Kg / m <sup>2</sup>	↘	↗	↘	↗	↘
Kg / pl	↘	↗	↘	↗	↘


  
 Mo    Mi

A la vista de la figura destacamos lo siguiente:

1 - Respecto al Magnesio, ningún parámetro presenta diferencias significativas al 5%, con lo que, en principio, podemos decir que en nuestros ensayos, la fertilización magnésica no afecta significativamente a la producción.

2 - Respecto a la fertilización fosfórica se presentan algunas diferencias significativas entre tratamientos para los calibres menores de 30 mm, entre 45 - 80 y totales.

Así, para el calibre inferior a 30 mm, el peso de tubérculos, peso por unidad de superficie y peso por planta son significativamente menores para el tratamiento P2 que para el P1.

Para el calibre comprendido entre 45 - 80 mm, la mayor producción en peso de tubérculo, peso por unidad de superficie y peso por planta, así como en porcentaje de piezas frente al total, se da para el tratamiento P2 frente a los otros dos.

Como quiera que en el total de tubérculos, este tratamiento es el que consigue mayor producción en peso, frente a los otros dos, hemos de considerarlo como el más adecuado al reducir el peso de los tubérculos muy pequeños, y aumentar el de los tubérculos medianos y totales.



3 - En relación a la fertilización potásica, las diferencias significativas entre tratamientos se producen por el número y porcentaje de piezas y no por el peso de tubérculos de los diferentes calibres.

Así para el calibre inferior a 30 mm, calibre comprendido entre 45 y 80 mm y para el conjunto total de tubérculos, el nº de piezas del tratamiento K1 supera significativamente al número producido por el tratamiento K0.

Asimismo, el porcentaje de piezas del calibre comprendido entre 30 y 45 mm frente al total es significativamente mayor para el tratamiento K0 que para los otros dos tratamientos. Los pesos de los tubérculos de diferentes calibres no presentan diferencias significativas frente a los tratamientos potásicos. No obstante, para los calibres pequeños, medianos y totales, la tendencia observada es de que el tratamiento K1 supera la producción de los otros dos, mientras que para el calibre superior a 80 mm, sería el tratamiento K2 el más productivo.

En función de los resultados de significación y de las tendencias observadas, hemos de concluir que el tratamiento K1 sería el más efectivo entre los ensayados para la fertilización potásica.

La influencia de la fertilización potásica sobre la producción de tubérculos es discutida en la bibliografía.

Para algunos autores ( **Castro, 1988** ) la fertilización potásica no afecta a la producción; o tiene un pequeño efecto sobre los rendimientos ( **Rajanna, 1987** ); para otros, la respuesta depende del año y no es significativa todos los años ( **Sharma R.C., 1987** ) ( **Cepl, 1991** ) mientras que para la mayoría de los autores, el potasio aumenta los rendimientos. ( **Loué, 1978** ) ( **Giroux, 1986** ) ( **Singh, 1987** ) ( **Sahota, 1988** ) ( **Mazullah, 1990** ), ( **Furunes, 1990** ) ( **Koppen, 1990** ) ( **Krishnappa, 1989** ) ( **Anand, 1989** ) ( **Omran, 1991** )

La respuesta a la fertilización potásica es diferente, según la variedad, ( **Skala, 1989** ).

El efecto del potasio, se produce tanto sobre el número, como sobre el peso de los tubérculos.

Según **Mazullak ( 1990 )** el potasio incrementa el número de tubérculos, en general, sin especificar ningún calibre en concreto, mientras que para **Giroux ( 1986 )** son los



tubérculos del calibre comercial, los que aumentan su proporción con la fertilización potásica.

Para Sharma U.C. ( 1987 ), el potasio disminuye el número y la producción de tubérculos pequeños ( menores de 25 gr ) y aumenta el número de los medianos ( 25 - 75 gr ) y de los grandes ( mayores de 75 gr ). Nuestros resultados están más en la línea indicada por este autor que establece una elevación de la producción de tubérculos, de los calibres pequeños, medianos y totales con las dosis crecientes de potasio para luego disminuir; en nuestro caso, una vez superado el nivel de fertilización K1, se produce un descenso de la producción, tanto en número, como en peso de tubérculos.

4 - En lo que se refiere a la fertilización nitrogenada, el peso de tubérculos, número de piezas, porcentaje de tubérculos, peso de tubérculos por unidad de superficie y el peso por planta, de los tubérculos de calibre inferior a 30 mm, disminuyen significativamente al pasar del tratamiento N0 al N2.

Para el tamaño comercial, calibre comprendido entre 45 - 80 mm, los pesos de tubérculos, nº de piezas, porcentaje de piezas frente a total, pesos de tubérculos por unidad de superficie y pesos por planta son significativamente crecientes al pasar del tratamiento N0 al N2.

El peso de tubérculos totales es significativamente mayor para el tratamiento N2 que para los otros dos.

Con la fertilización nitrogenada, pues, disminuye el número y peso de tubérculos muy pequeños ( calibre menor de 30 mm ), aumenta el número y peso de los medianos ( calibre comprendido entre 45 - 80 mm ) y el peso del conjunto de tubérculos.

Casi todos los autores coinciden en el efecto positivo de la fertilización nitrogenada sobre la producción de tubérculos ( Argotte 1987 ), ( Borin 1987 ), ( Sharma RC 1987 ), ( Westermann 1988 ), ( Nazaryuk 1989 ), ( Voloshim 1989 ), ( O´Beirne 1990 ), ( Furunes 1990 ), ( Koppen 1990 ), ( Omran 1991 ) siendo también favorable dividir la aplicación en dos o tres partes. ( Grewal 1984 ), ( Fecenko 1989 ), ( Sharma S.P. 1989 )

La respuesta al Nitrógeno fue significativa durante tres años en los trabajos de Sharma R.C. ( 1987 ).



Para **Sharma U.C. ( 1987 )** con la fertilización nitrogenada disminuye el número y producción de los tubérculos pequeños ( menores de 25 gr ) y se incrementa el número de los medianos y grandes ( mayores de 75 gr ).

Según **Borin ( 1989 )** incrementando las dosis de nitrógeno se incrementa el número de tubérculos por planta y en especial de tubérculos grandes en todo tipo de suelo.

El aumento de la producción se debe, según **Castro ( 1988 )**, al aumento en el número de tubérculos grandes ( mayores de 60 mm ), aún cuando otros autores, indican, que se produce una disminución en el número de tubérculos pequeños, ( **Láhky 1990** ) y un aumento del porcentaje de tubérculos medianos ( **Sharma S.P. 1989** ).

Para **Dahlenburg ( 1990 )**, sin embargo, con dosis crecientes de nitrógeno se incrementa la producción de tubérculos grandes sin afectar a los pequeños.

El aumento de la producción con las dosis crecientes de nitrógeno no es ilimitado. **Voloshin ( 1989 )** indica que 60 Kg de nitrógeno por hectárea, junto con 90 Kg de fósforo y 90 Kg de potasio, también por hectárea, dan una buena producción, pero que dosis superiores de nitrógeno disminuyen los rendimientos.

Otros autores indican valores más elevados. Así **O'Beirne ( 1990 )** establece los niveles óptimos entre 100 - 150 Kg/ha, disminuyendo la materia seca del tubérculo con dosis más elevadas.

Para **Sud ( 1990 )** los rendimientos aumentan con 180 Kg/ha de nitrógeno y disminuyen si la dosis es de 240 Kg/ha. **Lahky ( 1990 )** también indica como dosis óptima de nitrógeno entre 120 - 180 Kg/ha.

**Gravouelle ( 1987 )** señala entre 100 - 150 Kg/ha, y **Anand ( 1990 )** 180 Kg/ha.

Por otro lado, **Soaud ( 1990 )** establece que altas dosis de nitrógeno no dan mayores producciones, afectando negativamente a la calidad.

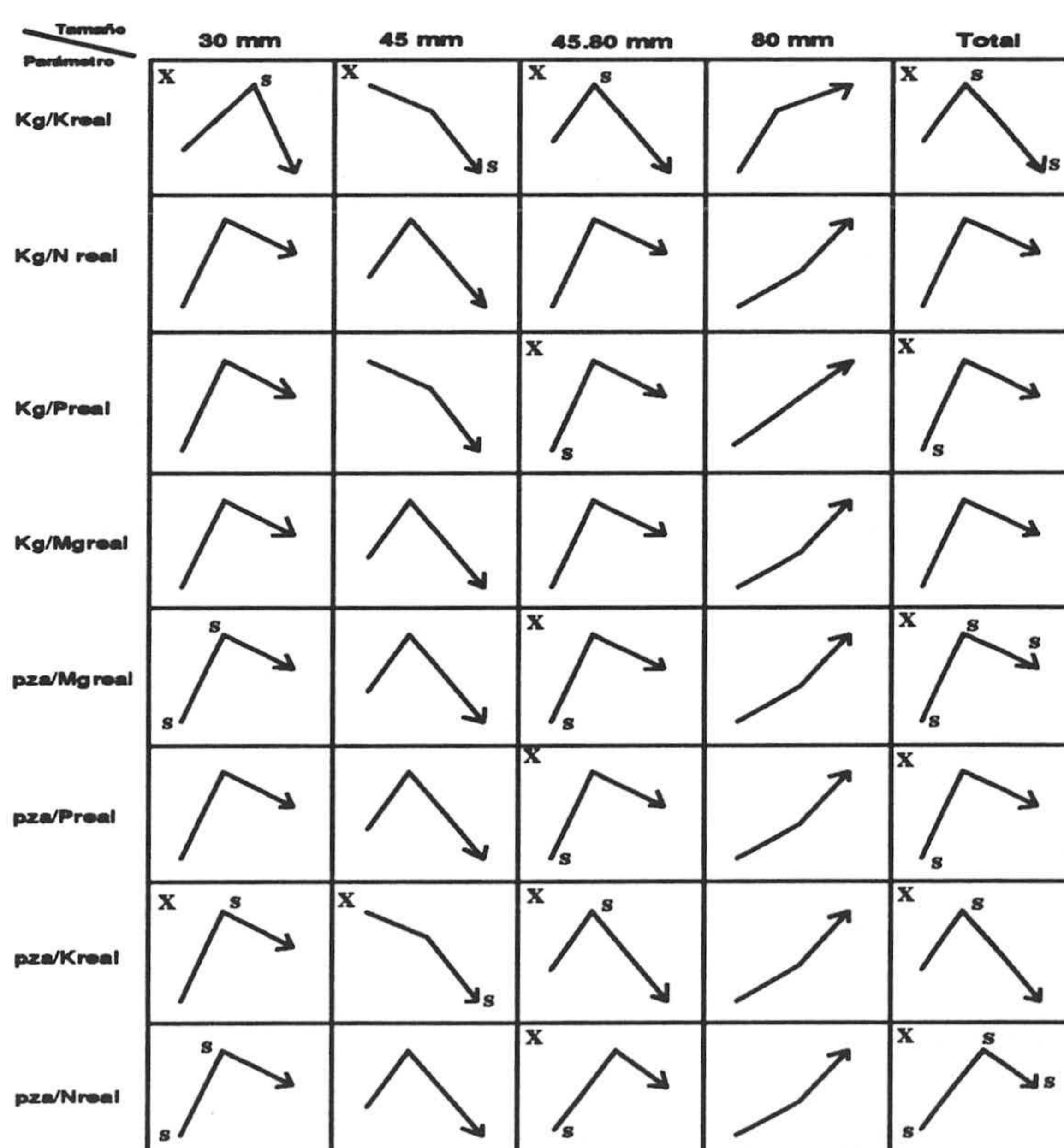
En definitiva, nuestros resultados están en la línea de los diversos autores anteriormente indicados.



En la Gráfica F-16, se analizan las producciones relativas frente al Nitrógeno, Potasio, Fósforo y Magnesio, es decir, los pesos de tubérculos y número de piezas de cada calibre por unidad de contenido de elemento asimilable existente en el suelo.( N real, K real, P real, Mg real )

Gráfica F - 16 -Análisis de la varianza de las producciones por unidad de elemento químico ( Nitrógeno, Potasio, Fósforo y Magnesio ) disponible en el suelo frente a las dosis de fertilizante.( CIDA 1990 )

**Potasio**



S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo



**Magnesio**

Tamaño Parámetro	30 mm	45 mm	45-80 mm	80 mm	Total
Kg/Kreal					
Kg/N real					
Kg/Preal					
Kg/Mgreal					
pza/Mgreal					
pza/Preal					
pza/Kreal					
pza/Nreal					

M0 M1

**Nitrógeno**

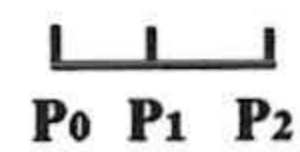
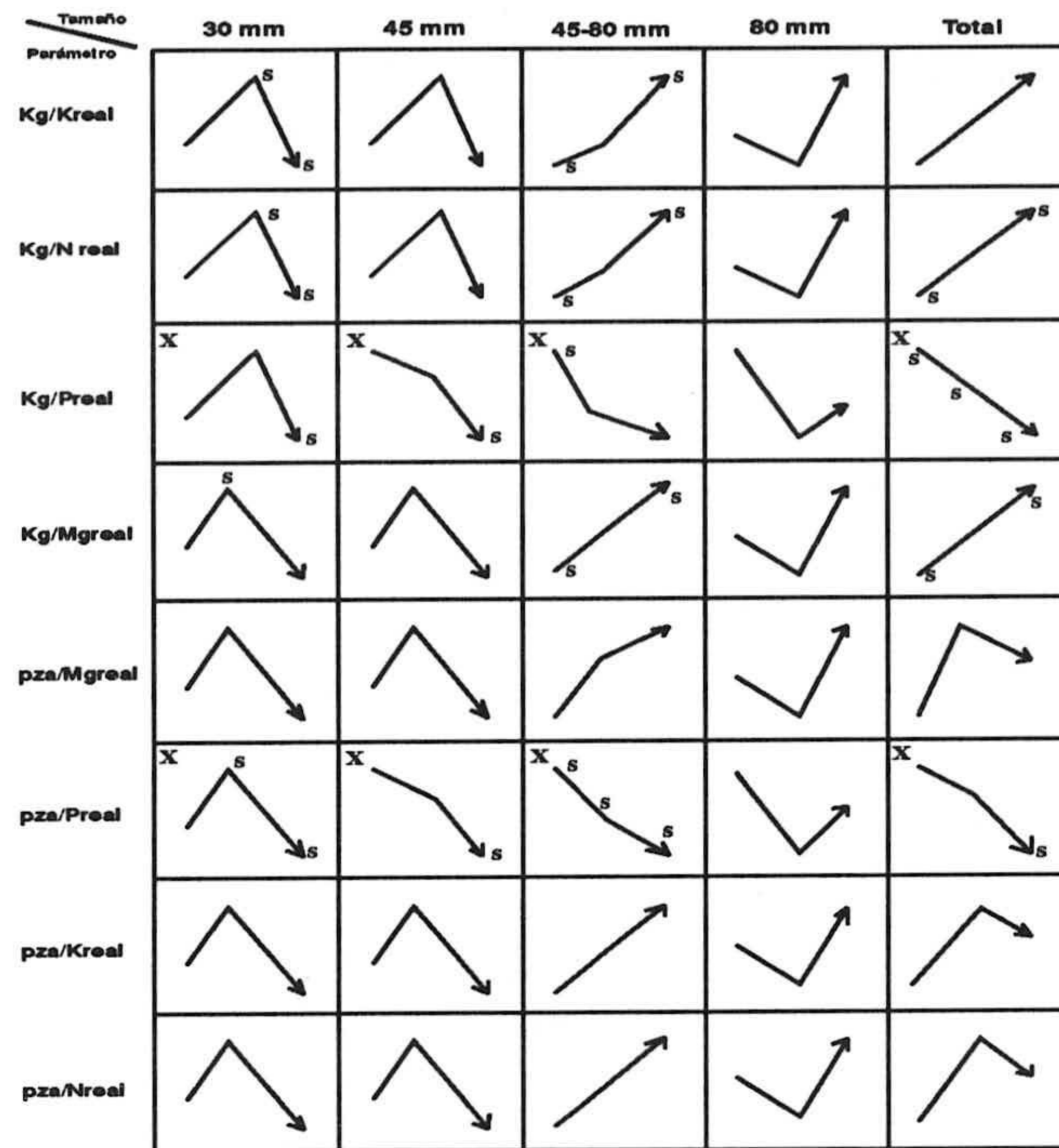
Tamaño Parámetro	30 mm	45 mm	45-80 mm	80 mm	Total
Kg/Kreal					
Kg/N real					
Kg/Preal					
Kg/Mgreal					
pza/Mgreal					
pza/Preal					
pza/Kreal					
pza/Nreal					

N0 N1 N2

S - Diferencia significativa al 5%  
 X - Parámetro estadísticamente significativo



**Fósforo**



S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo

1 - Para el magnesio, destaca, de nuevo, la inexistencia de diferencias significativas entre tratamientos.

2 - En lo que respecta a la fertilización fosfórica, tanto los pesos de tubérculo por unidad de Potasio, de Nitrógeno, de Fósforo y de Magnesio como el número de piezas por unidad de fertilizante de los calibres inferiores a 30 mm y comprendido entre 30 y 45 mm sufren variaciones similares; decrecen al pasar del tratamiento P1 al P2, siendo las diferencias significativas para los pesos de tubérculo del calibre inferior a 30 mm, y para el número de piezas por unidad de fertilizante fosfórico de los dos calibres.

Para el calibre comercial, los pesos de tubérculos por unidad de fertilizante potásico, nitrogenado, y magnésico, crecen significativamente con las dosis de Fósforo, siendo el tratamiento P2 el más efectivo; mientras que para el Fósforo, el más efectivo es el P0.

Para el calibre superior a 80 mm, no se aprecian diferencias significativas entre tratamientos, y para el conjunto de tubérculos, los pesos por unidad de Potasio, Nitrógeno y Magnesio es creciente con las dosis de Fósforo y decreciente el peso por unidad de fósforo.



En conjunto, el tratamiento P2 consigue aumentar la efectividad de la fertilización potásica, nitrogenada y magnésica para mejorar la producción de tubérculos del calibre comercial y totales, disminuyendo el peso de los pequeños.

3 - En relación a la fertilización potásica hemos de diferenciar dos tipos de comportamientos.

El tratamiento K1 consigue mayor producción relativa, bien sea en número como en peso de tubérculos por unidad de fertilizante potásico, o nitrogenado, o fosfórico o magnésico que los otros dos, tanto para los calibres inferiores a 30 mm, comprendidos entre 45 - 80 mm y para el conjunto de tubérculos.

El tratamiento K2 consigue la menor producción por unidad de fertilizante, de los tubérculos cuyo calibre está comprendido entre 30 y 45 mm, y la mayor producción relativa de tubérculos mayores de 80 mm, frente a los otros dos tratamientos.

En conjunto, el tratamiento K1 consigue aumentar la efectividad de la fertilización potásica, nitrogenada, fosfórica y magnésica para mejorar la producción de tubérculos comerciales, mientras que el tratamiento K2 reduce la efectividad de la fertilización potásica, nitrogenada, fosfórica y magnésica para la producción de tubérculos pequeños, y aumenta la efectividad para la producción de tubérculos grandes, ( calibre mayor de 80 mm ).

4 - Respecto a la fertilización nitrogenada, el tratamiento N1 consigue una menor producción relativa, tanto en número como en peso de tubérculos por unidad de fertilizante de los calibres pequeños, mientras que el tratamiento N2 consigue una mayor producción relativa por unidad de fertilizante de tubérculos de tamaño comercial y totales.

En definitiva, el tratamiento N1 consigue disminuir la efectividad de la fertilización potásica, nitrogenada, fosfórica y magnésica para la producción de tubérculos pequeños, mientras que el tratamiento N2 consigue aumentar la eficacia de las fertilizaciones potásica, nitrogenada, fosfórica y magnésica para la producción de tubérculos comerciales ( calibres comprendidos entre 45 y 80 mm ) y totales.

Se aprecia pues, el efecto positivo de los fertilizantes entre sí, sobre todo, las interacciones positivas entre Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio.

Estas interacciones han sido reflejadas, aunque sea de forma parcial, en la bibliografía.



Así Sharma R.C. ( 1981 ) indica el efecto sinérgico del fósforo y magnesio entre si.

Loné ( 1978 ) y Sahota ( 1988 ), establecen la interacción positiva existente entre el nitrógeno y el potasio.

Nijensohn ( 1980 ) indica un efecto aditivo del nitrógeno sobre el fósforo.

En la gráfica F-17, se representan los resultados del análisis de la varianza de los pesos de tubérculos de cada calibre, producidos por unidad de fertilizante añadido. Se ha suprimido el nivel cero, cuya producción relativa es significativamente distinta a la de los otros tratamientos.

Gráfica F - 17 -Análisis de la varianza de las producciones de diferentes calibres por unidad de fertilizante frente a las dosis de fertilizante. ( Cida 1990 )

**Fósforo**

Tamaño Parámetro	30 mm	45 mm	45-80 mm	80 mm	Total
Kg/N	X <sub>s</sub> ↘ ↘ <sub>s</sub>	↘ <sub>s</sub>	↗	↗	↗
Kg/P	X <sub>s</sub> ↘ ↘ <sub>s</sub>	X <sub>s</sub> ↘ ↘ <sub>s</sub>	X <sub>s</sub> ↘ ↘ <sub>s</sub>	↗	X <sub>s</sub> ↘ ↘ <sub>s</sub>
Kg/K	↘ <sub>s</sub>	↘ <sub>s</sub>	↗	↗	↗
Kg/Mg	↘ <sub>s</sub>	↘ <sub>s</sub>	↗	↗	↗
pza/N	↘ <sub>s</sub>	↘ <sub>s</sub>	↗	↗	↘ <sub>s</sub>
pza/P	X <sub>s</sub> ↘ ↘ <sub>s</sub>	X <sub>s</sub> ↘ ↘ <sub>s</sub>	X <sub>s</sub> ↘ ↘ <sub>s</sub>	↗	X <sub>s</sub> ↘ ↘ <sub>s</sub>
pza/K	↘ <sub>s</sub>	↘ <sub>s</sub>	↗	↗	↘ <sub>s</sub>
pza/Mg	↘ <sub>s</sub>	↘ <sub>s</sub>	↗	↗	↘ <sub>s</sub>



S - Diferencia significativa al 5%

X-Parámetro estadísticamente significativo



**Potasio**

Tamaño Parámetro	30 mm	45 mm	45-80 mm	80 mm	Total
Kg/N	↘	↘	↘	↘	↘
Kg/P	↘	↘	↘	↘	↘
Kg/K	X <sub>s</sub> ↘ <sub>s</sub>	X <sub>s</sub> ↘ <sub>s</sub>	X <sub>s</sub> ↘ <sub>s</sub>	↘	X <sub>s</sub> ↘ <sub>s</sub>
Kg/Mg	↘	↘	↘	↘	X <sub>s</sub> ↘ <sub>s</sub>
pza/N	↘	↘	↘	↘	↘
pza/P	↘	↘	↘	↘	↘
pza/K	X <sub>s</sub> ↘ <sub>s</sub>	X <sub>s</sub> ↘ <sub>s</sub>	X <sub>s</sub> ↘ <sub>s</sub>	↘	X <sub>s</sub> ↘ <sub>s</sub>
pza/Mg	↘	↘	↘	↘	↘

K1 K2

**Nitrógeno**

Tamaño Parámetro	30 mm	45 mm	45-80 mm	80 mm	Total
Kg/N	X <sub>s</sub> ↘ <sub>s</sub>	X <sub>s</sub> ↘ <sub>s</sub>	X <sub>s</sub> ↘ <sub>s</sub>	↗	X <sub>s</sub> ↘ <sub>s</sub>
Kg/P	↘	↗	↗	↗	↗
Kg/K	↘	↗	X <sub>s</sub> ↗ <sub>s</sub>	↗	X <sub>s</sub> ↗ <sub>s</sub>
Kg/Mg	↘	↗	X <sub>s</sub> ↗ <sub>s</sub>	↗	X <sub>s</sub> ↗ <sub>s</sub>
pza/N	X <sub>s</sub> ↘ <sub>s</sub>	X <sub>s</sub> ↘ <sub>s</sub>	X <sub>s</sub> ↘ <sub>s</sub>	↗	X <sub>s</sub> ↘ <sub>s</sub>
pza/P	↘	↗	↗	↗	↗
pza/K	↘	↗	X <sub>s</sub> ↗ <sub>s</sub>	↗	↗
pza/Mg	↘	↗	↗	↗	↗

N1 N2

S - Diferencia significativa al 5%

X -Parámetro estadísticamente significativo



Se observa como frente al fósforo, la producción relativa por unidad de fertilizante, disminuye para los tubérculos de calibre pequeño, y aumenta para los calibres medianos y grandes, para la fertilización nitrogenada, potásica y magnésica, lo que nos indica que la efectividad de las fertilizaciones nitrogenada, potásica y magnésica para la producción de tubérculos medianos y grandes se ve favorecida por el nivel de fertilización fosfórica P2.

Frente al potasio, todas las producciones relativas por unidad de fertilizante disminuyen lo que nos indica que la efectividad de las fertilizaciones nitrogenada, potásica, fosfórica y magnésica se mejora con un nivel de fertilización potásica K1.

Con respecto al nitrógeno, la efectividad de la fertilización nitrogenada es mayor con el tratamiento N1 que con el N2; mientras que la efectividad de las fertilizaciones fosfórica, potásica y magnésica es mayor con el nivel de fertilización nitrogenada N2.

En resumen, podemos establecer una primera hipótesis de fertilización indicando como fórmula efectiva Mg0 P2 K1 N2.



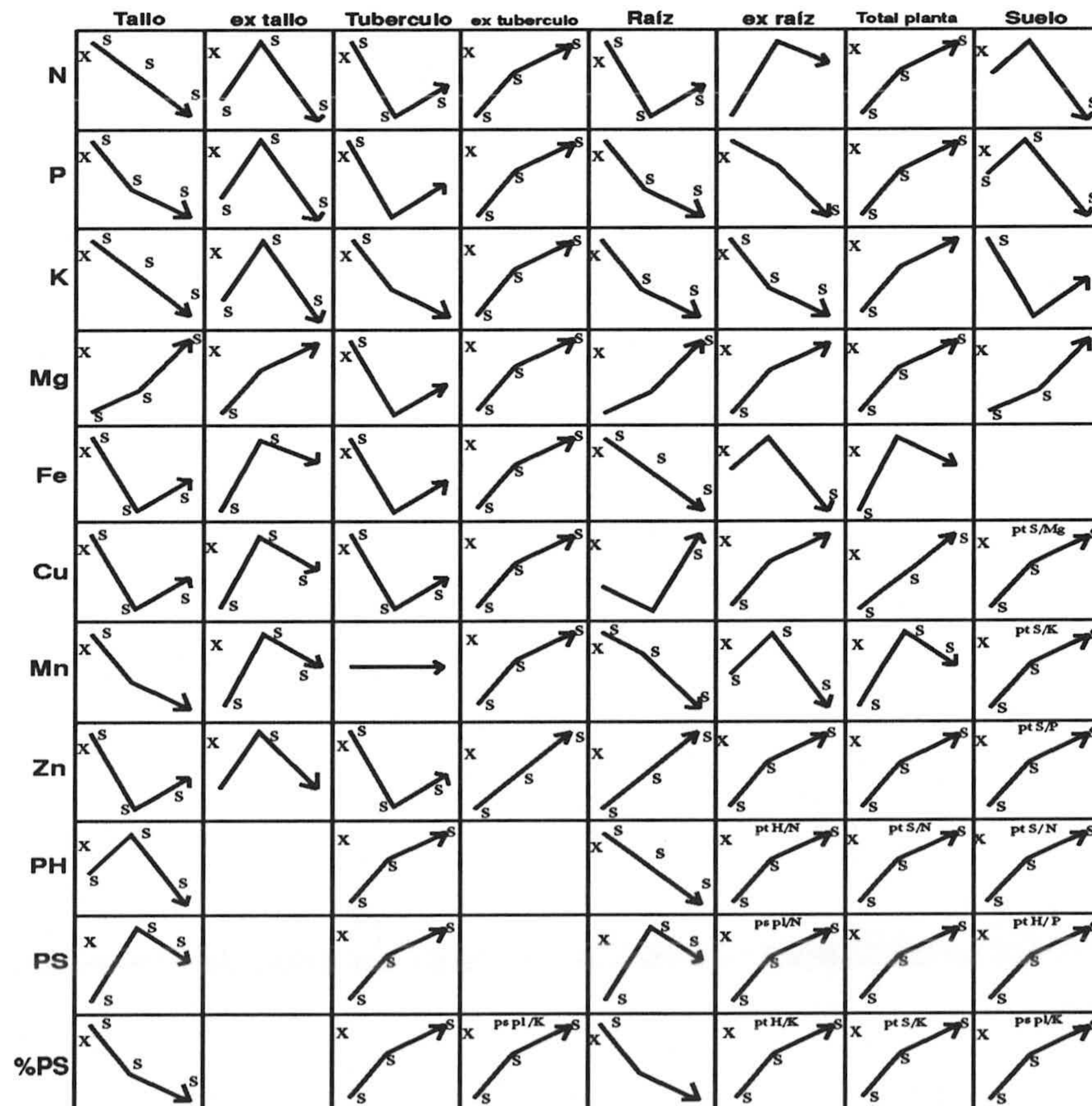
**4.3.3.2. - Análisis del crecimiento**

**Crecimiento - Evolución frente a los días después de la siembra**

El estudio realizado a nivel de producción final, se complementa con otro referido al crecimiento de la planta en donde se analizan los contenidos de diferentes elementos en suelo y planta junto con los pesos húmedo y seco de las diferentes partes de la planta, tallo, tubérculo y raíz.

En la gráfica F-18, se representan las variaciones en los contenidos de nutrientes en planta en función de los días transcurridos desde la fecha de la siembra.

**Gráfica F - 18 -Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a los días después de la siembra. ( CIDA 1990 )**



52 77 104

S - Diferencia significativa al 5%

X -Parámetro estadísticamente significativo



Todos los parámetros estudiados en la planta, salvo los contenidos de Nitrógeno en la raíz y de Manganeso en el tubérculo, presentan diferencias significativas en los valores alcanzados en su evolución con los días después de la siembra.

Estas variaciones las agrupamos en tendencias:

Crecientes con los días

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raiz	ex raiz	Total planta	Suelo
N		X		X			X	X
P		X		X			X	X
K		X		X			X	
Mg	X	X		X	X	X	X	X
Fe		X		X	X	X	X	
Cu		X		X	X	X	X	
Mn		X		X	X	X	X	
Zn		X		X	X	X	X	
PH	X		X					
PS	X		X		X		X	
%PS			X			N piHMg P K	N piS Mg P K	N ps pl P Mg K

Decrecientes con los días

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raiz	ex raiz	Total planta	Suelo
N	X		X		X			
P	X		X		X	X		
K	X		X		X	X		X
Mg			X					
Fe	X		X		X			
Cu	X		X					
Mn	X				X			
Zn	X		X					
PH					X			
PS								
%PS	X				X			



A la vista de las tablas anteriores, se deduce lo siguiente:

- Nitrógeno - Disminuye su porcentaje en el tallo, mientras que en raíz y tubérculo, disminuye hasta los 77 días para luego aumentar al igual que en el ensayo CIDA 89
- Fósforo - Disminuye su porcentaje en tallo, raíz y tubérculo
- Potasio - Disminuye su porcentaje en tallo, raíz y tubérculo
- Magnesio - Disminuye su porcentaje en el tubérculo y lo aumenta en tallo y tubérculo
- Hierro - Disminuye su porcentaje en tallo, raíz y tubérculo
- Cobre - Aumenta su porcentaje en raíz, mientras que en tallo y tubérculo disminuye
- Manganeso - Disminuye su contenido en tallo y raíz
- Cinc - Aumenta su contenido en raíz y disminuye en tallo y tubérculo hasta los 77 días.

Los contenidos totales de los diferentes elementos en el tubérculo y en la planta, vienen condicionados por el peso del tubérculo y son crecientes para todos los elementos.

Los pesos relativos de planta y tubérculo frente a los niveles de fertilización nitrogenada, potásica, fosfórica y magnésica son significativamente crecientes debido al aumento en el peso de planta y tubérculo.



Los porcentajes de los elementos estudiados en el tallo, son decrecientes con los días para todos ellos salvo para el Magnesio.

Los contenidos totales de los diferentes elementos en el tallo presentan un máximo a los 77 días para luego disminuir, salvo para el magnesio que no disminuye su contenido en el tallo después de los 77 días.

El peso húmedo del tallo crece hasta los 77 días para luego disminuir, mientras que el peso húmedo de la raíz disminuye con los días y el del tubérculo aumenta.

Los pesos secos tanto de tallo como de raíz, pasan por un máximo a los 77 días, para luego decrecer, mientras que el peso seco de tubérculo siempre es creciente frente a los días.

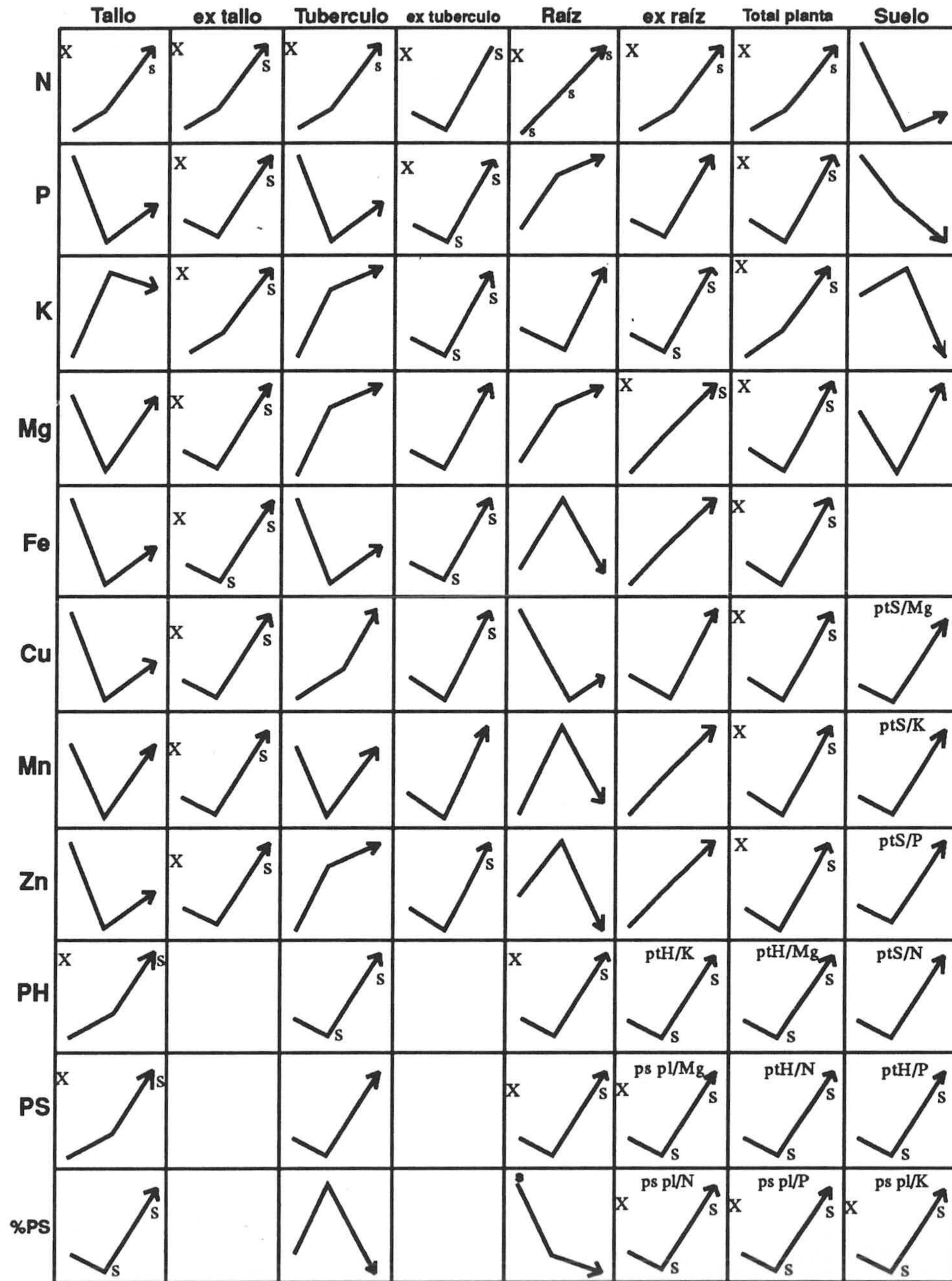
En general, los porcentajes de los distintos elementos en el tallo, raíz y tubérculo suelen ser decrecientes con los días, mientras que los pesos secos son crecientes lo que condiciona que las extracciones del tallo, tubérculo y planta en general sean crecientes con los días.

### **Crecimiento - Evolución frente a los niveles de Nitrógeno**

En la Gráfica F-19, se representan los resultados del análisis de la varianza aplicado a los contenidos de los diferentes elementos en planta y suelo en función de los niveles de nitrógeno aplicado como fertilizante.



Gráfica F - 19 -Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Nitrógeno .( CIDA 1990 )



No N1 N2

S - Diferencia significativa al 5%

X -Parámetro estadísticamente significativo



Las diferentes tendencias de variación se han agrupado considerando el nivel de fertilización que da el valor más elevado para cada parámetro. Estos niveles se indican en la tabla adjunta.

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	0
P		N <sub>2</sub>		N <sub>2</sub>	2	2	N <sub>2</sub>	0
K	1	N <sub>2</sub>	2	N <sub>2</sub>	2	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	1
Mg		N <sub>2</sub>	2	2	1	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	0
Fe		N <sub>2</sub>	0	N <sub>2</sub>	1	2	N <sub>2</sub>	<sup>pe p/N</sup> N <sub>2</sub>
Cu		N <sub>2</sub>	2	N <sub>2</sub>		2	N <sub>2</sub>	<sup>pe p/P</sup> N <sub>2</sub>
Mn		N <sub>2</sub>	0	2	1	2	N <sub>2</sub>	<sup>pe p/K</sup> N <sub>2</sub>
Zn		N <sub>2</sub>	2	2	1	2	N <sub>2</sub>	<sup>pe p/Mg</sup> N <sub>2</sub>
PH	N <sub>2</sub>		N <sub>2</sub>		N <sub>2</sub>		N <sub>2</sub>	<sup>pt H/N</sup> N <sub>2</sub> <sup>pt H/P</sup> N <sub>2</sub>
PS	N <sub>2</sub>				N <sub>2</sub>	<sup>pt s/N</sup>	N <sub>2</sub>	<sup>pt H/K</sup> N <sub>2</sub> <sup>pt H/Mg</sup> N <sub>2</sub>
%PS	N <sub>2</sub>					<sup>pt s/P</sup> 1	<sup>pt s/K</sup>	<sup>pt s/Mg</sup>

Nn - Diferencia significativa al 5%

n - Diferencia no significativa al 5%

Se observa como el único tratamiento que presenta diferencias significativas con los otros es el N<sub>2</sub>. Este tratamiento permite alcanzar los mayores contenidos de nitrógeno en todas las partes de la planta; hace que los pesos húmedo y seco de tallo y raíz sean significativamente mayores que para los otros tratamientos y también sean mayores el peso húmedo y seco de tubérculo, lo que condiciona que los contenidos totales de todos los elementos estudiados en el tallo, raíz y tubérculo sean también mayores.

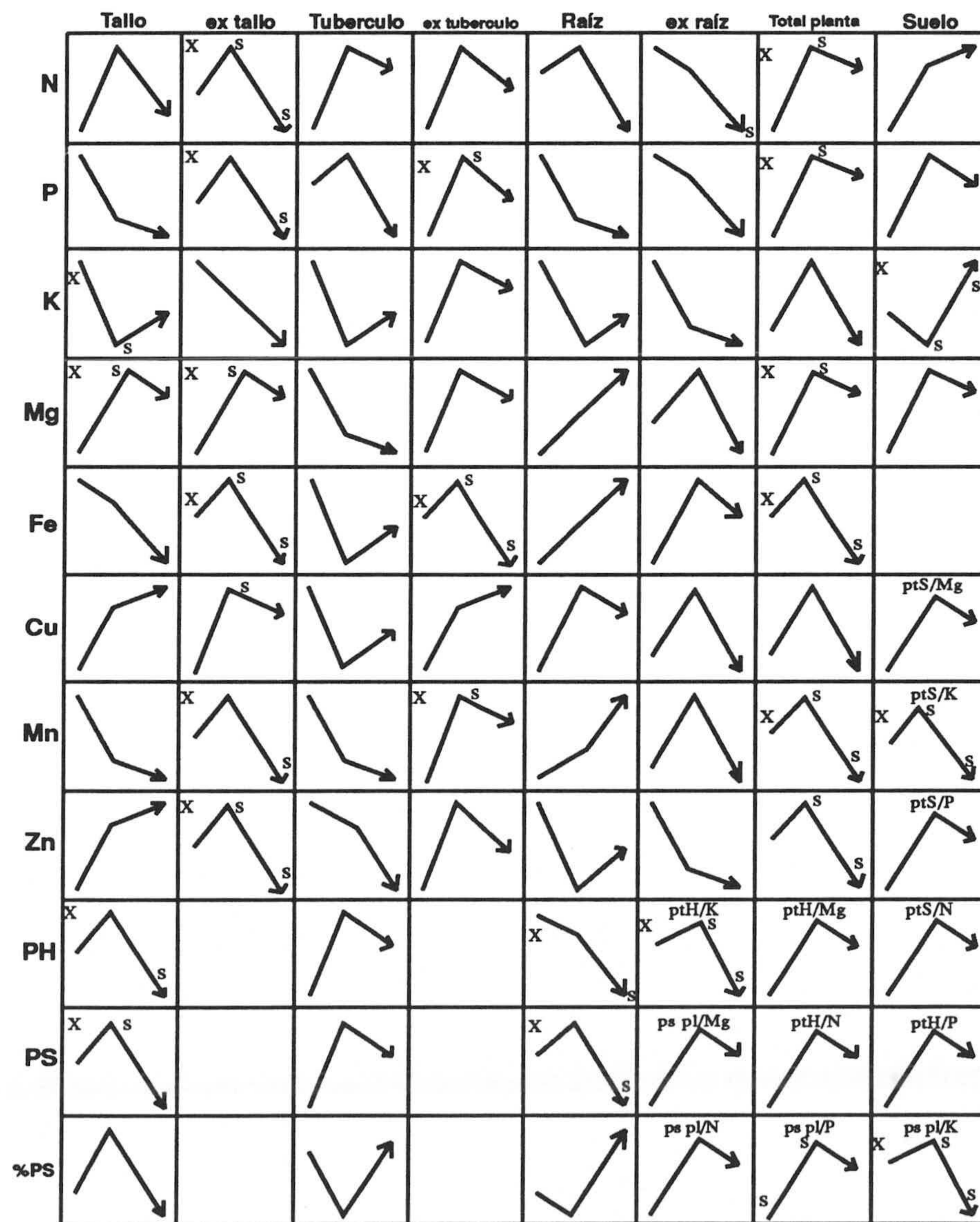
Como vemos, el nitrógeno afecta significativamente a los pesos de las diferentes partes de la planta, pero no de forma significativa a los porcentajes de composición elemental de la planta.



**Crecimiento - Evolución frente a los niveles de Potasio**

En la Gráfica F-20, se representan los resultados del análisis de la varianza, aplicado a los contenidos de los diferentes elementos en planta y suelo en función de los niveles de Potasio aplicado como fertilizante.

**Gráfica F- 20 -Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Potasio. ( CIDA 1990 )**



K<sub>0</sub> K<sub>1</sub> K<sub>2</sub>

S - Diferencia significativa al 5%

X -Parámetro estadísticamente significativo



Si consideramos para cada parámetro, el nivel de fertilizante que da el resultado más adecuado, tendríamos según la tabla adjunta.

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N		<b>K<sub>1</sub></b>		1		0	<b>K<sub>1</sub></b>	2
P		<b>K<sub>1</sub></b>		<b>K<sub>1</sub></b>		0	<b>K<sub>1</sub></b>	1
K	<b>K<sub>0</sub></b>	0		1		0	1	<b>K<sub>2</sub></b>
Mg	<b>K<sub>1</sub></b>	<b>K<sub>1</sub></b>		1		1	<b>K<sub>1</sub></b>	1
Fe		<b>K<sub>1</sub></b>		<b>K<sub>1</sub></b>		1	<b>K<sub>1</sub></b>	1 <small>pe pl/N</small>
Cu		<b>K<sub>1</sub></b>		2		1	1	<b>K<sub>1</sub></b> <small>pe pl/P</small>
Mn		<b>K<sub>1</sub></b>		<b>K<sub>1</sub></b>		1	<b>K<sub>1</sub></b>	<b>K<sub>1</sub></b> <small>pe pl/K</small>
Zn		<b>K<sub>1</sub></b>		1		0	<b>K<sub>1</sub></b>	1 <small>pe pl/Mg</small>
PH	<b>K<sub>1</sub></b>		1		<b>K<sub>0</sub></b>		1	1 <small>pe H/N</small>
PS	<b>K<sub>1</sub></b>		1		<b>K<sub>1</sub></b>	1	<b>K<sub>1</sub></b>	1 <small>pe H/K</small>
%PS						1	<b>K<sub>1</sub></b>	1 <small>pe S/P</small>

**Kn** - Diferencia significativa al 5%

**n** - Diferencia no significativa al 5%

Vemos como el tratamiento de fertilización potásica que presenta mayor número de diferencias significativas con los otros dos, siendo además sus resultados más elevados, es el tratamiento **K<sub>1</sub>**.

Además, este tratamiento permite alcanzar los mayores pesos tanto húmedo como seco de tallo y tubérculo, lo que condiciona que los contenidos totales de todos los elementos estudiados sean mayores con este tratamiento sobre todo en el tallo y en menor extensión en el tubérculo.

Las extracciones por parte de la planta, vienen condicionadas, en este caso, por las extracciones por parte del tallo.

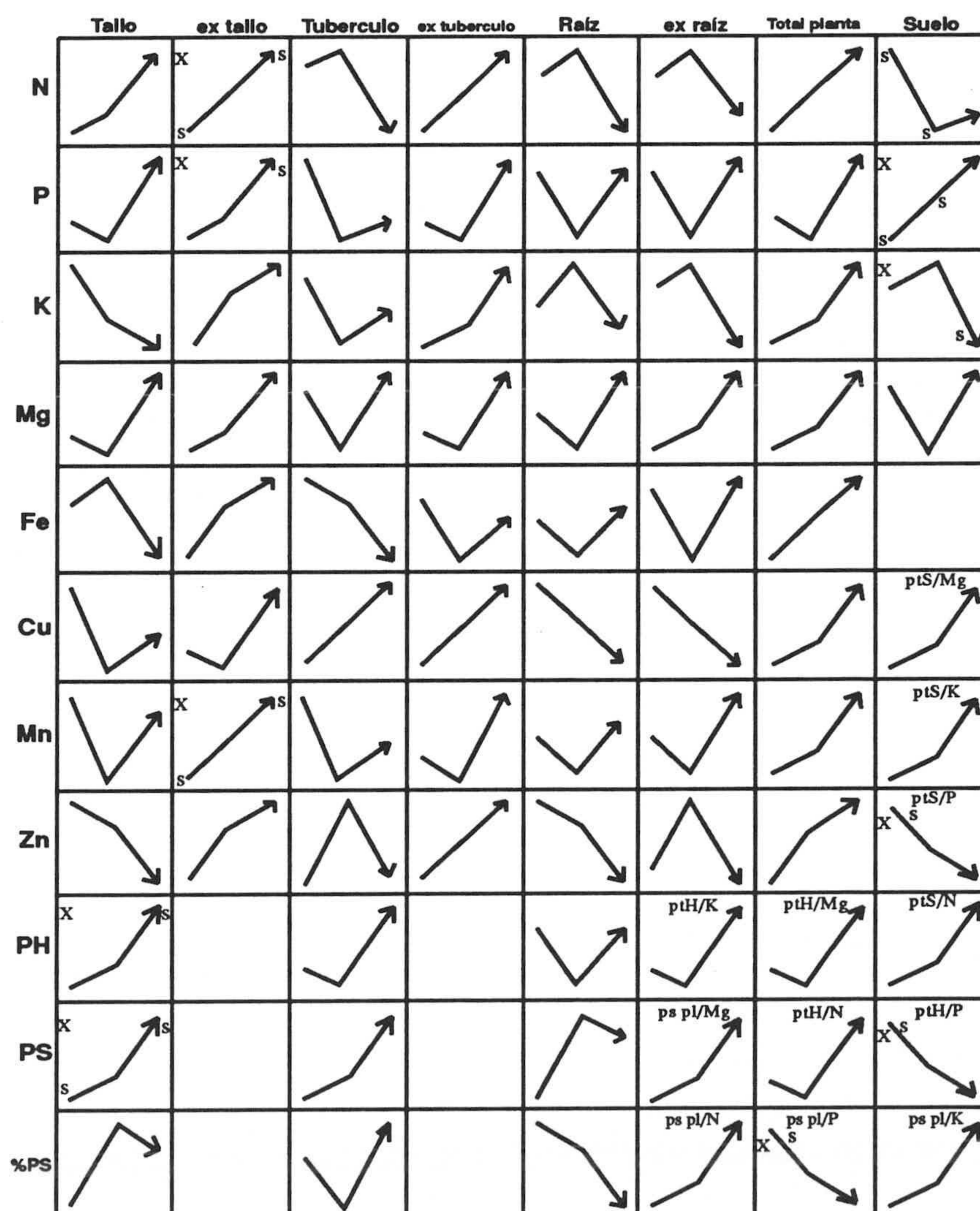
En general, podemos decir que el tratamiento de fertilización potásica **K<sub>1</sub>**, afectaría fundamentalmente al peso del tallo, y en menor proporción al del tubérculo, y no afecta, a la composición porcentual de los diferentes elementos estudiados en la planta.



**Crecimiento - Evolución frente a los niveles de Fósforo**

En la gráfica F-21, se representan los resultados del análisis de la varianza, aplicado a los contenidos de los diferentes elementos en planta y suelo en función de los niveles de Fósforo aplicado como fertilizante.

**Gráfica F - 21 -Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Fósforo. ( CIDA 1990 )**



P<sub>0</sub> P<sub>1</sub> P<sub>2</sub>

S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo



En la tabla adjunta se representa los niveles de Fósforo considerados más adecuados en función de las variaciones observadas en la figura 21.

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N		<b>P<sub>2</sub></b>		2			2	<b>P<sub>0</sub></b>
P		<b>P<sub>2</sub></b>		2			2	<b>P<sub>2</sub></b>
K		2		2			2	<b>P<sub>1</sub></b>
Mg		2		2			2	
Fe		2		0			2	<sup>pe p/N</sup> 2
Cu		2		2			2	<sup>pe p/P</sup> <b>P<sub>0</sub></b>
Mn		<b>P<sub>2</sub></b>		2			2	<sup>pe p/K</sup> 2
Zn		2		2			2	<sup>pe p/Mg</sup> 2
PH	<b>P<sub>2</sub></b>		2				<sup>pt H/N</sup> 2	<sup>pt H/P</sup> <b>P<sub>0</sub></b>
PS	<b>P<sub>2</sub></b>		2		1	<sup>pt S/N</sup> 2	<sup>pt H/K</sup> 2	<sup>pt H/Mg</sup> 2
%PS						<sup>pt S/P</sup> <b>P<sub>0</sub></b>	<sup>pt S/K</sup> 2	<sup>pt S/Mg</sup> 2

Pn - Diferencia significativa al 5%

n - Diferencia no significativa al 5%

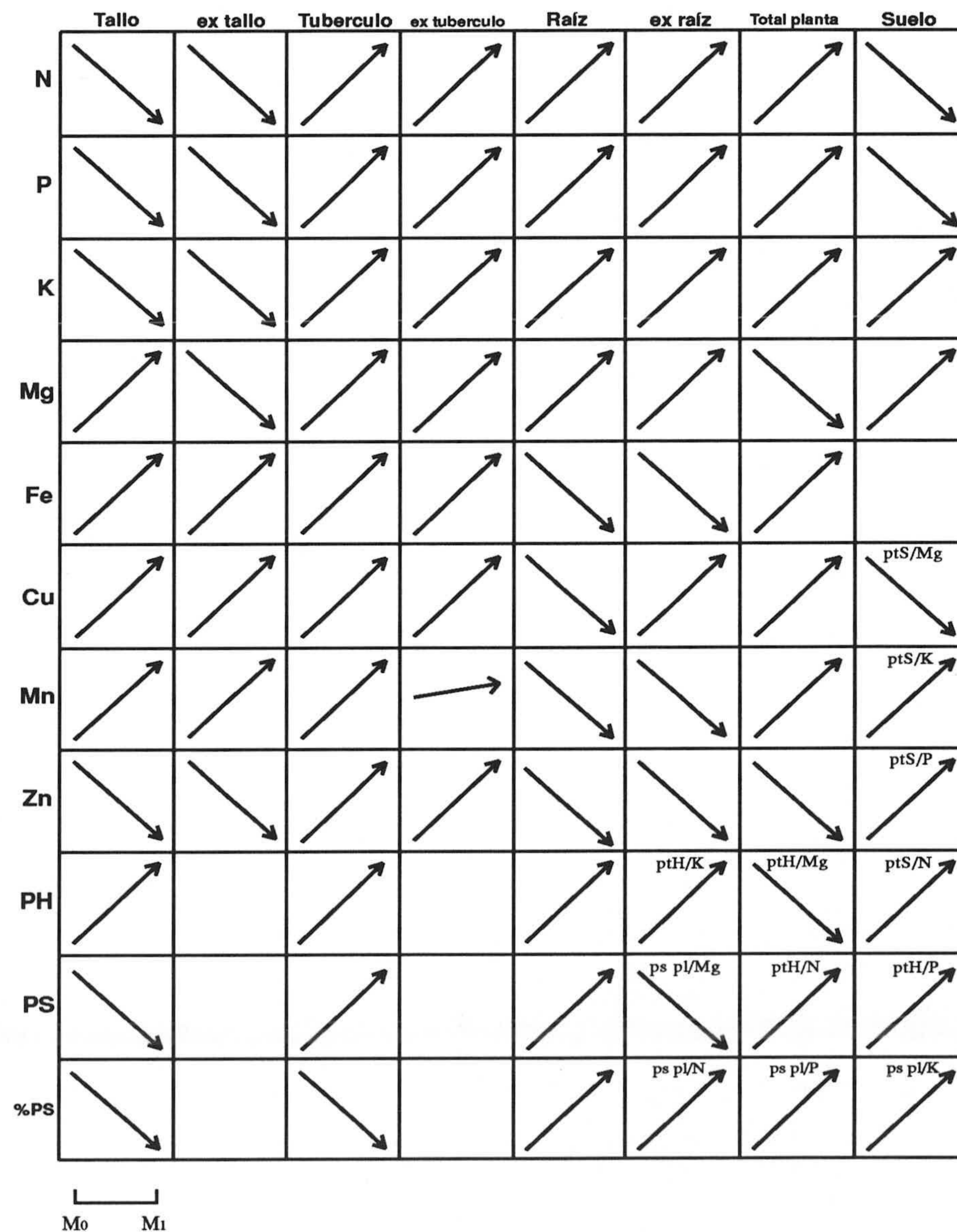
En este ensayo, destaca la escasa incidencia de la fertilización fosfórica. Solamente a nivel de tallo se presentan diferencias significativas entre el tratamiento P2 y los otros dos, aún cuando los pesos de tubérculo y los contenidos totales de los diferentes elementos en la planta tienden a ser mayores también con este tratamiento. Asimismo destaca el hecho de ser el tratamiento P2 el que tiende a aumentar la efectividad de los otros tipos de fertilización nitrogenada, potásica y magnésica.



**Crecimiento - Evolución frente a los niveles de Magnesio**

En la Gráfica F-22, se representan los resultados del análisis de la varianza, aplicado a los contenidos de los diferentes elementos en planta y suelo en función de los niveles de magnesio aplicado como fertilizante.

**Gráfica F - 22 -Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Magnesio.( CIDA 1990 )**





En función de las variaciones que se observan en esta figura, podemos representar los niveles de Magnesio más adecuados para cada parámetro según la tabla siguiente.

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N	0	0	1	1	1	1	1	0
P	0	0	1	1	1	1	1	0
K	0	0	1	1	1	1	1	1
Mg	1	0	1	1	1	1	0	1
Fe	1	1	1	1	0	0	1	<sup>pt p/N</sup> 1
Cu	1	1	1	1	0	1	1	<sup>pt p/P</sup> 1
Mn	1	1	1	1	0	0	1	<sup>pt p/K</sup> 1
Zn	0	0	1	1	0	0	0	<sup>pt p/Mg</sup> 0
PH	1		1		1		<sup>pt H/N</sup> 1	<sup>pt H/P</sup> 1
PS	0		1		1	<sup>pt S/N</sup> 1	<sup>pt H/K</sup> 1	<sup>pt H/Mg</sup> 0
%PS	0		0		1	<sup>pt S/P</sup> 1	<sup>pt S/K</sup> 1	<sup>pt S/Mg</sup> 0

n - Diferencia no significativa al 5%

No se presentan diferencias significativas entre tratamientos debido a la fertilización magnésica.

No obstante, el tratamiento M1 produce mayor peso de tallo, raíz y tubérculo, siendo los contenidos de todos los elementos estudiados en el tubérculo, mayores para este tratamiento.

En el tallo y en la raíz, existe una diferencia manifiesta entre macro y microelementos, pues mientras los contenidos de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio en la raíz son mayores con el tratamiento M1, los de Hierro, Cobre, Manganeso y Cinc, lo son con el tratamiento M0, y en el tallo ocurre lo contrario.

La efectividad de las fertilizaciones nitrogenada, fosfórica y potásica también se ve favorecida por el tratamiento M1, aunque no de manera significativa.

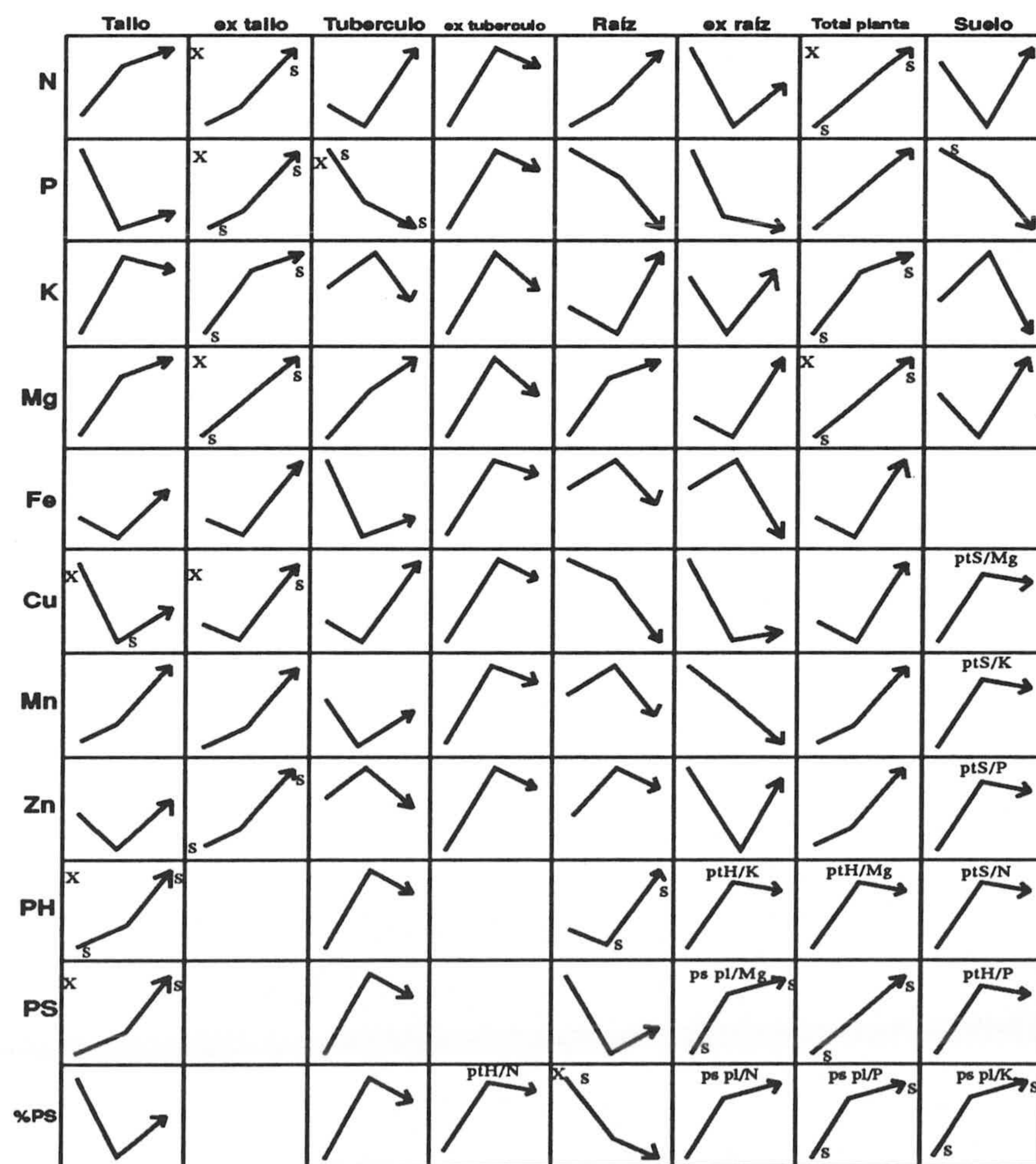


**Crecimiento - Niveles de Nitrógeno - días**

En las gráficas F-23, F-24, F-25 y F-26 se representan los resultados del análisis de la varianza aplicado a los contenidos de los diferentes elementos en las distintas partes de la planta y a los del suelo en función de los tratamientos de fertilización nitrogenada, potásica, fosfórica y magnésica, respectivamente aplicados, y diferenciándose cada estado vegetativo de la planta según los muestreos realizados.

**Gráfica F - 23 - Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Nitrógeno aplicado. ( CIDA 1990 )**

**Primer muestreo - 52 días ( Inicio de la tuberización )**



—|—|—  
No N1 N2

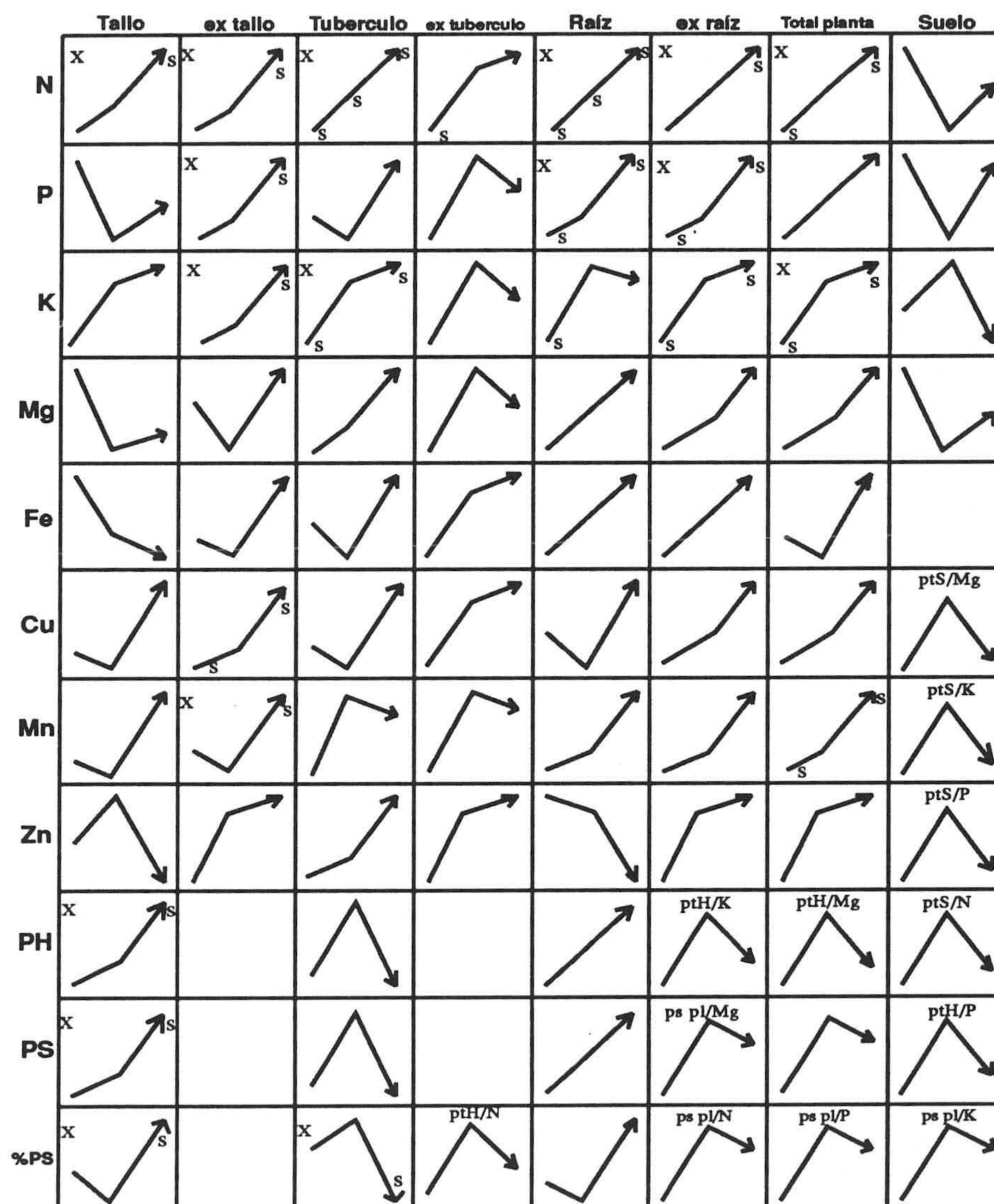
S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo



**Gráfica F - 23 - Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Nitrógeno aplicado. ( CIDA 1990 )**

**Segundo muestreo - 77 días ( 60% floración )**



No N1 N2

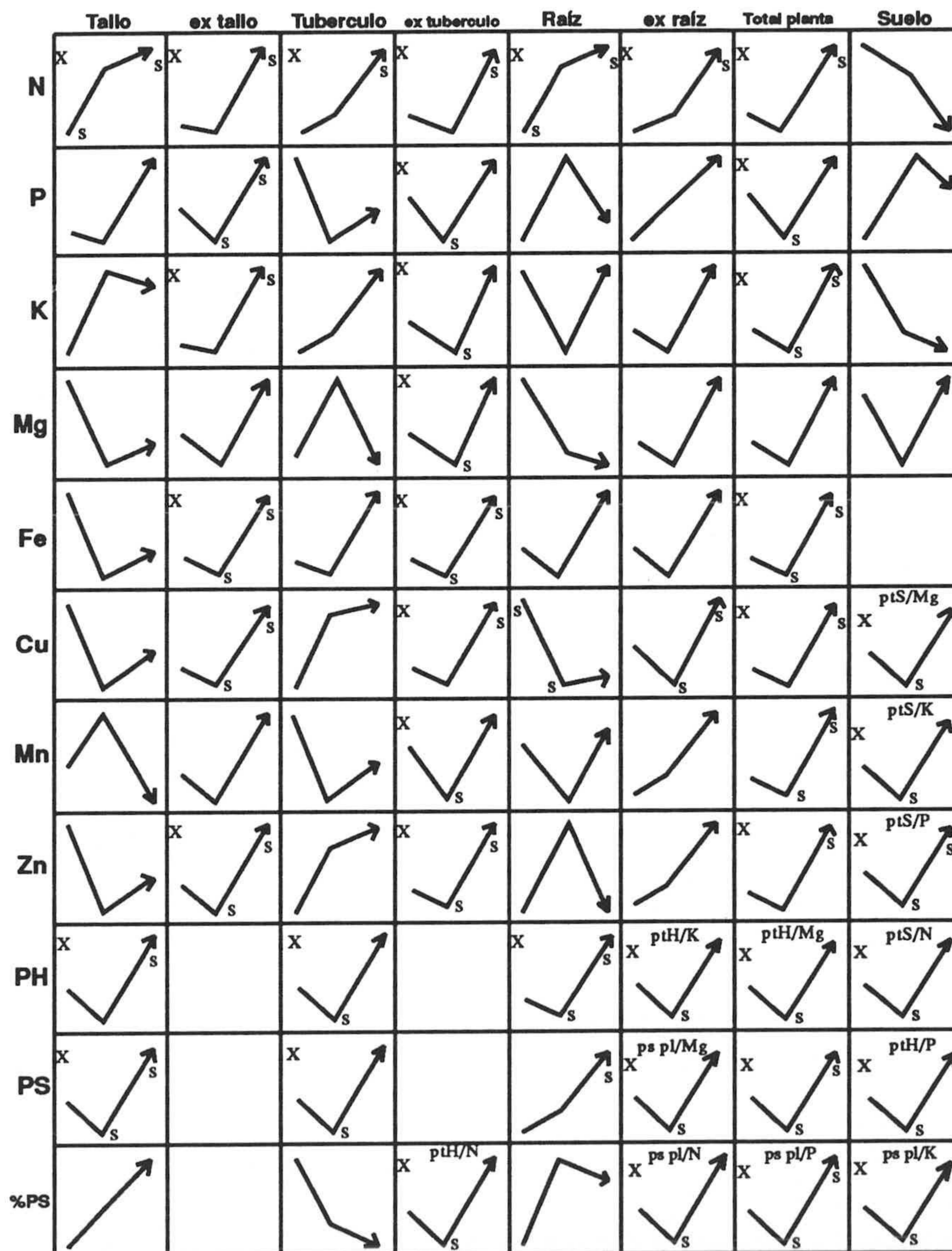
S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo



**Gráfica F - 23 - Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Nitrógeno aplicado. ( CIDA 1990 )**

**Tercer muestreo - 108 días ( Madurez )**



No N1 N2

S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo



Dada la variabilidad de tendencias, y al objeto de establecer la dosis de nitrógeno más adecuada en cada etapa del desarrollo de la planta, solamente se considera el tratamiento más adecuado para cada parámetro. Esto nos lleva a considerar, para cada muestreo, los niveles de fertilizante que se indican en las tablas adjuntas:

**Nitrógeno - 52 días**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N	2	N <sub>2</sub>	2	1	2	0	N <sub>2</sub>	0
P	0	N <sub>2</sub>	No	1	0	0	2	No
K	1	N <sub>2</sub>	1	1	0	0	N <sub>2</sub>	1
Mg	2	N <sub>2</sub>	2	1	2	0	N <sub>2</sub>	0
Fe	0	2	0	1	1	1	2	2
Cu	No	N <sub>2</sub>	2	1	0	0	2	N <sub>2</sub>
Mn	2	2	0	1	1	0	2	N <sub>2</sub>
Zn	0	N <sub>2</sub>	1	1	1	0	2	N <sub>2</sub>
PH	N <sub>2</sub>		1		N <sub>2</sub>		1	1
PS	N <sub>2</sub>		1		0	1	1	1
%PS	0		1		No	1	1	1

**Nitrógeno - 77 días**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	0
P	0	N <sub>2</sub>	2	1	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	2	0
K	2	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	1	1	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	1
Mg	0	2	2	1	2	2	2	0
Fe	0	2	2	2	2	2	2	1
Cu	2	N <sub>2</sub>	2	2	2	2	2	1
Mn	2	N <sub>2</sub>	1	1	2	2	N <sub>2</sub>	1
Zn	1	2	2	2	0	2	2	1
PH	N <sub>2</sub>		1		2	1	1	1
PS	N <sub>2</sub>		1		2	1	1	1
%PS	N <sub>2</sub>		1		2	1	1	1

Nn - Diferencia significativa al 5%

n - Diferencia no significativa al 5%



**Nitrógeno - 108 días**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N	<b>N<sub>2</sub></b>	<b>N<sub>2</sub></b>	<b>N<sub>2</sub></b>	<b>N<sub>2</sub></b>	<b>N<sub>2</sub></b>	<b>N<sub>2</sub></b>	<b>N<sub>2</sub></b>	<b>N<sub>0</sub></b>
P	2	<b>N<sub>2</sub></b>	0	<b>N<sub>02</sub></b>	1	2	<b>N<sub>02</sub></b>	1
K	1	<b>N<sub>2</sub></b>	2	<b>N<sub>02</sub></b>	0	2	<b>N<sub>2</sub></b>	0
Mg	0	2	1	<b>N<sub>02</sub></b>	0	2	2	0
Fe	0	<b>N<sub>2</sub></b>	2	<b>N<sub>2</sub></b>	0	2	<b>N<sub>2</sub></b>	<b>N<sub>02</sub></b>
Cu	0	<b>N<sub>2</sub></b>	2	<b>N<sub>2</sub></b>	<b>N<sub>0</sub></b>	<b>N<sub>2</sub></b>	<b>N<sub>2</sub></b>	<b>N<sub>2</sub></b>
Mn	0	2	0	<b>N<sub>02</sub></b>	0	2	<b>N<sub>2</sub></b>	<b>N<sub>02</sub></b>
Zn	0	<b>N<sub>2</sub></b>	2	<b>N<sub>2</sub></b>	1	2	<b>N<sub>2</sub></b>	<b>N<sub>02</sub></b>
PH	<b>N<sub>2</sub></b>		<b>N<sub>02</sub></b>		<b>N<sub>2</sub></b>		<b>N<sub>02</sub></b>	<b>N<sub>02</sub></b>
PS	<b>N<sub>2</sub></b>		<b>N<sub>02</sub></b>		<b>N<sub>2</sub></b>	<b>N<sub>02</sub></b>	<b>N<sub>02</sub></b>	<b>N<sub>02</sub></b>
%PS	2		0		1	<b>N<sub>2</sub></b>	<b>N<sub>02</sub></b>	<b>N<sub>02</sub></b>

Nn - Diferencia significativa al 5%

n - Diferencia no significativa al 5%

A los 52 días, solamente se manifiestan diferencias significativas en los pesos húmedo y seco del tallo entre el tratamiento N2 y los otros dos.

La influencia sobre el tallo condiciona las extracciones por la planta de todos los elementos estudiados.

En el tubérculo, sin embargo el tratamiento más efectivo sería el N1, aunque sin diferencias significativas con los otros dos.

A los 77 días, se sigue apreciando la influencia del Nitrógeno sobre los pesos del tallo y también sobre la raíz, siendo el tratamiento N2 el que presenta diferencias significativas con los otros dos. En el tubérculo, continúa siendo el tratamiento N1 el más efectivo.

Finalmente a los 108 días, en la madurez, tanto los pesos húmedos como secos de tallo, raíz y tubérculo son significativamente mayores con el tratamiento N2 que con los otros dos. En el tubérculo, el tratamiento N1 es ahora el menos efectivo.

En conjunto, podemos indicar que la fertilización nitrogenada afecta inicialmente a la producción de materia seca en el tallo, posteriormente en el tallo y raíz y finalmente en el tubérculo.



La afirmación anterior concuerda con los trabajos de **Millard ( 1989 )** sobre la partición del Nitrógeno dentro de la planta. Según este autor, la aplicación de Nitrógeno incrementa el crecimiento del tallo a los 55 días después de plantar, mientras que los pesos de tubérculos no se incrementan significativamente hasta la cosecha. Durante los últimos 28 días la proporción de nitrógeno se eleva en el tubérculo, mientras que se reduce en el tallo, lo que presupone un transvase de la parte aérea de la planta hacia la subterránea.

**Westermann ( 1988 )**, utilizando Nitrógeno marcado establece, que inicialmente éste se concentra en tallos y hojas mientras que al comienzo de la maduración de la planta un 80% del nitrógeno asimilado se encuentra en los tubérculos.

Los efectos de la fertilización nitrogenada son además, entre otros, el incremento de la concentración de Nitrógeno en hojas, tallos y tubérculos ( **Sharma U.C., 1987** ), ( **Huett, 1989** ) ( **Fecenko, 1989** ), sin aumentar el contenido de nitrógeno disponible en el suelo ( **Sharma U.C., 1988** ) ( **Evanylo, 1989** )

Nuestros resultados no son coincidentes con los indicados por **Sud ( 1990 )**, en relación a que la fertilización nitrogenada disminuye el contenido de potasio del suelo y aumenta el de nitrógeno en forma nítrica, pues varían según el momento de desarrollo de la planta que consideremos sin presentar diferencias significativas entre ellos.

Frente al potasio, nuestros resultados confirman la tesis de que la cantidad de potasio extraída por el cultivo se incrementa con los niveles de nitrógeno, ( **Furunes 1990** ), ( **Sharma U.C. 1990** ), mientras que discrepan de las ideas de **Sharma U.C. ( 1987 )** referentes a que la fertilización nitrogenada disminuye la concentración de potasio en tallos y tubérculos. ( **Sharma RC 1988** ), ( **Guerra 1985** ).

En relación al fósforo, el efecto de la fertilización nitrogenada es discutido en la bibliografía.

Así para **Sharma U.C. ( 1987 )**, el nitrógeno no afecta al contenido de fósforo en tallos y tubérculos, mientras que para **Sharma RC ( 1988 )**, si se incrementa el contenido de fósforo en el tubérculo.

En nuestro ensayo, los porcentajes de fósforo en tallo y tubérculo, no varían significativamente con la fertilización nitrogenada.



Los incrementos de nitrógeno aplicado como fertilizante, hacen que aumenten las extracciones de fósforo de tallos y tubérculos ( **Sharma U.C. 1990** ). En nuestro caso, los incrementos significativos se dan en el tallo y no en el tubérculo.

Para el resto de los elementos estudiados, podemos indicar que la fertilización nitrogenada incrementa las extracciones de magnesio, hierro, cobre, manganeso y cinc por parte del tallo, y en menor extensión por parte de la planta, y no afecta, de manera significativa, a los porcentajes de dichos elementos en las diferentes partes de la planta.

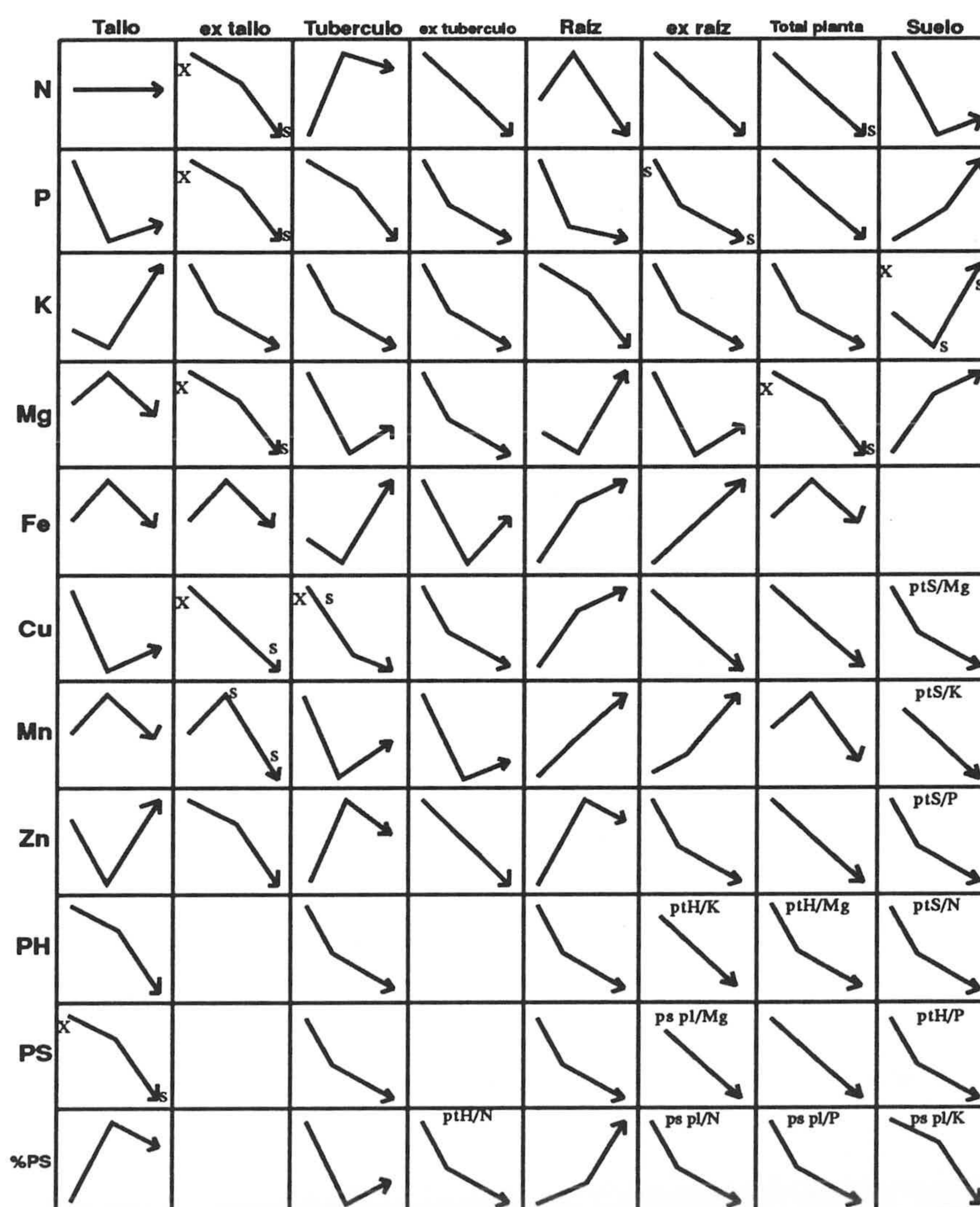


**Crecimiento - Niveles de Potasio - días**

En relación a la fertilización potásica, hemos de considerar la gráfica F-24.

**Gráfica F - 24 -Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Potasio aplicado. ( CIDA 1990 )**

**Primer muestreo - 52 días ( Inicio de la tuberización )**



K<sub>0</sub> K<sub>1</sub> K<sub>2</sub>

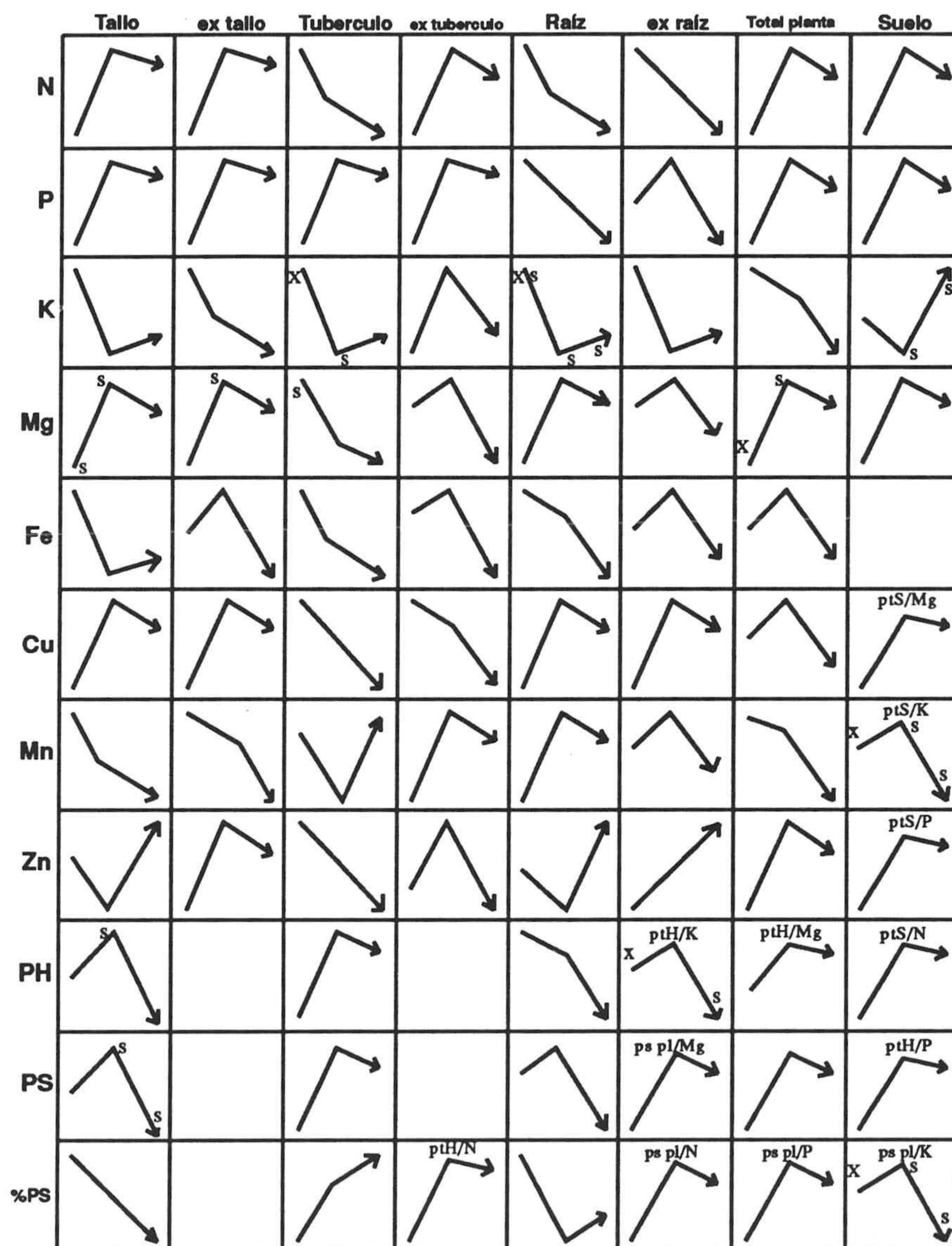
S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo



Gráfica F - 24 -Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Potasio aplicado. ( CIDA 1990 )

Segundo muestreo - 77 días ( 60% floración )



K<sub>0</sub> K<sub>1</sub> K<sub>2</sub>

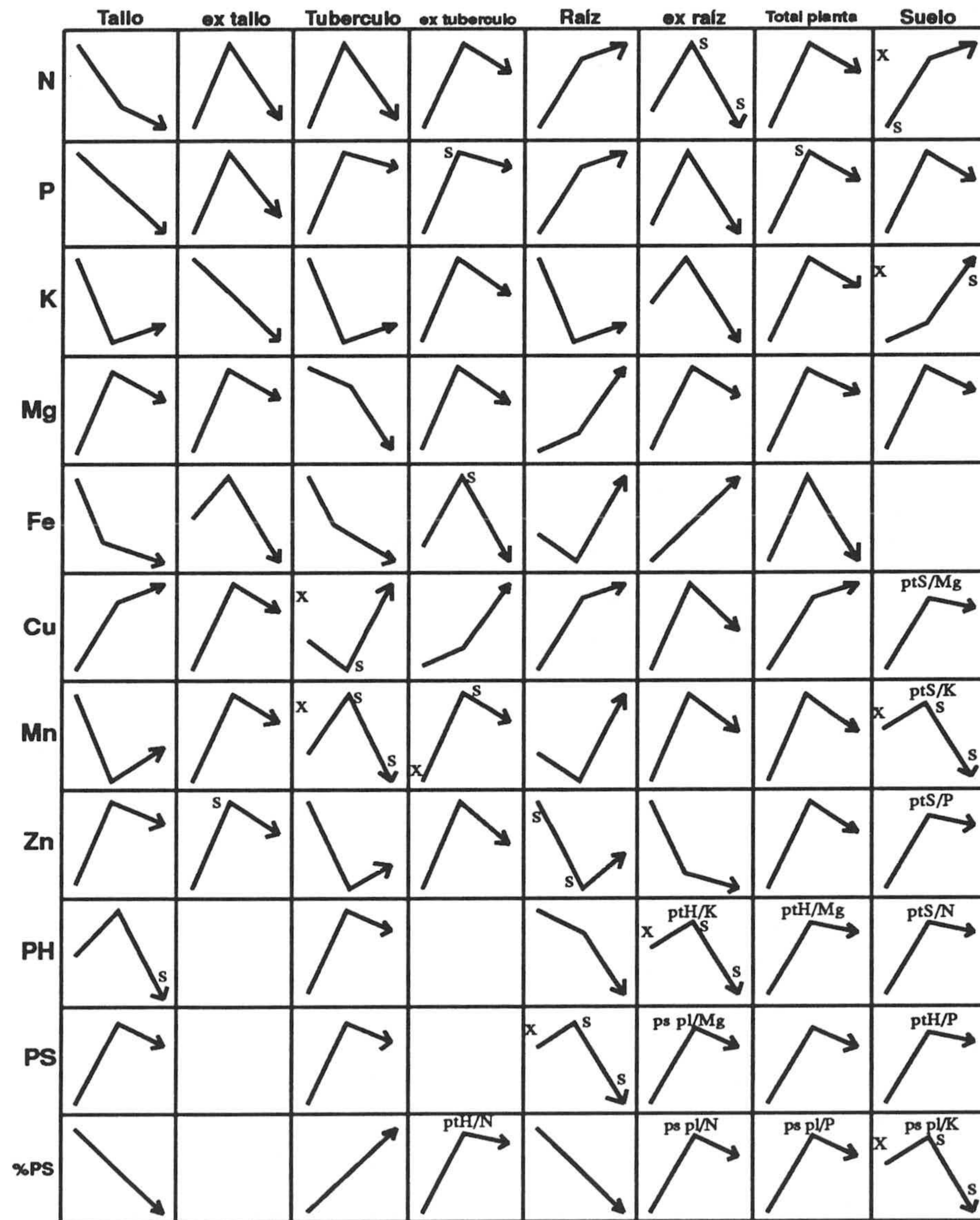
S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo



Gráfica F - 24 -Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Potasio aplicado. ( CIDA 1990 )

Tercer muestreo - 108 días ( Maduración )



K<sub>0</sub> K<sub>1</sub> K<sub>2</sub>

S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo



A la vista de las tendencias observadas en la figura, hemos considerado que, para cada parámetro, el tratamiento que resulta más adecuado, en cada momento, sería el indicado en las tablas adjuntas.

**Potasio - 52 días**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N	0	<b>K<sub>0</sub></b>	1	0	1	0	<b>K<sub>0</sub></b>	0
P	0	<b>K<sub>0</sub></b>	0	0	0	<b>K<sub>0</sub></b>	0	2
K	2	0	0	0	0	0	0	<b>K<sub>2</sub></b>
Mg	1	<b>K<sub>0</sub></b>	0	0	2	0	<b>K<sub>0</sub></b>	2
Fe	1	1	2	0	2	2	1	0
Cu	0	<b>K<sub>0</sub></b>	<b>K<sub>0</sub></b>	0	2	0	0	0
Mn	1	<b>K<sub>1</sub></b>	0	0	2	2	1	<b>K<sub>0</sub></b>
Zn	0	0	1	0	1	0	0	0
PH	0		0		0	0	0	0
PS	<b>K<sub>0</sub></b>		0		0	0	0	0
%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0		0		2	0	0	0

**Potasio - 77 días**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N	1	1	0	1	0	0	1	1
P	1	1	1	1	0	1	1	1
K	0	0	<b>K<sub>0</sub></b>	1	<b>K<sub>0</sub></b>	0	0	<b>K<sub>2</sub></b>
Mg	<b>K<sub>1</sub></b>	<b>K<sub>1</sub></b>	<b>K<sub>0</sub></b>	1	1	1	<b>K<sub>1</sub></b>	1
Fe	0	1	0	1	0	1	1	1
Cu	1	1	0	0	1	1	1	1
Mn	0	0	0	1	1	1	0	<b>K<sub>1</sub></b>
Zn	0	1	0	1	0	2	1	1
PH	<b>K<sub>1</sub></b>		1		0	1	1	1
PS	<b>K<sub>1</sub></b>		1		1	1	<b>K<sub>1</sub></b>	1
%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0		1		0	1	<b>K<sub>1</sub></b>	1

Kn - Diferencia significativa al 5%

n - Diferencia no significativa al 5%



**Potasio - 108 días**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N	0	1	1	1	2	<b>K<sub>1</sub></b>	1	<b>K<sub>1</sub></b>
P	0	1	1	<b>K<sub>1</sub></b>	2	1	<b>K<sub>1</sub></b>	1
K	0	0	0	1	0	1	1	<b>K<sub>2</sub></b>
Mg	1	1	0	1	2	1	1	1
Fe	0	1	0	<b>K<sub>1</sub></b>	2	2	1	1
Cu	1	1	<b>K<sub>02</sub></b>	2	2	1	2	1
Mn	0	1	<b>K<sub>1</sub></b>	<b>K<sub>1</sub></b>	2	1	1	<b>K<sub>1</sub></b>
Zn	1	<b>K<sub>1</sub></b>	0	1	<b>K<sub>0</sub></b>	0	1	1
PH	1		1		0	1	1	1
PS	1		1		<b>K<sub>1</sub></b>	1	<b>K<sub>1</sub></b>	1
%Pb	0		2		0	1	<b>K<sub>1</sub></b>	1

**Kn** - Diferencia significativa al 5%

**n** - Diferencia no significativa al 5%

A los 52 días, destaca la escasa incidencia de la fertilización potásica que no produce diferencias significativas entre tratamientos.

A los 77 días, el tratamiento K1 produce mayor peso tanto húmedo como seco de tallo, siendo a su vez más efectivo para la producción de tubérculo que los otros dos tratamientos.

A los 108 días, tampoco se pone de manifiesto de manera clara el efecto de la fertilización potásica, siendo el tratamiento K1 el de mayor producción relativa de tubérculo y planta, por unidad de fertilizante agregado.

Esto nos lleva a considerar este nivel K1 como el más adecuado, aún cuando, no de manera concluyente.

El efecto de la fertilización potásica es diferente según la variedad, ( Skala, 1989 ), y varía según los años, ( Cepl, 1991 ), con lo que, algunos años, la respuesta no es significativa ( Sharma RC,1987 )



Esta variabilidad condiciona la respuesta, con lo que los distintos autores consultados indican resultados contradictorios.

Así **Sharma U.C. (1988)**, indica que la aplicación de Potasio hace que se incremente su disponibilidad en el suelo, como se confirma en nuestro ensayo, mientras que en la planta, reduce el contenido de materia seca del tubérculo para unos, (**Castro, 1988**), (**Somorowska, 1987**), y la aumenta para otros, (**Saikia, 1987**), (**Krishnappa 1989**) (**Anand, 1989**).

En nuestro caso, la respuesta sobre el contenido de materia seca, no presenta diferencias significativas entre tratamientos.

La aplicación de Potasio aumenta según **Giroux (1986)**, **Köppen (1990)**, (**Omran, 1991**) el contenido del mismo en los tubérculos y las extracciones correspondientes. (**Somorowska, 1987**), (**Sud, 1991**) (**Loué, 1977**) (**Sharma U.C., 1991**)

Para **Sharma U.C. (1991)**, el incremento del contenido de Potasio se produce en el tallo y no en el tubérculo.

En nuestro ensayo no se confirman ninguna de las tesis anteriores.

Frente a otros elementos, **Sharma U.C. (1989)**, indica que la fertilización potásica no afecta a la concentración de Fósforo en el tallo y tubérculo, ni a la del Nitrógeno en el tubérculo, pero el Nitrógeno del tallo tiende a disminuir. En nuestro ensayo no se manifiesta ninguna influencia de la fertilización potásica sobre los porcentajes de nitrógeno y fósforo en las diferentes partes de la planta, siendo también aquella muy escasa sobre los porcentajes de magnesio, hierro, cobre, manganeso y cinc del tallo, raíz y tubérculo.

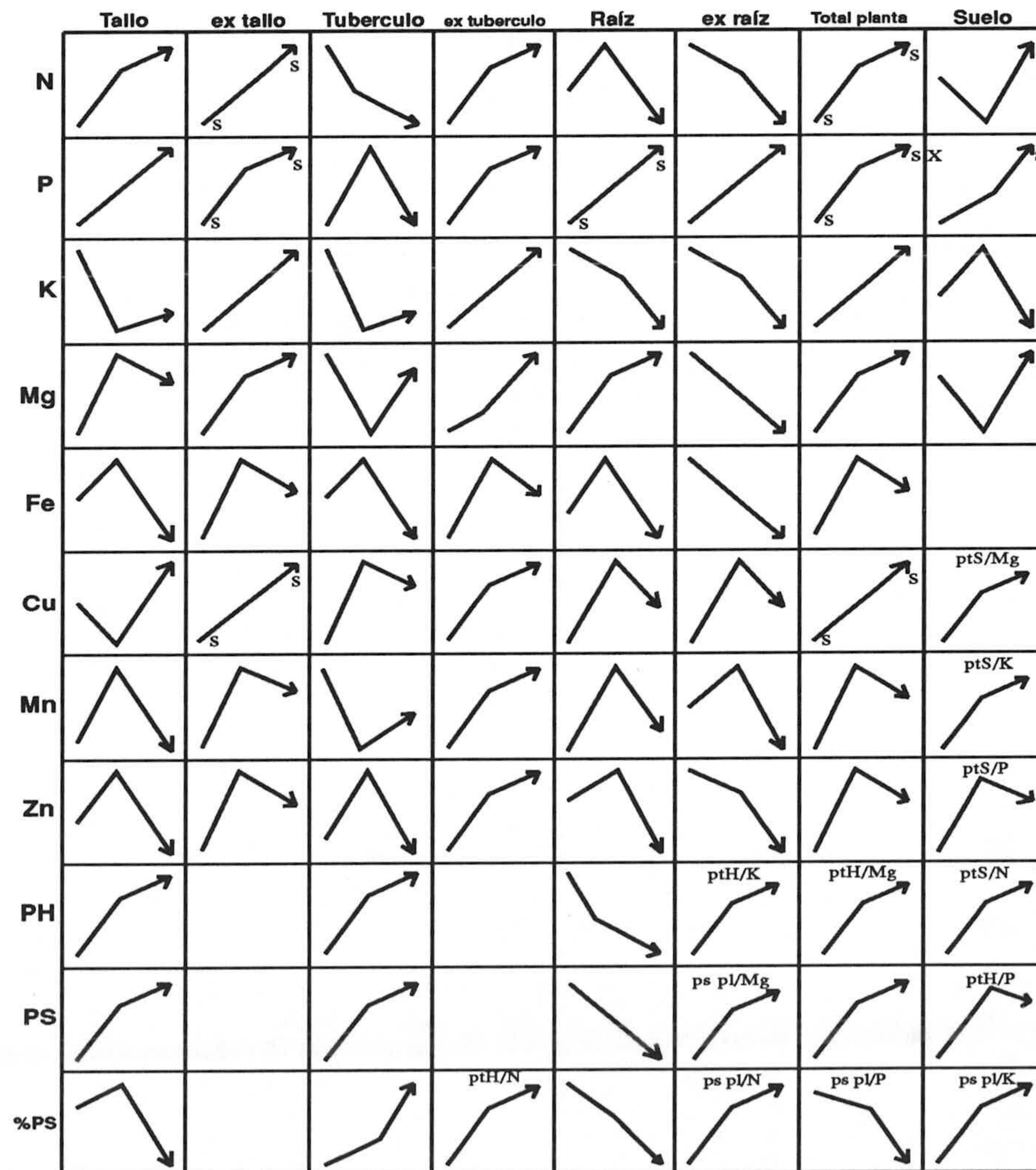


**Crecimiento - Niveles de Fósforo - días**

Con respecto a la fertilización fosfórica, el análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en cada muestreo frente a las dosis de Fósforo se resum en en la gráfica F - 25

**Gráfica F - 25 -Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Fósforo aplicado. ( CIDA 1990 )**

**Primer muestreo - 52 días ( Inicio de la tuberización )**



P<sub>0</sub> P<sub>1</sub> P<sub>2</sub>

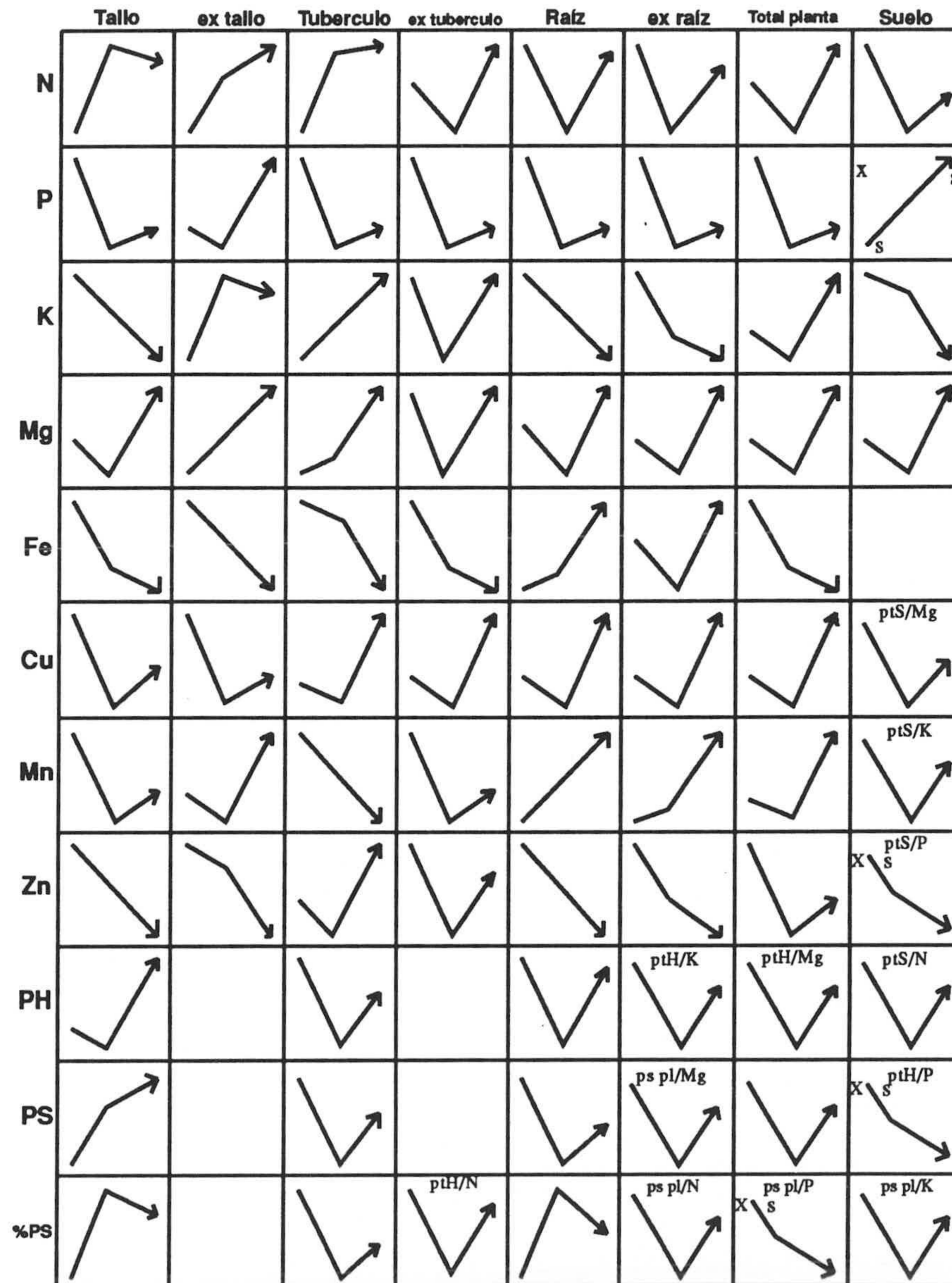
S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo



Gráfica F - 25 -Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Fósforo aplicado. ( CIDA 1990 )

Segundo muestreo - 77 días ( 60% floración )



P<sub>0</sub> P<sub>1</sub> P<sub>2</sub>

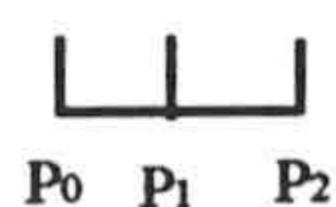
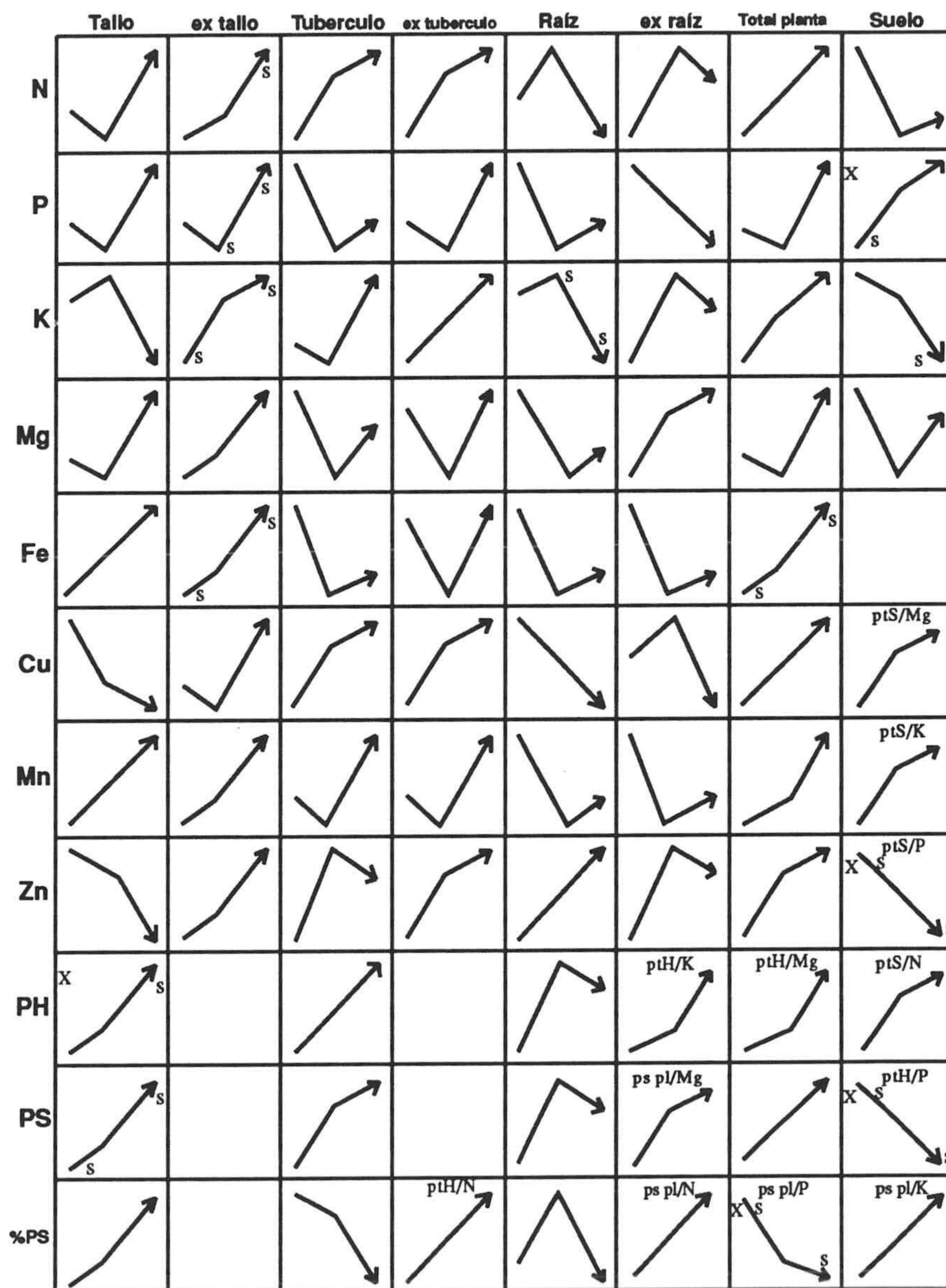
S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo



**Gráfica F - 25 - Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Fósforo aplicado. ( CIDA 1990 )**

**Tercer muestreo - 108 días ( Madurez )**



S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo



De la misma manera que se ha hecho para el Nitrógeno y el Potasio, si representamos solamente aquel tratamiento que resultaría más adecuado para cada parámetro, y diferenciamos los tres estados de desarrollo de la planta, según los muestreos realizados, obtenemos las tablas siguientes que nos dan idea del nivel de Fósforo adecuado a cada etapa.

**Fósforo - 52 días**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Plata	ex plata	Total planta	Suelo
N	2	P <sub>2</sub>	0	2	1	0	P <sub>2</sub>	0
P	2	P <sub>2</sub>	1	2	P <sub>2</sub>	2	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>
K	0	2	0	2	0	0	2	1
Mg	1	1	0	2	2	0	2	0
Fe	1	1	1	1	1	0	1	2
Cu	0	P <sub>2</sub>	1	2	1	1	P <sub>2</sub>	0
Mn	1	1	0	2	1	1	1	2
Zn	1	1	1	2	1	0	1	2
PH	2		2		0	2	2	1
PS	2		2		0	2	2	2
%P	1		2		0	1	2	2

**Fósforo - 77 días**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Plata	ex plata	Total planta	Suelo
N	1	2	1	0	0	0	0	0
P	0	2	0	0	0	0	0	P <sub>2</sub>
K	0	1	2	0	0	0	0	0
Mg	2	2	2	0	2	2	2	0
Fe	0	0	0	0	2	2	0	0
Cu	0	0	2	0	2	2	0	P <sub>0</sub>
Mn	0	2	0	0	2	2	2	0
Zn	0	0	2	0	0	0	0	0
PH	2		0		0	0	0	P <sub>0</sub>
PS	2		0		0	0	0	0
%P	1		0		1	P <sub>0</sub>	0	0

Pn - Diferencia significativa al 5%

n - Diferencia no significativa al 5%



**Fósforo - 108 días**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Rafz	ex rafz	Total planta	Suelo
N	0	<b>P<sub>2</sub></b>	2	2	1	1	2	0
P	0	<b>P<sub>2</sub></b>	0	2	0	0	2	<b>P<sub>2</sub></b>
K	1	<b>P<sub>2</sub></b>	2	2	<b>P<sub>1</sub></b>	1	2	0
Mg	0	2	0	0	0	2	2	0
Fe	2	<b>P<sub>2</sub></b>	0	0	0	0	<b>P<sub>2</sub></b>	<sup>pt P/N</sup> 2
Cu	0	2	2	2	0	1	2	<b>P<sub>0</sub></b>
Mn	2	2	2	2	0	0	2	<sup>pt P/K</sup> 2
Zn	0	2	1	2	2	1	2	<sup>pt P/Mg</sup> 2
PH	<b>P<sub>2</sub></b>		2		1	2	2	<b>P<sub>0</sub></b>
PS	<b>P<sub>2</sub></b>		2		1	2	2	2
%PS	2		0		1	<b>P<sub>0</sub></b>	2	2

Pn - Diferencia significativa al 5%

n - Diferencia no significativa al 5%

En general, destaca la escasa incidencia de la fertilización fosfórica que no produce diferencias significativas entre tratamientos. En el suelo, el tratamiento P2 eleva significativamente los niveles de fósforo frente a los otros dos tratamientos en todos los muestreos.

En la planta, el tratamiento P2 consigue que las extracciones de Nitrógeno, Fósforo y Potasio correspondientes al tallo sean significativamente mayores que para los otros dos tratamientos, tanto a los 52 días como a los 108 días, siendo también mayores las producciones relativas de tubérculo por unidad de fertilizante nitrogenado, potásico o magnésico, aunque no de manera significativa.

Esto nos lleva a considerar el tratamiento P2 como más adecuado, aunque no de forma concluyente frente al P0.

La fertilización fosfórica según la mayoría de los autores consultados, incrementa la producción. ( Maier 1989 ), ( Sharma U.C. 1989, 1990 ), ( Locascio 1990 ), ( Fontes 1991) aunque para Sharma RC ( 1987 ) la respuesta no es significativa.

El incremento de la producción no se correlaciona con la concentración de fósforo existente en el suelo ( Maier 1989 )



Sin embargo, la aplicación de fósforo hace que aumente su disponibilidad en el suelo. ( **Sharma UC 1988** ), ( **Locascio 1990** ) aun cuando la efectividad de la fertilización fosfórica depende del contenido asimilable existente en el suelo, ( **Gosek 1984** )

A nivel de planta, se indica que con la fertilización fosfórica crecen las extracciones de Fósforo, ( **Sud 1991** ), aumenta la concentración de fósforo en hojas ( **Fontes 1991** ) raíces ( **Locascio 1990** ) y tubérculos ( **Sharma U.C. 1989** ), se incrementa el contenido de materia seca del tubérculo ( **Sharma RC 1981** ) y se reduce el contenido de cinc en el tubérculo ( **Srikumar 1990** ), ( **Locascio 1990** ), extremos todos estos que no se confirman en nuestro ensayo, por la inexistencia de diferencias significativas entre tratamientos.



**Crecimiento - Niveles de Magnesio - días**

En relación a la fertilización magnésica, Gráfica F-26, resume los resultados del análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de magnesio aplicado como fertilizante y para cada uno de los elementos realizados.

**Gráfica F - 26 -Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Magnesio aplicado.( CIDA 1990 )**

**Primer muestreo - 52 días ( Inicio de la tuberización )**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N	↘	↘	↗	→	↗	↗	→	↗
P	↗	↗	↗	→	↘	↗	→	↗
K	↘	↘	↗	↘	x ↗ s ↘	↗	↘	↗
Mg	↗	↗	↗	↘	↗	↗	↗	↗
Fe	↗	↗	↗	↗	↘	↘	↗	
Cu	x ↗ s ↘	↗	↗	↗	↘	↘	↗	ptS/Mg
Mn	↗	↗	↗	↗	↘	↘	↗	ptS/K
Zn	s ↗ x ↘	↘	↗	→	↘	↗	↘	ptS/P
PH	↗		↘		x ↗ s ↘	ptH/K	ptH/Mg	ptS/N
PS	↘		↘		↗	ps pl/Mg	ps pl	ptH/P
%PS	↘		↘	ptH/N	↗	ps pl/N	ps pl/P	ps pl/K



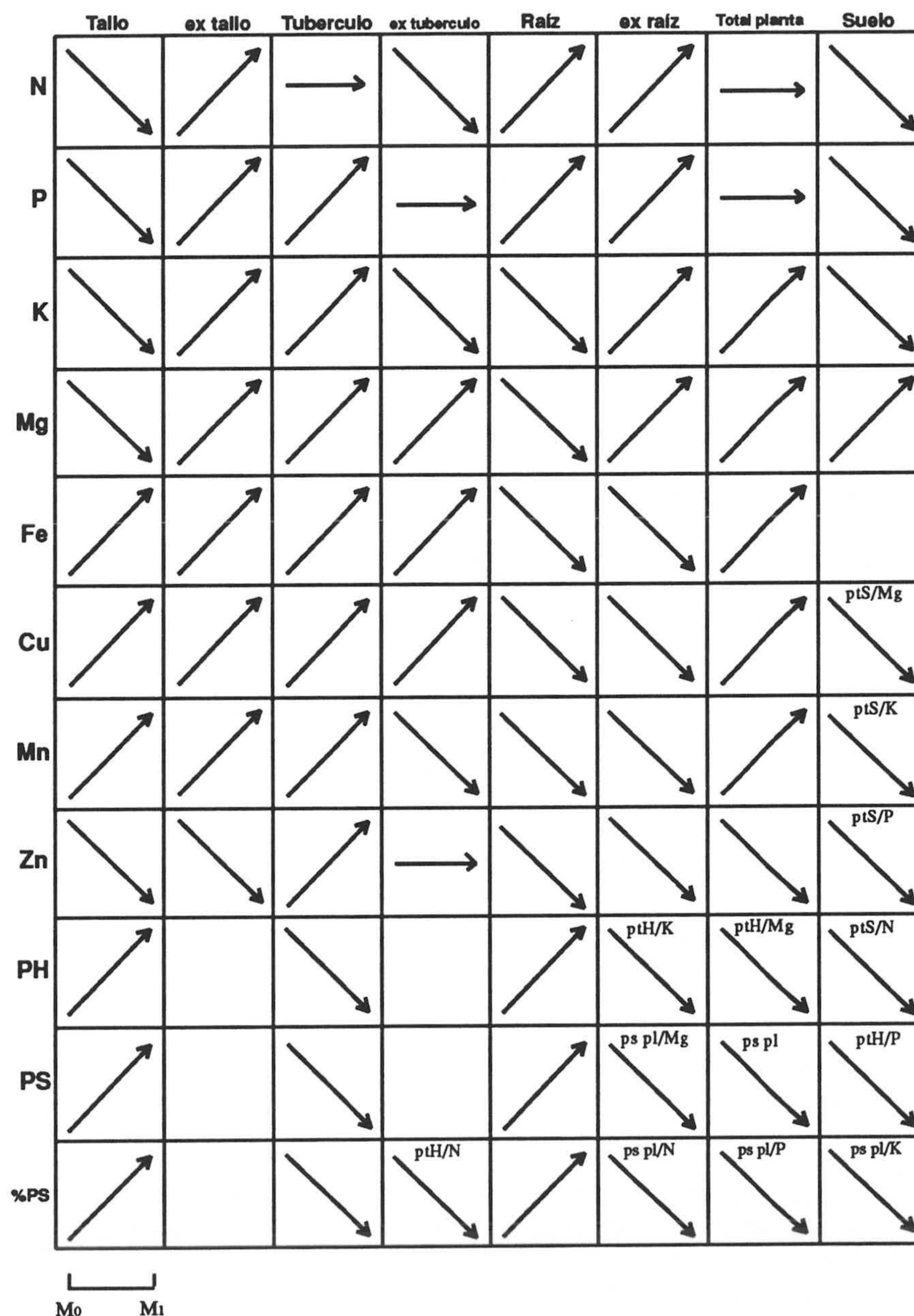
S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo



Gráfica F - 26 -Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Magnesio aplicado.( CIDA 1990 )

Segundo muestreo - 77 días ( 60% floración )





Gráfica F - 26 -Análisis de la varianza de los contenidos de nutrientes en planta y suelo frente a las dosis de Magnesio aplicado.( CIDA 1990 )

Tercer muestreo - 108 días ( Madurez )

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N	↗	↘	→	↗	↘	↗	↗	↘
P	↘	↘	↗	↗	↗	↗	↗	↘
K	↗	↘	↗	↗	↘	↗	↗	↗
Mg	↗	↘	↗	↗	↗	↗	↘	↗
Fe	↘	↘	↗	↗	↗	↗	↘	
Cu	↗	↘	↗	↗	x ↗ s	↗	↗	ptS/Mg
Mn	↘	↘	↘	↗	↗	↗	↘	ptS/K
Zn	↘	↘	↗	↗	↘	↗	↗	ptS/P
PH	↘		↗		↗	ptH/K	ptH/Mg	ptS/N
PS	↘		↗		↗	ps pl/Mg	ps pl	ptH/P
%PS	↘		↗	ptH/N	↗	ps pl/N	ps pl/P	ps pl/K



S - Diferencia significativa al 5%

X - Parámetro estadísticamente significativo



Si solamente consideramos el nivel de fertilizante que resultaría más adecuado para cada parámetro y en cada uno de los muestreos realizados, obtendríamos la tabla que se indica a continuación y que nos representa los niveles de Magnesio a aplicar en cada etapa.

**Magnesio - 52 días**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N	0	0	1	0	1	1	0	1
P	1	1	1	0	0	1	0	1
K	0	0	1	0	M1	1	0	1
Mg	1	1	1	0	1	1	1	1
Fe	1	1	1	1	0	0	1	0
Cu	M1	1	1	1	0	0	1	0
Mn	1	1	1	1	0	0	1	0
Zn	M0	0	1	0	0	1	0	0
PH	1		0		M1	0	0	0
PS	0		0		1	0	0	0
%Ps	0		0		1	0	0	0

**Magnesio - 77 días**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N	0	1	1	0	1	1	0	0
P	0	1	1	0	1	1	1	0
K	0	1	1	0	0	1	1	0
Mg	0	1	1	1	0	1	1	1
Fe	1	1	1	1	0	0	1	0
Cu	1	1	1	1	0	0	1	0
Mn	1	1	1	0	0	0	1	0
Zn	0	0	1	0	0	0	0	0
PH	1		0		1	0	0	0
PS	1		0		1	0	0	0
%Ps	1		0		1	0	0	0

Mn - Diferencia significativa al 5%

n - Diferencia no significativa al 5%



**Magnesio - 108 días**

	Tallo	ex tallo	Tuberculo	ex tuberculo	Raíz	ex raíz	Total planta	Suelo
N	1	0	0	1	0	1	1	0
P	0	0	1	1	1	1	1	0
K	1	0	1	1	0	1	1	1
Mg	1	0	1	1	1	1	0	1
Fe	0	0	1	1	1	1	0	1
Cu	1	0	1	1	<b>M1</b>	1	1	1
Mn	0	0	0	1	0	1	0	1
Zn	0	0	1	1	0	1	1	1
PH	0		1		1	1	1	1
PS	0		1		1	1	1	1
%PS	0		1		1	1	1	1

A la vista de la tabla anterior, hemos de considerar prácticamente nula la incidencia de la fertilización magnésica en nuestro ensayo.

En el suelo, el tratamiento M1 eleva el nivel de Magnesio frente al otro tratamiento; y en la planta, el tratamiento M1 consigue aumentar los pesos húmedo y seco de raíz, y las extracciones de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio correspondientes a la raíz a los 52 días; los pesos húmedo y seco de raíz y tallo y las extracciones de todos los elementos estudiados en el tallo, y de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio correspondientes a la raíz a los 77 días; y los pesos húmedo y seco de raíz y tubérculo y las extracciones de todos los elementos estudiados en la raíz y tubérculo a los 108 días, frente al tratamiento M0.

Asimismo el tratamiento M1 consigue que los porcentajes de todos los elementos estudiados en el tubérculo sean superiores a los del otro tratamiento.

Las producciones de tubérculo por unidad de fertilizante ya sea nitrogenado, fosfórico, potásico o magnésico son mayores a los 52 días y 77 días para el tratamiento M0 y a los 108 días para el tratamiento M1.

Esto nos lleva a considerar el tratamiento M1 como adecuado para el desarrollo de la raíz en todos los muestreos, del tallo en la floración y del tubérculo en la madurez.

El efecto de la fertilización magnésica es escasamente tratado en la bibliografía con



resultados contradictorios.

Así **Khurana ( 1990 )**, no obtiene respuesta con la fertilización magnésica aplicada ya sea la suelo, a las semillas o a través de las hojas, al igual que **Giroux ( 1986 )**, mientras que **Kiss ( 1989 )** indica que se incrementan los rendimientos.

El magnesio disponible en el suelo se reduce en ausencia de fertilizante magnésico y se incrementa la reserva en 19 mg/Kg con una dosis de 44 Kg/ha y año ( **Skala 1989** )

Para **Giroux ( 1986 )**, el magnesio no afecta al contenido de potasio y magnesio del tubérculo, mientras que para **Kiss ( 1989 )**, con la fertilización magnésica, se incrementa el contenido de fósforo y magnesio del tubérculo; asimismo según **Sharma RC ( 1981 )**, el magnesio incrementa el contenido de materia seca del tubérculo, extremos que no han sido confirmados por nuestro ensayo.



Ecuaciones - CIDA 1990

Este ensayo de fertilización se complementa analizando las ecuaciones correspondientes a las extracciones de los distintos elementos, en función de los días transcurridos desde la siembra, y considerando los diversos tratamientos de fertilización ensayados.

Ecuación general

$$Ex Y_t = C_t d^{nt}$$

Ex Y = Extracciones totales del elemento considerado ( 100 planta)

t = Tratamientos 1 - 12

d = días después de la siembra

C,n = coeficientes diferentes para cada tratamiento

Extracciones de Nitrógeno - días

		Coefficiente correlación	R <sup>2</sup>	Fratio	Significación
Media	ex $\bar{N} = 0,10896 d^{1,719}$	0,858	73,61%	320,8	0,0001%
P0 M0 N0 K0	ex $N_1 = 0,68787 d^{1,222}$	0,830	68,82%	15,45	0,57%
P0 M0 N2 K2	ex $N_2 = 0,06153 d^{1,844}$	0,890	79,20%	26,66	0,13%
P0 M1 N2 K2	ex $N_3 = 0,05604 d^{1,873}$	0,882	77,88%	24,64	0,16%
P2 M1 N1 K2	ex $N_4 = 0,35491 d^{1,435}$	0,803	64,41%	12,67	0,92%
P1 M0 N2 K2	ex $N_5 = 0,13025 d^{1,682}$	0,871	75,81%	21,94	0,22%
P1 M1 N2 K2	ex $N_6 = 0,05315 d^{1,906}$	0,937	87,80%	50,38	0,02%
P2 M0 N2 K2	ex $N_7 = 4,8081 d^{-129,2}$	0,924	85,47%	41,17	0,04%
P2 M1 N2 K2	ex $N_8 = 0,08003 d^{1,811}$	0,918	84,35%	86,21	0,0001%
P2 M1 N0 K2	ex $N_9 = 0,03797 d^{1,899}$	0,927	85,93%	42,74	0,03%
P2 M1 N0 K1	ex $N_{10} = 0,06445 d^{1,849}$	0,916	83,97%	36,67	0,05%
P2 M1 N1 K1	ex $N_{11} = 0,30910 d^{1,462}$	0,814	66,24%	13,73	0,76%
P2 M1 N2 K1	ex $N_{12} = 4,8460 d^{-114,9}$	0,916	83,88%	36,43	0,05%



<b>Extracciones de Potasio - días</b>		<b>Coefficiente correlación</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Fratio</b>	<b>Significación</b>
Media	ex $\bar{K} = 0,23331 d^{1,627}$	0,841	70,75%	278,18	0,0001%
O	ex $K_1 = 0,89899 d^{1,276}$	0,759	57,57%	9,50	1,78%
N2 K2	ex $K_2 = 0,20303 d^{1,663}$	0,865	74,81%	20,79	0,26%
M1 N2 K2	ex $K_3 = 0,18475 d^{1,676}$	0,854	72,88%	18,81	0,34%
P2 M1 N1 K2	ex $K_4 = 0,8911 d^{1,326}$	0,800	64,02%	12,45	0,96%
P1 N2 K2	ex $K_5 = 0,14141 d^{1,738}$	0,825	68,02%	14,89	0,62%
P1 M1 N2 K2	ex $K_6 = 0,15031 d^{1,747}$	0,913	83,38%	35,12	0,06%
P2 N2 K2	ex $K_7 = 0,32204 d^{1,578}$	0,907	82,29%	32,53	0,07%
P2 M1 N2 K2	ex $K_8 = 0,17511 d^{1,704}$	0,890	79,31%	61,32	0,0001%
P2 M1 K2	ex $K_9 = 0,05554 d^{1,921}$	0,913	83,43%	35,24	0,06%
P2 M1 K1	ex $K_{10} = 0,14954 d^{1,723}$	0,900	81,10%	30,03	0,09%
P2 M1 N1 K1	ex $K_{11} = 0,61867 d^{1,366}$	0,723	52,27%	7,66	2,77%
P2 M1 N2 K1	ex $K_{12} = 0,1873 d^{1,733}$	0,936	87,69%	49,88	0,02%



<b>Extracciones de Fósforo - días</b>		<b>Coefficiente correlación</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Fratio</b>	<b>Significación</b>
Media	ex $\bar{P} = 1,128 \cdot 10^{-3} d^{2,229}$	0,898	80,73%	481,8	0,0001%
P0 M0 N0 K0	ex $P_1 = 1,425 \cdot 10^{-2} d^{1,594}$	0,821	67,47%	14,52	0,66%
N2 K2	ex $P_2 = 0,444 d^{-15,02}$	0,897	80,41%	28,72	0,1%
M1 N2 K2	ex $P_3 = 0,514 d^{-18,5}$	0,926	85,75%	42,11	0,03%
P2 M1 N1 K2	ex $P_4 = 1,089 \cdot 10^{-2} d^{1,695}$	0,829	68,68%	15,35	0,58%
P1 N2 K2	ex $P_5 = 0,351 d^{-9,36}$	0,866	75,08%	21,09	0,25%
P1 M1 N2 K2	ex $P_6 = 4,938 \cdot 10^{-4} d^{2,422}$	0,936	87,60%	49,44	0,02%
P2 N2 K2	ex $P_7 = 0,587 d^{-21,95}$	0,950	90,33%	65,41	0,009%
P2 M1 N2 K2	ex $P_8 = 7,736 \cdot 10^{-4} d^{2,322}$	0,928	86,10%	99,12	0,0001%
P2 M1 K2	ex $P_9 = 0,482 d^{-18,59}$	0,974	94,94%	131,5	0,001%
P2 M1 K1	ex $P_{10} = 0,568 d^{-19,86}$	0,897	80,54%	28,96	0,1%
P2 M1 N1 K1	ex $P_{11} = 0,378 d^{-9,79}$	0,849	72,03%	18,03	0,38%
P2 M1 N2 K1	ex $P_{12} = 1,948 \cdot 10^{-3} d^{2,164}$	0,959	92,04%	80,94	0,004%



**Extracciones de Magnesio - días**

		Coefficiente correlación	R <sup>2</sup>	Fratio	Significación
Media	ex $\bar{Mg} = 0,0168 d^{1,754}$	0,821	67,46%	238,46	0,0001%
O	ex $Mg_1 = 0,1392 d^{1,174}$	0,842	70,89%	17,04	0,44%
N2 K2	ex $Mg_2 = 0,016 d^{1,742}$	0,807	65,10%	13,05	0,86%
M1 N2 K2	ex $Mg_3 = 0,0094 d^{1,881}$	0,868	75,37%	21,42	0,24%
P2 M1 N1 K2	ex $Mg_4 = 0,1031 d^{1,310}$	0,709	50,25%	7,07	3,25%
P1 N2 K2	ex $Mg_5 = 0,0526 d^{1,470}$	0,801	64,22%	12,56	0,94%
P1 M1 N2 K2	ex $Mg_6 = 0,0176 d^{1,757}$	0,883	77,89%	24,66	0,16%
P2 N2 K2	ex $Mg_7 = 0,0042 d^{2,118}$	0,926	85,83%	42,40	0,03%
P2 M1 N2 K2	ex $Mg_8 = 0,0127 d^{1,839}$	0,904	81,69%	71,39	0,0001%
P2 M1 K2	ex $Mg_9 = 0,0026 d^{2,125}$	0,917	84,16%	37,20	0,05%
P2 M1 K1	ex $Mg_{10} = 0,0046 d^{2,098}$	0,898	80,78%	29,41	0,1%
P2 M1 N1 K1	ex $Mg_{11} = 0,0174 d^{1,764}$	0,861	74,07%	19,99	0,29%
P2 M1 N2 K1	ex $Mg_{12} = 0,03 d^{1,680}$	0,892	79,57%	27,27	0,12%

Extracciones de Cobre					
Media	ex $\bar{Cu} = 0,00152 d^{-0,04165}$	0,826	68,19%	246,55	0,0001%
Extracciones de Hierro					
Media	ex $\bar{Fe} = 0,8339 d^{0,367}$	0,289	8,38%	10,51	0,15%
Extracciones de Manganeso					
Media	ex $\bar{Mn} = 8,922 \cdot 10^{-3} d^{0,813}$	0,579	33,56%	58,07	0,0001%
Extracciones de Cinc					
Media	ex $\bar{Zn} = 1,32 \cdot 10^{-4} d^{1,728}$	0,895	80,09%	426,73	0,0001%



<b>Peso húmedo de tubérculos - días</b>		<b>Coefficiente correlación</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Fratio</b>	<b>Significación</b>
Media	pt $\bar{pH}$ = 12,554 d -578,6	0,914	83,50%	582	0,0001%
O	pH pt <sub>1</sub> = 9,161 d -383,1	0,879	77,30%	23,8	0,18%
N2 K2	pH pt <sub>2</sub> = 12,404 d -573,3	0,936	87,67%	49,8	0,02%
M1 N2 K2	pH pt <sub>3</sub> = 12,657 d -588,4	0,949	90,11%	63,8	0,009%
P2 M1 N1 K2	pH pt <sub>4</sub> = 10,290 d -414,3	0,834	69,62%	16	0,52%
P1 N2 K2	pH pt <sub>5</sub> = 11,269 d -514,4	0,965	93,17%	95,5	0,002%
P1 M1 N2 K2	pH pt <sub>6</sub> = 14,933 d -738,3	0,968	93,67%	103,5	0,002%
P2 N2 K2	pH pt <sub>7</sub> = 14,946 d -714,3	0,984	96,89%	218	0,0001%
P2 M1 N2 K2	pH pt <sub>8</sub> = 12,725 d -589,5	0,956	91,33%	168	0,0001%
P2 M1 K2	pH pt <sub>9</sub> = 12,729 d -627,2	0,944	89,07%	57,0	0,01%
P2 M1 K1	pH pt <sub>10</sub> = 13,753 d -629,6	0,896	80,26%	28,5	0,11%
P2 M1 N1 K1	pH pt <sub>11</sub> = 9,201 d -363,5	0,809	65,59%	13,3	0,81%
P2 M1 N2 K1	pH pt <sub>12</sub> = 16,413 d -796,5	0,968	93,76%	105	0,002%



<b>Peso seco de tubérculos - días</b>		<b>Coefficiente correlación</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Fratio</b>	<b>Significación</b>
Media	pt $\bar{pS} = 2,659$ d -125,3	0,919	84,58%	630,9	0,0001%
O	pS pt <sub>1</sub> = 1,815 d -76,5	0,839	70,44%	16,68	0,47%
N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	pS pt <sub>2</sub> = 2,704 d -127,9	0,939	88,14%	52,05	0,02%
M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	pS pt <sub>3</sub> = 2,653 d -126,3	0,968	93,71%	104,30	0,002%
P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	pS pt <sub>4</sub> = 2,282 d -97,1	0,869	75,48%	21,55	0,24%
P <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	pS pt <sub>5</sub> = 2,392 d -111,3	0,967	93,48%	100,39	0,002%
P <sub>1</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	pS pt <sub>6</sub> = 3,237 d -163,6	0,971	94,23%	114,28	0,001%
P <sub>2</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	pS pt <sub>7</sub> = 3,089 d -150,7	0,987	97,41%	263,54	0,0001%
P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	pS pt <sub>8</sub> = 2,665 d -126,2	0,965	93,07%	214,72	0,0001%
P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	pS pt <sub>9</sub> = 2,680 d -132,8	0,957	91,69%	77,26	0,005%
P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	pS pt <sub>10</sub> = 2,961 d -138	0,889	79,05%	26,41	0,13%
P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	pS pt <sub>11</sub> = 2,024 d -83,4	0,826	68,24%	15,04	0,61%
P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	pS pt <sub>12</sub> = 3,403 d -168,1	0,976	95,19%	138,64	0,001%



<u>Extracciones del tubérculo - días</u>	Coefficiente correlación	R <sup>2</sup>	Fratio	Significación
Ex pt N = 4,295 d -205,9	0,923	85,15%	659,6	0,0001%
Ex pt P = 0,5028 d -23,59	0,903	81,64%	511	0,0001%
Ex pt K = 5,242 d -240,9	0,909	82,62%	547	0,0001%
Ex pt Mg = 0,323 d -15,3	0,923	85,29%	666,89	0,0001%
Ex pt Fe = 0,0122d -0,543	0,867	75,28%	350	0,0001%
Ex pt Cu = 1,37 10 <sup>-3</sup> d -0,068	0,899	80,79%	483	0,0001%
Ex pt Mn = 2,08 10 <sup>-3</sup> d -0,097	0,887	78,72%	425	0,0001%
Ex pt Zn = 4,57 10 <sup>-3</sup> d -0,225	0,926	85,86%	698	0,0001%

Las extracciones por la planta de los diferentes elementos estudiados varían, frente a los días transcurridos desde la siembra, según un modelo multiplicativo con altos coeficientes de correlación, mayores de 0,8 y con un alto grado de significación lo que nos indica la bondad del ajuste salvo para el caso de las extracciones de hierro y manganeso para las que el modelo no es correcto totalmente.

Los pesos, tanto húmedo como seco, de tubérculos varían según un modelo lineal, al igual que las extracciones, por parte del tubérculo, de todos los elementos estudiados, con un alto grado de correlación y significación.



Si consideramos dos momentos del ciclo de la patata cuales son la floración y la madurez y comparamos entre sí los valores obtenidos para cada tratamiento, podemos ordenar de mayor a menor los tratamientos según su producción, tal y como se indica en la tabla siguiente.

Tratamientos	Extracciones de nitrógeno		Extracciones de potasio		Extracciones de fósforo		Extracciones de magnesio	
	100 d	70 d	100 d	70 d	100 d	70 d	100 d	70 d
	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	P <sub>2</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>
P <sub>2</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>1</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> K <sub>1</sub>
P <sub>1</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>1</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>
P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>1</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>1</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>
P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>1</sub> K <sub>1</sub>
M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>1</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>1</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	

Tratamientos	Peso húmedo de tubérculo		Peso seco de tubérculo	
	100 d	70 d	100 d	70 d
	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>1</sub>
P <sub>2</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	
P <sub>1</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	
P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	P <sub>1</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	P <sub>1</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	
P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	
M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>1</sub> N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	

Observamos como el tratamiento P<sub>2</sub>M<sub>1</sub>N<sub>2</sub>K<sub>1</sub> es el más productivo a nivel de tubérculo y el que produce mayores extracciones de nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio. Sin embargo, hemos de destacar otros tratamientos que consiguen también buenos rendimientos como son: P<sub>2</sub>N<sub>2</sub>K<sub>2</sub>, P<sub>1</sub>M<sub>1</sub>N<sub>2</sub>K<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>M<sub>1</sub>K<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>M<sub>1</sub>N<sub>2</sub>K<sub>2</sub>







P2 - 154,4Kg/ha P2 O5

M1 - 38Kg/ha Mg O

K1 - 50,37 Kg/ha K2 O

N2 K1 - 154 Kg/ha N

50,37 Kg/ha K2 O

N2 K2 - 154 Kg/ha N

201,5 Kg/ha K2 O



# **CONCLUSIONES**



- 1 - Ninguno de los métodos de evaluación existentes nos proporcionan resultados válidos y acordes con los datos de producción obtenidos.

El modelo de regresión que mejor se ajusta ( 66% ) a los datos de producción de nuestros suelos es:

$$\text{Producción ( Kg/m}^2\text{)} = 8,47 [\text{textura}] - 0,28 [\text{C/N}] + 0,028 [\text{CO}_3^-] - 0,909 [\text{pH}] \\ + 0,955[\text{Na}] - 11[\text{N}] + 0,99 [\text{Corg}] - 0,051[\text{CIC}] + 0,897 [\text{K}]$$

Si consideramos cada variedad independientemente, los modelos de regresión son diferentes. Así para la variedad Jaerla el modelo que mejor se ajusta ( 99% ) a los datos de producción es:

$$\text{Producción( Kg/m}^2\text{)} = 0,123[\text{P}] + 9,867[\text{textura}] - 0,168 [\text{C/N}] - 0,65[\text{pH}] - 10,29[\text{N}] \\ + 0,917[\text{K}] + 0,0118 [\text{CO}_3^-] + 0,0158 [\text{CIC}] - 0,845$$

Las texturas francas, relaciones Carbono / Nitrógeno inferiores a 10, contenidos de Carbonatos superiores al 35%, pH inferiores a 7,6, Capacidad de Intercambio Catiónico superiores a 16,5 Cmol Kg<sup>-1</sup>, contenido de Potasio superiores a 0,65 Cmol Kg<sup>-1</sup> y de Fósforo superiores a 8 mg / 100 gr son los parámetros del suelo que ejercen una influencia mayor sobre la producción.

Para la variedad Red Pontiac el modelo que mejor se ajusta ( 98% ) a los datos de producción es:

$$\text{Producción ( Kg/m}^2\text{)} = 0,0497 [\text{CO}_3^-] - 4,292[\text{pH}] - 0,357 [\text{C/N}] - 0,678[\text{Mg}] \\ + 16,38[\text{N}] + 0,186 [\text{CIC}] + 34,69$$

En este caso, la textura ejerce una menor influencia y en cambio interviene el Magnesio cuyos contenidos deben ser inferiores a 3,25 Cmol Kg<sup>-1</sup>



- 2 - En la experiencia de riego, sin someter al cultivo a un estrés hídrico, se ha puesto de manifiesto que el riego aumenta el peso y el número de tubérculos de tamaño comercial, así como que la producción de tubérculos grandes varía según un modelo lineal frente al volumen de agua añadida.  
No se presentan diferencias significativas entre las dos variedades estudiadas, Jaerla y Red Pontiac, a nivel de producción.
- 3 - En la experiencia de riego sometiendo el cultivo a un estrés hídrico antes de la floración, se observa, al igual que en el caso anterior, que con el riego aumenta el peso y el número de tubérculos de tamaño comercial, tanto para la variedad Jaerla como para la Red Pontiac, pero se produce una reducción de la producción a causa del estrés hídrico que oscila entre un 33% y un 68% para las dos variedades.
- 4 - En la experiencia de riego sin estrés hídrico se aprecia que el volumen de agua añadido afecta significativamente a la composición porcentual del tallo, a la composición porcentual y peso del tubérculo y a los contenidos de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Cobre y Cinc de la raíz, así como el peso de la misma.
- 5 - En el conjunto de las dos experiencias de riego, se pone de manifiesto la influencia del agua sobre los contenidos de los macroelementos en el tallo y en la raíz y sobre los contenidos de todos los elementos en el tubérculo. En éste, los porcentajes de todos los elementos crecen con el riego. Las diferencias entre las dos variedades se presentan en los porcentajes de Cobre y Manganeso así como el peso seco del tallo; en los contenidos totales de Nitrógeno, Fósforo, Magnesio, Hierro y Manganeso del tallo y en los de Potasio y Magnesio de la raíz.



6 - Cualitativamente, el comportamiento de las dos variedades frente al riego es diferente desde el punto de vista de la dinámica de nutrientes y no lo es en cuanto a los pesos de las diversas partes de la planta.

El estrés influye más en la dinámica de nutrientes de la variedad Jaerla, y precisamente esta variedad es la más adecuada para niveles bajos de agua.

7 - Un mayor grado de estrés hídrico condiciona una mayor variación de los contenidos de los diversos elementos en la planta y un mayor riego implica una disminución de las pendientes de variación de esos contenidos y pesos de tubérculo y planta frente al volumen de agua aportada.

Con una buena dotación de agua, el modelo de crecimiento suele ser lineal y pasa a multiplicativo o exponencial conforme aumenta el grado de estrés hídrico.

8 - En la experiencia de fertilización en Atarfe ( riego con aguas residuales ) no existe respuesta significativa ni a la fertilización magnésica ni fosfórica.

En esta experiencia, los tratamientos con niveles bajos de Fósforo dan mayores producciones en ausencia de Magnesio, mientras que cuando los niveles de Fósforo son medianos o altos, los rendimientos mejoran con el magnesio.

9 - La experiencia realizada con agua de pozo en el Centro de Investigación y Desarrollo Agrario ha demostrado lo siguiente:

- La fertilización magnésica no afecta significativamente a la producción.
- Respecto a la fertilización fosfórica, los tratamientos con niveles de fósforo entre 125 - 150 U.F. consiguen aumentar significativamente el peso de los tubérculos comerciales y totales, a la vez que reduce el de los pequeños.
- Los tratamientos de fertilización con niveles bajos y medianos de Fósforo mejoran los rendimientos con pequeñas dosis de Magnesio, mientras que los tratamientos con niveles altos de Fósforo, consiguen buenos rendimientos por si solos o



acompañados de dosis altas de Magnesio.

- Con la fertilización nitrogenada, hasta un nivel de 150 U. F., disminuye el número y peso de los tubérculos pequeños y aumenta el número y peso de los medianos y del conjunto de tubérculos.

**10 -** Se aprecian interacciones positivas entre los cuatro elementos ensayados a determinados niveles; siendo estos los niveles medios de Nitrógeno y Fósforo y bajos de Potasio y Magnesio.

**11 -** Los porcentajes de los diferentes elementos en el tallo, raíz y tubérculo tienden a decrecer con el tiempo, mientras que los pesos secos de tallo, raíz y tubérculo crecen con el tiempo.

El incremento en el aporte de Nitrógeno en el suelo hace que aumente las extracciones de Fósforo, Magnesio, Hierro, Cobre, Manganeso y Cinc del tallo; sin embargo, la fertilización potásica no manifiesta ninguna influencia sobre los porcentajes de Nitrógeno y Fósforo de las diferentes partes de la planta y la ejerce muy escasa sobre los porcentajes de Magnesio, Hierro, Cobre, Manganeso y Cinc del tallo, raíz y tubérculo.

**12 -** Las extracciones por la planta de los diferentes elementos estudiados varían con el tiempo transcurrido desde la siembra, según un modelo multiplicativo, mientras que los pesos seco y húmedo de los tubérculos lo hacen según un modelo lineal, al igual que las extracciones por parte del tubérculo.



# **BIBLIOGRAFIA**



**ABEIJON, J.** ( 1964 ) .- La patata de siembra española. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Servicio de Extensión Agraria. Serie técnica nº 12 Madrid.

**ANGLES, J.M.** ( 1976 ) .- Datos y esquemas de 60 cultivos. Ed. Dilagro. Lérida.

**AGUIRRE, J.** ( 1983 ) .- 500 Consejos agrícolas. 2ª Ed. Mundi - Prensa. Madrid. pp.257

**AYERS, R.S. AND WESTCOTT D.W.**( 1984 ) .- Calidad del agua para la agricultura. Estudios FAO: Riego y drenaje nº 29. Roma. pp.85

**ARGOTTE J. AND HERRERA J.**( 1987 ) .- Study of nitrogen fertilizer application in potato cultivation. Centro Agricola. 14 ( 2 ), 87 - 93

**AGUILAR, J. Y COL.** ( 1988 ) .- Una clasificación para la evaluación integral de las tierras. IIª Cong. Nac. Ciencia del Suelo. Sevilla. 291 - 296

**ANAND, S. AND KRISHNAPPA K.S.** ( 1989 ) .- Effect of different levels of N and K in uptake of Ca, Mg and S by the potato cv Kufri Badshah in sandy loam soil of Bangalore. Mysore J. Agric. Sci. 23 ( 2 ), 203 - 207

**ANAND, S. AND KRISHNAPPA K.S.** ( 1989 ) .- Dry matter accumulation and nutrient uptake by potato cv. Kufri Badshah as affected by different levels of N and K in sandy loam soil. Mysore J. Agric. Sci. 23 ( 1 ), 65 - 70

**ANAND, S. AND KRISHNAPPA K.S.** ( 1990 ) .- Effect of different levels of N and K on the growth, yield and quality of potato in sandy loam soil. Mysore J. Agric. Sci. 22 ( 4 ), 483 - 489

**BARNES, W.C.** ( 1944 ) .- Effect of soil acidity and some minor elements on the growth of Irish Cobbler potatoes in South. Carolina. Proc. Amer. Soc. hort. Sci. 44, 379 - 380



**BOAWN L.C. AND LEGGETT G.E. ( 1963 ) .-** Zinc deficiency of the Russet Burbank potato. Soil Sci. 95, 137 - 141

**BLACK C. A. ( 1965 ) .-** Methods of soil analysis. Amer. Soc. of Agr. Wisconsin U.S.A.

**BIRCH, J.A. ( 1967 ) .-** Field experiments on the fertilizer requirements of maincrop potatoes, J. Agric. Sci. Camb. 69,13 - 24

**BUOL AND COL. ( 1975 ) .-** Soil Fertility Capability Classification in Tropical America in Soil Management in Tropical America 126 - 141. North Carolina. State University U.S.A.

**BERES, J. AND TATTAR, L. ( 1977 ) .-** Effect of some microelements on the composition of potato tubers, Noveny termelés. 26 ( 6 ), 491 - 500

**BASOVIC, M., VELAGIC, E., CMELIK, Z. ( 1980 ) .-** The mineral nutrition of potatoes II. Changes in the contents of Ca, Mg, K, Na, N, P, S and Cl in the aboveground parts, roots and tubers of potato cv. Elba. Radovi Poljoprivrednog Fakulteta Univerziteta u Sarajevu. 28 ( 32 ), 29 - 42

**BOONE, F.R. ( 1985 ) .-** The effect of a ploughpan in marine loam soils on potato growth. I . Physical measurements and rooting patterns. Potato Res. 28, 295 - 314

**BASU, T. K. ( 1986 ) .-** Uptake of N, P and K by potato tubers and the keeping quality of tubers when stored in cold storage as influenced by different levels of N, P, K, fertilization. Environment and Ecology. 4 ( 4 ), 648 - 651

**BUNDY ,L. G., WOLKOUSKI, R. P., WEIS, G.G. ( 1986 ) .-** Nitrogen source evaluation for potato production on irrigated sandy soils. Amer. Potato J. 63 ( 8 ), 385 - 397

**BORIN, M. AND MAGRINI, L. ( 1987 ) .-** Effetti della concimazione azotata e del tipo di terreno sulla tuberizzazione della patata. L'Informatore Agrario 28, 87 - 89



**BORIN, M., GIUPPONI, C., OSELE, F. ( 1987 ) .-** Effetti della concimazione organica e minerale e del tipo di terreno sulla tuberizzazione della patata. L'Informatore Agrario. 28, 91 - 92

**BARTOSZUK, W. ( 1987 ) .-** Decreases in potato yield resulting from water deficit during the growing season. Biuletyn Instytutu Ziemiaka. 36, 43 - 52

**BUNYOLO, A.M. ( 1988 ) .-** Effects of fertilizer nitrogen and water supply on growth and yield of the potato crops. Dissertation Abstracts Internacional Sciences and Engineering. 49 ( 2 ) 262 B

**BURTON, W.G. ( 1989 ) .-** The potato. Longman Scientific and Technical England. pp. 742

**BERENIKASHVILI, N., KOBAKHIDZE, N. V., DATUADZE, O. V. ( 1991 )** Fertilizer and yield of early potatoes. Kartofel i Ovoshchi 1,13

**BOISVERT, J.B., DWYER, L.M., LEMAY, M. ( 1992 ) .-** Estimation of water use by four potato (*Solanum tuberosum* L ) cultivars for irrigation scheduling. Canadian Agricultural Engineering 34 ( 4 ), 319 - 325

**COWIE, G. A. ( 1943 ) .-** The relative responses of the potato crop to different potash fertilisers. Emp. J. exp Agric. 11, 23 - 32

**COWIE, G. A. ( 1945 ) .-** Estudy of the effects of fertilisers and rainfall on yields of crops grown in rotation. J. Agric. Sci. Camb. 35, 197 - 206

**CORREL, D.S. ( 1962 ) .-** The potato and its wild Relatives. Texas Research Foundation. Renner, Texas. pp 606

**COTRUFO, C. ( 1963 ) .-** Effect of micronutrients on yield, tuber - set and specific gravity of potatoes grown in North Dakota. Amer. Potato J. 40, 88 - 95



**CUTTER, E.G.** ( 1977 ) .- Structure and development of the potato plant. Chap 3 in P.M.Harris. The Potato Crop. Chapman and Hall. London pp 70 - 152

**CAESAR, K.** ( 1981 ).- Growth of four potato varieties under different ecological conditions. Rep. Working Group of Physiol. Section, Eur. Assn. Potato Res., Berlin, pp 111

**CANOVAS, J.** ( 1986 ) .- Calidad agronómica de las aguas de riego. Servicio Extensión Agraria. Madrid

**CASTILLO, A.** ( 1986 ) .- Estudio hidroquímico del acuífero de la Vega de Granada. Universidad de Granada.

**COOKE, G. W.** ( 1986 ) .- Fertilización para rendimientos máximos. Compañía Editorial Continental. México.

**CONSEJERIA DE AGRICULTURA Y PESCA** ( 1987 ).- I Jornadas de cultivo y comercialización de hortalizas extensivas. Congresos y Jornadas nº 6/87. Sevilla.

**CASTRO, C.A.** ( 1988 ) .- Effect of nitrogen and potassium fertilizers on yield and quality of two potato cultivars. Anais da UTAD. 1 ( 1 ), 117 - 123

**CEPL, J., VOKAL, B., MICA, B.** ( 1991 ) .- Effects of nutrients uptake at the start of flowering in potatoes on tuber yield and nitrogen content. Rostlinná Vyroba. 37 ( 2 ), 137 - 144

**CAO, W.X., AND TILBITTS, T. W.** ( 1991 ) .- Potassium concentration effect on growth, gas exchange and mineral accumulation in potatoes. Journal. of Plant Nutrition. 14 ( 6 ), 525 - 537

**CHAPMAN, K.S.R., SPARROW, L. A., HARDMAN, P.R., WRIGHT, D.N., THORP, J.R.A.** (1992) .- Potassium nutrition of Kennebec and Russet Burbank potatoes in Tasmania: effect of soil and fertiliser potassium on yield, petiole and tuber potassium concentrations, and tuber quality. Australian Journal of Experimental Agriculture. 32 ( 4 ), 521 - 527



DAVIDSON, T.M.W. ( 1958 ).- Dormancy in the potato tuber and the effects of storage conditions on initial sprouting and on subsequent sprout growth. Amer. Potato J. 35, 451 - 465

DARPOUX, R. AND DEBELLEY M. ( 1969 ) .- Plantas de Escarda. Ed. Mundi-Prensa. Madrid

D' ARCY, W. ( 1972 ) .- " Solanaceae studies. II Typification of subdivisions of Solanum ". Ann. Missouri Botanical. 59, 262 - 278

DURRANT, K.M.J. ( 1973 ) .- Growth of crops roots in relation to soil moisture extraction. Ann. appl. Biol. 74, 387 - 94

DOMINGUEZ, A. ( 1978 ) .- Abonos minerales. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.

DOMINGUEZ, A. ( 1984 ) .- Tratado de fertilización. Ed. Mundi - Prensa. Madrid. pp 585

DIEHL, R., MATEO J.M., URBANO, P. ( 1985 ) .- Fitotecnia General. 2ª Ed. Mundi - Prensa. Madrid. pp 814

DIXIT, R.S. ( 1985 ) .- Soil and foliar application of nitrogen in potato. Indian Journal of Agronomy. 30 ( 3 ), 379 - 380

D'AMATO, A. FONTANA, F., CREMASCHI, D. ( 1989 ) .- Response of potatoes to different irrigation regimes with two nitrogen fertilizer rates. Irrigazione e Drenaggio 36 ( 4 ), 126 - 130

DWYER, L.M., AND BOISVERT J.B. ( 1990 ) .- Response to irrigation of two potato cultivars ( Solanum tuberosumL. " Kennebec " and " Superior "). Canadian Agricultural Engineering. 32 ( 2 ) 197 - 203



DAHLENBURG, A. P., MAIER, N.A., WILLIAMS, C.M.J. ( 1990 ).- Effect of nitrogen on the size, specific gravity, crisp colour and reducing sugar concentration of potato tubers ( *Solanum tuberosum* L ) cv. Kennebec. Australian Journal of Experimental Agriculture. 30 ( 1 ) 123 - 130

EMILSSON, B. ( 1949 ) .- Studies on the rest period and dormant period in the potato tuber. Acta Agric. Suec. 3, 189 - 284

EDMOND, J.B., SENN, T.L., ANDREWS, F.S. ( 1984 ) .- Principios de Horticultura. Cia Editorial Continental S.A. México. pp 575

EKEBERG, E. ( 1986 ) .- Irrigation and fertilizer amounts for potatoes I. Yields and quality II. Contents of nitrogen, phosphorus and potassium. Forskning of Forsok i Landbruket. 37 ( 4 ), 187 - 204

EVANYLO, G.K. ( 1989 ) .- Nitrogen fertilization effects on potato leaf nutrient status. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 20 ( 1-2 ), 159 - 182

FULTON, J.M. ( 1970 ) .- Relationship of root extension to the soil moisture level required for maximum yield of potatoes, tomatoes and corn. Can. J. Soil Sci. 50, 92 - 94

FERSINI, A. ( 1976 ) .- Horticultura práctica 2ª ed. Ed. Diana. México

F.A.O. ( 1977 ) .- Guía para la descripción de perfiles de suelo. 2ª ed. F.A.O. Roma. pp. 70

F.A.O. ( 1984 ) .- Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas. Boletín de Suelos F.A.O. nº 10. Roma. pp. 252

F.A.O. ( 1985 ) .- Directivas: Evaluación de tierras para la agricultura en secano. Boletín de Suelos F.A.O. nº 52, 1 - 228

FINCK, A. ( 1985 ) .- Fertilizantes y fertilización. Ed. Reverté. Barcelona. pp.439



F.A.O. ( 1986 ) .- Guía de fertilizantes y nutrición vegetal. Boletín F.A.O.: fertilizantes y nutrición vegetal nº 9 Roma.

F.A.O. ( 1986 ) .- Micronutrientes. Boletín F.A.O. Fertilizantes y nutrición vegetal nº 7 Roma. pp. 93

F.A.O. ( 1987 ) .- Anuario de producción. F.A.O. Roma

F.A.O. ( 1988 ) .- Sistemas de labranza para la conservación del suelo y del agua. Boletín de Suelos F.A.O. nº 54. Roma. pp. 288

FUENTES, J. ( 1988 ) .- Los abonos. 2ª ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Servicio de Extensión Agraria. pp.133

FERERES, E. ( 1988 ) .- Efectos del riego sobre la productividad de los suelos. Riegos y Drenajes, 19, 30 - 48

F.A.O. ( 1990 ) .- Mapa mundial de suelos. Leyenda revisada. UNESCO Roma.

FECENKO, J. AND KLEIN J. ( 1989 ) .- Nutrient uptake and accumulation in potato dry matter in relation to application of split doses of nitrogen fertilizer. Pol'nohospodárstvo. 35 ( 1 ), 19 - 30

F.A.O. ( 1990 ) .- Evaluación de tierras para la agricultura en regadío: directivas. Boletín de Suelos F.A.O. nº 55 pp. 289

FURUNES, J. ( 1990 ) .- Nitrogen and potassium for potatoes. Norsk Landbruksforskning. 4 ( 3 ), 179 - 188

FURUNES, J. ( 1990 ) .- Drought at different stages in the growth of potatoes .II. Greenhouse experiments. Norsk Landbruksforskning. 4 ( 4 ), 289 - 300



**FONTES, P.C.R. AND FONTES, R.R. ( 1991 ) .-** Effect of applying phosphorus to the soil and to leaves on productivity of potatoes. Revista Ceres 38 ( 216 ), 159 - 169

**GUNASENA, H.P. AND HARRIES P.M. ( 1969 ) .-** The effect of CCC and nitrogen on the growth and yield of the second early potato variety Craig's Royal. J.Agric. Sci. 73, 245 - 259

**GOMEZ, P. ( 1975 ) .-** Riegos a presión, aspersión y goteo. Biblioteca Agrícola Aedos. Barcelona

**GUPTA, A., AND SAXENA, M.C. ( 1981 ) .-** Effect of nitrogen and phosphorus fertilization on phosphorus and potassium accumulation in different plant part of potato. Journal of the Indian Potato Association. 8 ( 2 ), 45 - 51

**GARCIA, J. ( 1982 ) .-** Edafología y fertilización agrícola. Biblioteca Agrícola Aedos. Barcelona.

**GOSEK, S., ADAMUS, M., FOTYMA, M., KOZLOWSKA, H. ( 1984 ) .-** Effect of high rates of phosphate fertilizers on crop yields and on balance and content of available phosphorus in the soil. Pamiętnik Pulawski. 82, 69 - 84

**GREWAL, J.S. AND TREHAN S.P. ( 1984 ) .-** Fertilizer use efficiency and water management in potato. Fertilizer News. 29 ( 4 ), 34 - 41

**GUERRA, A.E. AND, TREMOLS, A.J. ( 1985 ) .-** Phosphorus fertilizer for potatoes II Nutrient content in the chief organ during the vegetative cycle. Agrotecnia de Cuba. 17 ( 1 ), 31 - 37

**GROS, A. ( 1986 ) .-** Abonos, guía práctica de la fertilización 7ª ed. Ed. Mundi - Prensa. Madrid. pp. 560

**GIROUX, M. ( 1986 ) .-** The effects of magnesium application rate and application method in relation to potassium applied to potatoes. Naturaliste Canadien. 113 ( 2 ), 135 - 142



**GUARDA, G., GIOVANARDI, R., GIULIARI, S. ( 1987 ) .-** Influenza dell'irrigazione sulla risposta produttiva e qualitativa della patata ( *Solanum tuberosum* L ) in funzione delle disponibilità idriche del terreno. Irrigazione e Drenaggio 34 ( 4 ), 49 - 54

**GRAVOUEILLE, J.M. ( 1987 ) .-** Fertilizers and potato quality. Pomme de Terre Française.49 ( 442 ), 213 - 220

**GUERRERO, A. ( 1987 ) .-** Cultivos herbáceos extensivos. 4<sup>a</sup> ed. Ed. Mundi - Prensa. Madrid. pp. 751

**GREWAL, J.S. AND TREHAN, S.P. ( 1988 ) .-** Results of continuous use of phosphatic and potassic fertilizers and farmyard manure on potato yield and nutrient status of an acidic brown hill soil. Journal of Potassium Research. 4 ( 1 ), 24 - 30

**GILBERT, J. H. ( 1988 ) .-** Results of experiments at Rothamsted, on the growth of potatoes for twelve years in succession on the same land. Rothamsted. Mem. Agric. Chem. ( Sci. ) 6

**GRISON, C., CONSTAN, B., DUSSON, G. ( 1989 )** The effect of rainfall period on yield in potatoes. Pomme de Terre Française. 51 ( 455 ), 249 - 254

**GUERRA, A., BARROSO, R., GANDARILLA, J.E., CABALLERO, R., BAJUELOS, E. ( 1990 ) .-** Effect of phosphorus fertilizer on the agronomy of potato on a purple ferritic soil in Camagüey province. Ciencia y Técnica en la Agricultura, Suelos y Agroquímica. 13 ( 1 ), 7 - 13

**HEMBERG, T. ( 1958 ) .-** The significance of the inhibitor B-comple in the rest period of the potato tuber. Pysiologia Pl. 11, 615 - 626

**HAGAN, R. M. ( 1959 ) .-** Interpretation of plant responses to soil moisture regimes, Adv. Agrom. 11, 77 - 98

**HADDOCK, J.L. ( 1961 ) .-** The influence of irrigation regime on yield and quality of potato tubers and nutritional status of plants. Amer. Potato. J. 38, 423 - 434



**HOLLIDAY, R.** ( 1963 ) .- Effects of fertilizers upon potato yields and quality. In J. D. Ivins and F.L. Milthorpe ( eds ) The Growth of the Potato. Butterworths. London. pp. 248 - 263

**HAWKES, J.G.** ( 1963 ) .- A revision of the tuber - bearing Solanums ( 2<sup>a</sup> ed ) Rep Scott. Pl. Breed. Stn. 2, 76 - 181

**HOWARD, H.W.** ( 1970 ) .- Genetics of the Potato, Solanum tuberosum. Logos. Press. London. pp. 126

**HAUSER, G. F.** ( 1971 ) .- Investigaciones sobre fertilidad de los suelos en terrenos de agricultores. Boletín de suelos F.A.O. nº 11. Roma. pp. 65.

**HAWKES, ( 1978 )** .- Biosystematics of the Potato. In The Potato Crop. The Scientific Basis for Improvement. Edit. by P.M. Harris. Chapman and Hall. London. pp. 15 - 69

**HARRIS, P. M.** ( 1978 ) .- The Potato Crop. Chapman and Hall. London 1 - 511

**HOOKER, W.J.** ( 1981 ) .- Compendium of potato diseases. Amer. Phytopath. Soc. St. Paul, M.N. U.S.A pp. 125

**HERNADEZ, H.** ( 1986 ) .- Estudio de la influencia del aporque y la profundidad de plantación sobre el rendimiento y el número de tubérculos verdeados en papa. Cultivos Tropicales. 8, 49 - 54

**HENSEL, D. R. AND LOCASCIO, S.J.** ( 1988 ) .- Effect of rates, form and application date of nitrogen on growth of potatoes. Proceedings of the Florida State Horticultural Society. 100, 203 - 205

**HUETT, D.O.** ( 1989 ) .- Effect of nitrogen on the yield and quality of vegetables. Acta Horticulturae. 247, 205 - 209

**HAVERKORT, A.J., WAART, M., BODLAENDER, K.B. A.** ( 1990 ) .- The effect of early drought stress on numbers of tubers and stolons of potato in controlled and field conditions. Potato Res. 33 ( 1 ), 89 - 96



**IVINS, J.D. AND MILTHORPE F.L. ( 1963 ) .-** The growth of the potato. Butterworths. London

**ISRAELSEN, O. W. AND HAUSEN, V.E. ( 1979 ) .-** Principios y aplicaciones del riego. Ed. Reverté  
Barcelona. pp. 396

**IWAMA, K. ( 1988 ) .-** Differences in root growth of potato plants among years and cropping seasons.  
Japanese Journal of Crop Science 57 ( 2 ), 346 - 354

**IWAMA, K. ( 1988 ) .-** The effects of fertilizer rates on dry weight, morphology, length and activity in  
potato root. Japanese Journal of Crop Science. 57 ( 4 ), 759 - 764

**JEAN, F.C.,AND WEAVER, J.E. ( 1924 ) .-** Root behaviour and crop yield under irrigation. Carnegie  
Inst. Washington. DC Publ. pp. 357

**JOHANNSSON, O. AND ECKMAN, P. ( 1956 ) .-** Resultat av de senaste årens svenska  
mikroelementförsök, Lantbr. Högsk Meddn. 6 ( 2 ), 91 - 138

**JONES, S.T. AND JOHNSON, W. A. ( 1958 ) .-** Effect of irrigation at different minimum levels of soil  
moisture and of imposed droughts on yields of onions and potatoes. Proc. Amer. Soc. hort. Sci. 71, 440  
- 445

**JACOB, A. AND VON UESKULL, H, ( 1973 ) .-** Fertilización, nutrición y abonado de los cultivos  
tropicales y subtropicales. Edic. Euroamericanas 4ª ed. México.

**JORGENSEN, V. ( 1979 ) .-** Effect of different irrigation frequencies at different growth stages in  
potatoes. Meddelelse, Statens Planteavlsvforsog. 81, pp. 4

**JULIA, J.F. ( 1982 ) .-** Análisis de la productividad de la patata de siembra y el abonado nitrogenado en  
la producción de patata temprana. Jornadas técnicas sobre el cultivo y comercialización de la patata. Real  
Soc. Vascongada de los amigos del Pais. Victoria.



**JORGENSEN, V.** ( 1984 ) .- The effect of water stress on potato growth, development yield and quality, Tidsskift for Planteavl. 88 ( 5 ), 453 - 468

**JAMIESON, P.D.** ( 1985 ) .- Irrigation response of potatoes. Special publication. Agronomy Society of New Zealand. 3, 17 - 20

**JEFFERIES, R.A., AND MACKERRON, D.K.L.** ( 1987 ) .- Aspects of the physiological basis of cultivar differences in yield of potato under droughted and irrigated conditions. Potato Res. 30 ( 2 ), 201 - 217

**JANA, P.K, DAS.S, MANDAL B.B., BAUDYOPADHSYAY. P.** ( 1989 ) .- Effect of soil moisture tension at different physiological stages of growth on yield and consumptive use of Water by potato. Environment and Ecology. 7 ( 4 ), 809 - 812

**JEFFERIES, R.A. AND, HEIBRONN, T.D.** ( 1991 ) .- Water stress as a constraint on growth in the potato crop. 1. Model development. 2 Validation of the model. Agricultural and Forest Meteorology. 53 ( 3 ), 185 - 205

**JEREZ, E** ( 1991 ) .- Indicadores fisiológicos y bioquímicos en el cultivo de la patata en respuesta al estrés hídrico. Cultivos tropicales. 12 ( 3 ), 21 - 26

**JOERN, B.L.** ( 1991 ) .- Effects of nitrogen management on potato yield, fertilizer nitrogen uptake efficiency, and nitrogen movement in soil. Dissertation Abstracts International. B, Sciences and Engineering. 52 ( 6 ) 2828 B

**KARGAPOLOVA, N.N.** ( 1956 ) .- Accelerated ripening of tomatoes and potatoes under the influence of trace elements. Mikroelementy uses sel - khoz Inst. Nauk. Trudyves Soveshch. Riga pp. 409 - 415

**KRAUSS, A.** ( 1978 ) .- Tuberization and abscisic acid content in *Solanum tuberosum* as affected by nitrogen nutrition. Potato Res. 21, 183 - 193



- KERN, E.** ( 1979 ) .- The effect of soil quality on the yield of potatoes. Ziemniak. 5 - 32
- KAMLA, S.** ( 1983 ) .- Nitrogen and irrigation requirements of potato in alluvial soil of Patna ( Bihar ).  
Journal of the Indian Potato association. 10, 1 - 9
- KACZOREK, S., WIERZEJSKA-BUJAKOUSHA, A.,** ( 1989 ) .- Fertilizer requirements of 32 potato varieties. Ziemniak. 45 - 59
- KAJARDIV, A.K., AND GAOS, H.A.** ( 1989 ) .- The influence of N and P fertilizer application of tuberlet production of stem cuttings of potato ( *Solanum tuberosum* ) cultivar Cosima. Buletin Penelitian Hortikultura. 18 ( 1 ), 63 - 66
- KISS, S.A.** ( 1989 ) .- Effect of magnesium ions on the anion uptake of plants. Acta Agronomica Hungarica. 38 ( 1-2 ), 23 - 29
- KRISHNAPPA, K.S.** ( 1989 ) .- Dry matter and nutrient concentration in Kufri Jyoti potato as affected by fertilizer application. Current Research - University of Agricultural Sciences ( Bangalore ). 18 ( 11 ), 158 - 160
- KRISHNAPPA, K.S.,** ( 1989 ) .- Effect of fertilizer applications on dry matter and N,P, and K accumulation in potato at different stages of growth. Mysore. J. Agric. Sci. 23 ( 3 ), 349 - 354
- KÖPPEN, D., EICH, D., KERNER A.,** ( 1990 ) .- Effect of 80 years of different fertilizer regimes on yield and chemical composition of potatoes cv. Adretta in the Lanchstädt static experiment. Archiv für Acker - und Pflanzenbau und Bodenkunde. 34 ( 1 ), 63 - 70
- KHURANA, S.C., HOODA, R.S., PANDITA, M.L.,** ( 1990 ) .- Application of micronutrients to potato cv Kufri Badshach. Research and Development Reporter 7 ( 1 -2 ), 217 - 219
- LAMPITT, L.H. AND GOLDENBERG, N.** ( 1940 ) .- The composition of the potato, Chemy Ind. pp. 748 - 761



**LUJAN, L. AND SMITH, O. ( 1964 )** .- Potato quality. XXV. Specific gravity and after cooking darkening of Katahdin potatoes as influenced by fertilisers, Amer. Potato J. 41, 274 -278

**LOUE, A. ( 1972 )** .- L´analyse végétale en vue d´apprécier la nutrition minérale et plus particulièrement potassique de la pomme de terre. 3<sup>a</sup> Colloque sur le controle de l´alimentation des plants cultivées. Budapest. pp. 26

**LOUE, A. ( 1978 )** .- Le potassium et la pomme de terre. Imprimerie L´Alsace, Mullhouse. pp. 40

**LOUE, A. ( 1979 )** .- Fertilisation et nutrition minérale de la pomme de terre. Revue de la potasse N<sup>o</sup>9, section 11 / 22, 1 - 7

**LANG, H. ( 1981 )** .- Irrigation in potato production. Part II. Influence of irrigation on quality and yield. Kartoffelbau. 32 ( 5 ), 132 - 136

**LI, P.H. ( 1985 )** .- Potato Physiology. Academic. Press Inc. London.

**LOGAN, C., HOSSAIN, M., LITTLE, G. ( 1987 )** .- The effect of various levels of nitrogen, phosphate and potash and climatic factors on the incidence of potato black leg and gangrene. Record of Agricultural Research. 35, 17 - 22

**LEMA, M.J. ( 1988 )** .- Evaluación de suelos para cultivo de patata en la Comarca de Bergantiños. Dep. de Edafología y Q. Agrícola. Facultad de Biología. Universidad de Santiago de Compostela.

**LYNCH, D.R., AND TAI, G.C.C. ( 1989 )** .- Yield and yield component response of eight potato genotypes to water stress. Crop Science. 29 ( 5 ), 1207 - 1211

**LAHKY, J. ( 1990 )** .- The effect of fertilizer application, site and year on the yield and qualitative parameters of potatoes. Rostlinna Vyroba. 36 ( 8 ), 857 - 864



**LOCASCIO, S.J., AND RHUE, R.D. (1990).** - Phosphorus and micronutrient sources for potato. Amer. Potato J. 67 ( 4 ), 217 - 226

**LYNCH, D.R., AND KOZUB, G.C. ( 1991 ) .-** The association between potato tuber yield and the components of yield in irrigated and dryland environments in the prairies. Canadian Journal of plant Science. 71 ( 1 ), 279 - 287

**LOSADA, A.J., Y ROLDAN, M. (1992) .-** Riegos. Fundamentos Hidrológicos. Metodos de Aplicación. Universidad Politécnica de Madrid.

**METZGER, C.H. (1937) .-** Some factors influencing the composition of Colorado potatoes. Proc. Amer. Soc. hort. Sci. 35, 635 - 643

**MULDER, E.G. ( 1956 ) .-** Nitrogen magnesium relationships in crop plants. Pl. soil. 7, 341 -3 76

**MOULE, C. (1974) .-** Phytotechnie speciale III. Plantes sarclees et diverses. La Maison Rustique. Paris.

**MINGO, A.M. ( 1974 ) .-** Effect of Carbon dioxide and Ethylene on tuberization of Isolated Potato stolon cultures in vitro. Plant Physiology. nº 53, 798 - 802

**MICA, B. AND VOKAL B. ( 1975 ) .-** Use of fritted trace elements for fertilization of potatoes. Agrochemia. 15

**MOORBY, J. AND MILTHORPE, F.L. ( 1976 ) .-** Potato Crop Physiology. Edit by L.T. Evans. Cambridge University Press.

**MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION ( 1976 ) .-** Abonado de la patata. Publicaciones de Extensión Agraria. 20 - 69



**MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION ( 1978 ) .-** Comarcalización agraria de España. Secretaría General Técnica. Madrid. 8 - 295

**MOORBY, J. ( 1978 ) .-** The physiology of growth and tuber yield. In : The Potato Crop. The scientific basis for improvement ( P.M. Harris ed ). Chapman and Hall, London. pp. 153 - 194

**MOULD, R.D. AND RUTHERFORD, R.J. ( 1980 ) .-** The effect of moisture stress during consecutive growth stages on tuber yield and quality of BP1 Potatoes ( *Solanum Tuberosum L.* ) Crop Production 9, 89 - 92

**MISRA, A. AND MAHATIM SINGH ( 1983 ) .-** Effect of irrigation, nitrogen and phosphorus level on the growth, development and yield of potato tubers. Indian Journal of Agricultural Research. 17 ( 4 ) , 184 - 188

**MAROTO, J.V. ( 1983 ) .-** Horticultura herbácea especial. Ed. Mundi - Prensa. Madrid pp. 529

**MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION. ( 1984 ) .-** Anuario de estadística agraria. Secretaria General Técnica. Madrid 6 - 115

**MANRIQUE, L. A. AND VEHARA, G. ( 1984 ) .-** A proposed land suitability classification for potato. I. Methodology. Soil Sci. Soc. Am. J. 48, 843 - 847

**MOLINA, J.A. ( 1985 ) .-** Manual del agricultor. Everest. Madrid.

**MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION. ( 1985 ) .-** Cuentas del Sector Agrario .nº 10 .Secretaría General Técnica. Madrid

**MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION . ( 1986 ) .-** Manual de Estadística Agraria. Secretaría General Técnica. 25 - 95



**MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION . ( 1986 ) .** Métodos Oficiales de Análisis del Ministerio de Agricultura.

**MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION . ( 1986 ) .-** Norma de calidad para patata de consumo. Dirección general de la Producción Agraria. Madrid

**MONDY, N.I., GOSSELIN, B., POUNAMPALAM, R. ( 1987 ) .-** Effect of soil applications of magnesium sulfate and dolomite on the quality of potato tubers. Amer. Potato J. 64 ( 1 ) , 27 - 34

**MEREDITH, P. ( 1988 ) .-** The development and properties of the tuber of the potato ( *Solanum tuberosum* L ) Part 2: The pattern of growth in the field : bolbography. Starch - Starke. 40 ( 10 ), 369 - 374

**MONDY, N.I. ( 1988 ) .-** The effect of nitrogen fertilization on the quality of potatoes. Amer. Potato J. 64, 492 - 493

**MICA, B., AND VOKAL, B. ( 1988 ) .-** Relationship of potassium content to protein nitrogen content in potatoes. Rostlinna Vyroba. 34 ( 12 ), 1315 - 1322

**MACKERRON, D.K.L., JEFFERIES, R.A., MARSHALL, B. ( 1988 ) .-** The distribution of tubers sizes in droughted and irrigated crops of potato. I. Observations on the effect of water stress on graded yields from differing cultivars II. Relation between size and weight of tubers and the variability of tuber - size distributions. Potato Res. 31, 269 - 288

**MACKAY, D.C., CAREFOOT, J.M., ENTZ, T. ( 1988 ) .-** Detection and correction of midseason P deficiency in irrigated potatoes. Canadian Journal of Planta Science. 68 ( 2 ), 523 - 534

**MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION . ( 1989 ) .-** Caracterización Agroclimática de la provincia de Granada. Secretaria General Técnica. Madrid. pp. 197

**MACKAY, D.C., ENTZ, T., CAREFOOT, J.M. ( 1989 ) .-** Factors affecting leaf nutrient concentrations of potatoes on irrigated brown and dark brown chemozenic soils. Canadian Journal of Plant Science. 69 ( 2 ), 591 - 600



**MILLARD, P., ROBINSON, D., MACKIE - DAWSON, L.A. ( 1989 ) .-** Nitrogen partitioning within the potato ( *Solanum tuberosum* L. ) plant in relation to nitrogen supply. Annals. of Botany. 63 ( 2 ), 289 - 296

**MAIER, N. A., POTOCKY - PACCAI, K.A., JACKA, J. M., WILLIAMS, C.M. J. ( 1989 ) .-** Effect of phosphorus fertiliser on the yield of potato tubers ( *Solanum tuberosum* L. ) and the prediction of tubers yield response by soil analysis. Australian Journal of experimental Agriculture. 29 ( 3 ) 419 - 432

**MARUTANI, M., AND GUZ, F. ( 1989 ) .-** Influence of supplemental irrigation on development of potatoes in the tropics. Hort Science. 24 ( 6 ), 920 - 923

**MACKERRON, D.K.L., PENG, Z.Y. ( 1989 ) .-** Genotypic comparisons of potato root growth and yield in response to drought. Aspects of Applied Biology. 22, 199 - 206

**MAZULLAH, K., MURSALIN, K., ABDUL, G., SAADAT, K. ( 1990 ) .-** Effects of different rates of potassium on yield and yield parameters of potato. Sarhad Journal of Agriculture. 6 ( 2 ), 201 - 204

**MANRIQUE, L.A. ( 1990 ) .-** Growth and yield of potato grown in the greenhouse during summer and winter in Hawaii. Communication in Soil Science and Plant Analysis. 21 ( 3-4 ), 237 - 249

**MINHAS, J.S., AND BAUSAL, K.C. ( 1991 ) .-** Tuber yield in relation to water stress at different stages of growth in potato ( *Solanum Tuberosum* L ). Journal of the Indian Potato Association. 1.18 ( 1-2 ), 1 - 8

**MARTIN, R.J., JAMIESON, P.D., WILSON, D.R., FRANCIS, G.S. ( 1992 ) .-** Effects of soil moisture deficits on yield and quality of Russet Burbank potatoes. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 20 ( 1 ) 1 - 9

**NIJENSOHN, L. ( 1980 ) .-** Respuesta de la patata a la fertilización en suelo regadio franco de Cacheuta : I. Parámetros edáficos de valor diagnóstico. Instituto de Suelos y riegos. Informes Científicos y técnicos. 21 pp. 26 Universidad nacional de Cuyo, Mendoza - República Argentina.



**NIRMALJIT,S., AND HARNAM,S. ( 1981 ) .-** Irrigation a cultural practice to control common scab of potato. Journal of the Indian Potato Association. 8 ( 1 ), 35 - 36

**NISHIBE, S., IWAMA, K., NAKASEKO, K. ( 1988 ) .-** Annual variation of grow and its relation to meteorological factors in potato plants. Japanese Journal of Crop Science 57 ( 3 ), 505 - 511

**NAZARYUK, V.M.,AND PROZOROV, A.S. ( 1989 ) .-** Application of nitrogen fertilizers to potatoes. Khimizatsiya Sel'skogo Khozyaistva. 9, 45 - 46

**NAGY, Z., AND TURDEAN, A. ( 1990 ) .-** Research work on the irrigation rate, water consumption and estimation of the quantity of water necessary for potato irrigation in the Transylvanian Hills. Buletinul Institutului Agronomic Cluj - Napoca, Seria Agricultura si. Horticultura. 44 ( 1 ), 91 - 99

**OKAZAWA, Y. ( 1959 ) .-** Studies on the occurrence of natural gibberellin and its effects on the tuber formation of potato plants. Proc. Crop. Sci. Soc. Japan. 28, 129 - 133

**OKAZAWA, Y. ( 1960 ) .-** Studies on the relation between the tuber formation of potato and its natural gibberellin content. Proc. Crop. Sci. Soc. Japan. 29, 121 - 124

**OKAZAWA, Y., AND CHAPMAN, H.W. ( 1962 ) .-** Regulation of tuber formation in the potato plant. Physiologia Pl. 15, 413 - 419

**OCHAL, J. AND MYSZKA A. ( 1984 ) .-** Magnesium level and cation equilibrium in potato leaves as related to cation equilibrium in the soil sorption complex. Pamiętnik. Pulawski. 82, 161 - 177

**OM, H. ( 1985 ) .-** Effects of methods of planting and fertility levels on yield and quality of potato. Journal of the Indian Potato association. 12, 105 - 9

**OJALA, J.C., STARK, J.C., KLEINKOPF, G.E. ( 1990 ) .-** Influence of irrigation and nitrogen management on potato yield and quality. Amer. Potato. J. 67 ( 1 ), 29 - 43



**O'BEIRNE, D. AND CASSIDY, J.C. ( 1990 ) .-** Effect of nitrogen fertilizer on yield, dry matter content and flouriness of potatoes. Journal of the science of Food and Agriculture. 52 ( 3 ), 351 - 361

**OMRAN, M.S., WALY, T.M., EL-SHINNAWI, M.M., EL-SAYED, M.M. ( 1991 ) .-** Effect of macro- and micro- nutrients application on yield and nutrients content of potatoes. Egyptian Journal of Soil Science. 31 ( 1 ), 27 - 42

**POIREE, M. AND OLLIER, C.H. ( 1977 ) .-** El regadio. Editores técnicos asociados. Barcelona pp. 362

**PAUL, A.A. AND SOUTHGATE, D.A.T. ( 1978 ) .-** The composition of foods 4<sup>a</sup> ed. HMSO. London. pp.418

**PENNAZIO, S. ( 1979 ) .-** Eliminazione del virus X della patata mediante termoterapia abbinata alla coltura di apici vegetativi. Rivista d'ortoflorofrutticoltura n° 63, pp. 103 - 127

**PRUMMEL, J. AND BASMAN-SIJTHOFF, P.A. ( 1984 ) .-** Optimun phosphate and potassium levels in potato tops. Fertilizer Research 5 ( 2 ), 203 - 211

**POPESCU, C., AXINTE, S., PETRESCU, V. ( 1986 ) .-** Efficiency of irrigation, fertilizer application and planting density of potatoes in the water meadows of Siret - Pascani. Cercetari Agronomice in Moldova. 19 ( 75 ), 73 - 78

**PISA, R., FORTINI, S., GASPARI, N., PRITONI, G., ( 1989 ) .-** Water use of field- grown potatoes. Irrigazione e Drenaggio. 36 ( 3 ), 217 - 222

**RHYNEHART, J. G. ( 1927 ) .-** The culting of Majestic seed potatoes. J. Minist. Agric. N. Ire. 1, 67 - 9

**RUSSEL, E. J. AND GARNER, H.V. ( 1941 ) .-** The Rothamsted experiments on the manuring of potatoes. Emp. J. exp Agric. 10, 195 - 235



**RICHARDS, L.A. AND WEAVER, L.R. ( 1944 )** .- Moisture Retention of some irrigated soils as Related to Soils - Moisture tension. J. Agr. Res. 69, 215 - 235

**RUSSEL, E.W. ( 1961 )** .- Soil Conditions and Plant Growth 9th edn Longmans, London. pp. 688

**ROZTROPOWICZ, S. ( 1962 )** .- Biologiczna i produkcyjna wartosc duzych i malych. Ziemniaka, Roczn. Nauk roln. 86, 463 - 475

**RIQUIER, J. ( 1970 )** .- A new system of soil appraisal in terms of actual and potential productivity. F.A.O. AGLTERS 70/6

**RASCHKE, K. ( 1975 )** .- Stomatal action. Annu. Rev. Pl. Physiol. 26, 309 -3 40

**RODRIGUEZ, F. ( 1982 )** .- Fertilizantes ,-nutrición vegetal. A.G.T. - México. pp. 157

**REDCLIFFE, N. ( 1985 )** .- The history and social influence of the potato. Cambridge University. pp. 77 - 143

**ROZTROPOWICZ, S., ZARZYNSKA, K., SZUTKOWSKA, M. ( 1987 )** .- An attempt to determine the thermal requirements of 9 potato cultivars during the sprouting of tubers under controlled conditions. Biuletyn Intytutu Ziemniaka. 35, 47 - 49

**RESZEL, R. ( 1987 )** .- An attempt to simplify the prediction of potato yields. Biuletyn Instytutu Ziemniaka. 35, 73 - 76

**RAJANNA, K.M., SHIVASANKAR, K.T., KRISHNAPPA, K. S. ( 1987 )** .- Effect of different levels of nitrogen, phosphorus and potassium on growth, yield and quality of potato. South Indian Horticulture. 35 ( 5 ), 347 - 355



**ROTH, D., ROTH, R., KACHEL, K. ( 1987 ) .-** Studies on the effect of different water regimes on yield and yield development of potatoes and conclusions for efficient irrigation. Potato Res.30 ( 4 ), 625 - 636

**ROTH, R., ROTH, D., WEBER, W. ( 1987 ) .-** Influence of variable water supply on the dynamics of tuber and haulm development of potatoes . Archiv für Acker - und Pflanzenbau und Bodenkunde. 31 ( 12 ), 755 - 762

**ROTH, R. ( 1988 ) .-** The influence of differences in water supply on the course of yield development in potatoes. Feldwirtschaft. 29 ( 5 ), 205 - 206

**ROBERTS, S. ( 1988 ) .-** Potato use of phosphorus and potassium in sandy soils. Research Bulletin, Agriculture Research Center, Washington State University N° XB1004. pp. 13

**ROTH, D., ROTH, R., GÜNTHER, R., SPENGLER, R. ( 1988 ) .-** Transpiration coefficients and water use efficiency in agricultural crops. 2 Effects of different rates of water supply on transpiration coefficient and water use efficiency. Archiv für Acker - und Pflausenbau und Bodenkunde. 32 ( 6 ). 405 - 410

**REUST, W. ( 1989 ) .-** Potato irrigation with additional nitrogen application. Landwirtschaft, Schweiz. 2 ( 8 ), 487 - 490

**RASHID, A., ABDUL, H., NAWAB, A. ( 1989 ) .-** Effect of copper and zinc, alone and in combination, on the growth and yield of potato. Sarhad Journal of Agriculture. 5 ( 5 ), 521 - 525

**RILEY, H. ( 1990 ) .-** Drought at different stages in the growth of potatoes I. Field experiments. Norsk Landbruksforskning. 4 ( 4 ), 279 - 287

**RAGHUWANSHI, R. K. S., AND WERMA, S.K. ( 1991 ) .-** Effects of irrigation frequency and nitrogen levels on potato yield in black cotton soil, Journal of Maharashtra Agricultural Universities. 16 ( 2 ). 226 - 228



**SMITH, O. AND NASH, L.B.** ( 1937 ) .- Effect of certain minor elements on chemical composition and cooking quality of potato tubers. Proc. Amer. Soc. hort. Sci. 35, 530 - 533

**SMITH, O .AND NASH, L. B.** ( 1938 ) .- Relation of mineral nutrition to chemical composition and cooking quality of potatoes. Proc. Amer. Soc. hort. Sci. 36, 597 - 600

**SMITH, O. AND NASH, L.B.** ( 1941 ) .- Potato quality III. Relation of soil reaction, irrigation and mineral nutrition to cooking quality. Proc. Amer. Soc. hort. Sci. 38, 507 - 512

**SCHIPPERS, P. A.** ( 1956 ) .- De invloed van de temperatuur op de duur van de rustperiode. Publ. Aardappelbew. Wageningen. Ser A n° 108 pp. 13

**SZALAI, I.** ( 1957 ) .- Physiological studies on potato plants. Act Biol. Szeged 3, 33 - 54

**SOIL CHARTS MUNSELL.** ( 1958 ) .- Munsell Color Company. Inc. Baltimore, Maryland. U.S.A.

**SMITH, O.E. AND RAPPAPORT L.** ( 1961 ) .- Endogenous gibberellins in resting and sprouting potato tubers. Advanc Chem. 28, 42 - 48

**STOUT, P.R.** ( 1961 ) .- Proc. 9th annu, Calif. fertilizer Conf. pp 21 - 23 en Plant Physiology ( 1978 ) 2ed - Wadsworth Publ. Co Belmont U.S.A.

**SOIL CONSERVATION SERVICE.** ( 1972 ) .- Soil Survey laboratory. Methods and procedures for collecting soil samples. USDA Dept. Agric. Washington.

**SOIL SURVEY STAFF.** ( 1975 ) .- Soil Taxonomy. A basic system of Soil Classification for making and interpreting soil survey. Soil Conservation Service U.S. Department of Agriculture. Agriculture Handbook Washington. n° 436 pp. 754

**SCALOPPI, E. J. AND SCARDNA, R.** ( 1975 ) .- Variation in soil water regime during the development cycle of potato plants. Anais da Escola Superior de Agricultura. "Luiz de Queiroz". 32, 33 - 46



SHARMA, R. C., LAL,S.S., SAHOTA, T.S., SHARMA, A.K. ( 1981 ) .- Effect of magnesium and phosphorus on the yield and composition of potato tubers in acid soils of Sillong and Simla. Journal. of the Indian Potato Association. 8 ( 4 ) , 183 - 189

SANCHEZ, P.A. ( 1982 ) .- The Fertility Capability Classification System .Interpretation, applicability and modification. Geoderma. 27, 283 - 309

SANZ, M., HERAS, L., MONTAÑES, L. ( 1982 ) .- Metodología para el establecimiento de óptimos nutricionales en patata. Jornadas técnicas sobre cultivo y comercialización de la patata. Real Sociedad Vascongada de los Amigos del Pais. Vitoria.

SHARMA, H.L., THAKUR, R.C., SHARMA, M.P. ( 1983 ) .- Effect of micronutrients application on potato. Indian J. Agron. 29 ( 1 ), 11 - 14

SLUSARCZYK, E., JAUKOWIAK,J., CHROST, J., TOMASZEWSKA, J. ( 1984 ) .- Water use for evapotranspiration of selected crops under different conditions of watering and fertilizing. Pamiętnik Pulawski. 83, 9 - 27

SIERT. G. ( 1985 ) .- Desarrollo fisiológico de tubérculos-semillas de papa. Boletín de información técnica nº 20. Centro Internacional de la Papa. Lima

SALAMAN, R. N. ( 1985 ) .- The History and Social Influence of the Potato. Camb. Univ. Press. pp. 685.

SHIMSHI,D. AND SUSNOSCHI, M. ( 1985 ) .- Growth and yield studies of potato development in a semi-arid region 3. Effect of water stress and amounts of nitrogen top dressing on physiological indices and on tuber, yield and quality of several cultivars. Potato Res. 28, 177 - 91

SHARMA, U. C., AND ARORA, B.R. ( 1987 ) .- Effect of nitrogen, phosphorus and potassium application of yield on potato tubers ( *Solanum tuberosum* L. ) J. Agric. Sci. Camb. 108 ( 2 ), 321 - 329



SAIKIA, L., PATGIRI, D. K., MAHANTA, T.C. ( 1987 ) .- Effect of levels of potash on the growth of potato varieties. Journal of Potassium Research. 3 ( 2 ), 80 - 84

SINGH, J. P., AND GREWAL, J. S. ( 1987 ) .- Response of potato to potassium under intensive cropping and changes in soil potassium with time. Journal of Potassium Research. 3 ( 3 ), 107 - 114

SOMOROWSKA, K. ( 1987 ) .- Influence of application of high potassium chloride rates and irrigation on some quality characteristics of potato tubers. Biuletyn Instytutu. Ziemiaka. 35, 61 - 72

SINGH, J. P. ( 1987 ) .- Role of phosphorus and potassium content of leaf in maximizing potato yield. Indian Journal of Agricultural Sciences. 57 ( 8 ), 565 - 566

SHARMA, U.C., AND ARORA, B.R. ( 1987 ) .- Effect of applied nitrogen on P and K concentration in potato plant ( *Solanum tuberosum* L. ) Indian Journal of Plant Physiology. 30 ( 3 ), 314 - 316

SHARMA, U.C., AND GREWAL, J. S. ( 1987 ) .- Effect of sources, levels and methods of nitrogen application on the yield and nitrogen uptake of potato. Indian Journal of Agricultural Sciences. 57 ( 9 ), 640 - 645

SHARMA, R.C. ( 1987 ) .- Determination of fertilizers requirements of potato on the basis of soil tests in the north - western hills of India. J. Agric. Sci. Camb. 109 ( 1 ), 171 - 175

SHOCK, C.C., STIEBER, T., ELDREDGE, E.P. ( 1988 ) .- Interaction effects of Potato Genotype and Irrigation Regime on Yields and Quality. Amer. Potato J. 65 ( 8 ), 498

SILVA, G.H., CHASE, R.W., KITCHEN, R. B. ( 1988 ) .- Influence of Irrigation, Nitrogen and Calcium levels on Specific Gravity and Internal Defects of Potatoes. Amer. Potato. J. 65 ( 8 ), 498 - 499

SAHOTA, T.S., SINGH, H., CHEEMA, S.S., GREWAL, J. S. ( 1988 ) .- Potassium nutrition of potato in India. Potash Review. Subject 7. Root and Tuber Crops. 1st Suite. 3, pp. 10



**SHARMA U. C., AND ARORA, B. R. ( 1988 ) .-** Residual effect on applied nitrogen, phosphorus and potassium to potato on the soil properties. Journal of the Indian Society of Soil Science. 36 ( 1 ), 106 - 112

**SANCHEZ, A.M., ROQUE, R., BERNAL, P.L. ( 1988 ) .-** Maximun evapotranspiration and bioclimatic coefficients in two potato varieties ( Desirée and Kondor ). Ciencia y Técnica en la Agricultura. Riego y Drenaje. 11 ( 1 ), 55 - 71

**SHARMA, R.C., AND SHARMA, H. C. ( 1988 ) .-** Varietal responses and quantitative contribution of nutrients to potato productions. J. Agric. Sci. Camb. 110 ( 2 ), 331 - 335

**SHARMA, U.C., AND GREWAL, J.S., ( 1989 ) .-** Effect of levels and methods of phosphorus application on yield and phosphorus uptake of potato ( *Solanum tuberosum* ) on an acidic hill soil. Indian Journal of Agricultural Sciences. 54 ( 4 ), 231 - 235

**SHARMA, S. P., SHEKHAR, J. ( 1989 ) .-** Effect of split application of nitrogen on yield of potato ( *Solanum tuberosum* ). Indian Journal of Agricultural Sciences. 59 ( 11 ), 737 - 739

**SHARMA, U. C., ARORA, B. R. ( 1989 ) .-** Effect of applied potassium on N and P concentration in potato plant ( *Solanum tuberosum* L ). Madras Agricultural Journal. 76 ( 8 ), 454 - 460

**SKALA, J., AND KRISTAN, F. ( 1989 ) .-** Potassium and magnesium in a long - term trial on grey - brown podzolic soil. Rostlinna Vyroba. 35 ( 6 ), 563 - 573

**SRIKUMAR, T. S., AND ÖCKERMAN, P.A. ( 1990 ) .-** The effects of fertilization and manuring on the content of some nutrients in potato ( var. Provita ). Food Chemistry. 37 ( 1 ), 47 - 60

**SHARMA, U.C., AND ARORA, B.R. ( 1990 ) .-** P and K uptake pattern in potato as affected by applied nitrogen. Madras Agricultural Journal. 77 ( 3 - 4 ), 125 - 130

**SOAUD, A. A., HOFMAN, G., CLEEMPUT, O. ( 1990 ) .-** Nitrogen fertilization and potato growth. Pédologie. 40 ( 3 ), 257 - 271



**SUD, K. C., GREWAL, J. S., TREHAN, S. P. ( 1990 )** .- Effect of farmyard manure and nitrogen on potato ( *Solanum tuberosum* ) production and phosphorus and potassium availability in hill soils of Shimla. Indian Journal of agricultural Sciences. 60 ( 8 ), 529 - 532

**SATTELMACHER, B., MARSCHNER, H., KÜHNE, R. ( 1990 )** .- Effects of the temperature of the rooting zone on the growth and development of roots of potato ( *Solanum tuberosum* ). Annals of Botany. 65 ( 1 ), 27 - 36

**SHARMA, U. C. ( 1990 )** .- Reaction of potato ( *Solanum tuberosum* ) cultivars to phosphorus stress and screening of phosphate efficient genotypes on acid soils. Indian Journal of Agricultural Sciences. 60 ( 8 ). 523 - 528

**SUD, K. C., AND NEGI, A. S. ( 1991 )** .- Effect of P and K applied to potato in the hill soils of Shimla. Journal of the Indian Potato Association 18 ( 1 - 2 ), 19 - 26

**SHARMA, U. C., AND AND GREWAL, J. S. ( 1991 )** .- Response of potato to N P K fertilization and their internactional effects. Journal of the Indian Potato Association. 18 ( 1 - 2 ), 43 - 47

**SUD, K. C., AND TREHAN, S. P. ( 1991 )** .- Effect of thionrea on tuber yield of potatoes and uptake of phosphorus by tubers in the absence and presence of fertilizer phosphorus. J. Agric. Sci. Camb. 117, 57 - 59

**STARK, J. C., AND M. CCAM. I.R. ( 1992 )** .- Optimal allocation of limited water supplies for Russet Burbank potatoes. Amer. Potato J. 69, ( 7 ), 413 - 421

**THORNTON, N. C. ( 1939 )** .- Oxygen regulates the dormancy of the potato. Contr. Boyce Thompson Inst. Pl. Res 10, 339 - 361

**TOOSEY, R. D. ( 1959 )** .- Control of spront numbers in maincrop potatoes Agriculture, Lond. 66. 346 - 50



**TSUKAMOTO, Y., ASAHIRA, T., NAMIKI, T. ( 1960 ) .-** Dormancy of the potato tuber. II. The effect of photo - period and foliar spray of gibberellin on breaking dormancy of potato. Mem. Res. Inst. Fd. Sci. Kyoto Univ. 19, 43 - 48

**THORNE, D. W. ( 1963 ) .-** Técnica del riego, fertilidad y explotación de los suelos. Comp. Editorial Continental S.A. México.

**TIZIO, R. AND PAUPARDIN, C. ( 1970 ) .-** Action de quelques composés phénoliques sur la tubérisation de la pomme de terre. Potato Res. 13, 187 - 198

**TANNER, C.B. AND LESCZYNSKI, D. B. ( 1976 ) .-** Seasonal variation of root distribution of irrigated field - grown. Russet Burbank potato. Amer. Potato. J. 53, 69 - 78

**TARAFDAR, P. K., BANARJEE, N. C., MUKHOPADHYA, A. K. ( 1988 ) .-** Influence of potassium fertilization on the response to soil moisture stress in potato. Acta Agronomica Hungarica, 37 ( 1 - 2 ), 37 - 42

**TREBEJO, I., AND MIDMORE, D. J. ( 1990 ) .-** Effect of water stress on potato growth, yield and water use un a hot and a cool tropical climate. J. Agric. Sci. Camb. 114 ( 3 ), 321 - 334

**VALDES, C., AND DERONCELE, R. ( 1979 ) .-** Influencia de distintos niveles de N P K y densidades de siembra sobre los rendimientos en el cultivo de la papa. ( *Solanum tuberosum* ) var. Red Pontiac. Ciencia y Técnica en la Agricultura. Suelos y Agroquímica. 2 ( 1 ), 29 - 36

**VILLARIAS, J. L. ( 1981 ) .-** Guía de aplicación de herbicidas. Mundi - Prensa. Madrid. pp. 850

**VETTER, A., AND SCHMIDT, H. ( 1988 ) .-** Influence of variations in soil moisture on the yield, quality and storability of seed and culinary potatoes. Produktion - Lagerung - Vermarktung von Pflanz - und Speisekartoffeln, Heft 2, 106 - 110



VOS, J., AND GROENWOLD, J. ( 1989 ) .- Characteristics of photosynthesis and conductance of potato canopies and the effects of cultivars and transient drought. Field Crops Research. 20 ( 4 ), 237 - 250

VOLOSHIN, E. I. ( 1989 ) .- Response to nitrogen fertilizers of potatoes grown for seed tuber production. Khimizatsiya Sel'skogo Khozyaistva . n° 12, 60

WALLACE, T. ( 1943 ) .- The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual symptoms HMSO. London. pp 16

WAGER, H. G. ( 1946 ) .- Quality of potatoes in relation to soil and season. I. the content of dry matter. J. Agric. Sci. Camb. 36, 207 -213

WASINK, E. C., KRIJTHE, N., SCHEER, C. ( 1950) .- On the effect of light of various spectral regions on the sprouting of potato tubers. Proc. K. ned. Akad Wet. 53, 1228 - 1239

WERNER, H. O. ( 1954 ) .- The effect of size of tubers and seed pieces in Western Nebraska dryland potato culture. Amer. Potato. J. 31, 19 - 27

WATANABE F. S. AND OLSEN S.R. ( 1965 ) .- Test of an Ascorbic Acid Method for determining Phosphorus in water and Na HCO<sub>3</sub>. Extracts from Soil Sci. Soc. Proceedings. 677 - 678

WIDOWSON, F.V., PENNY, A., WILLIAMS, R.J.B. ( 1967 ) .- Experiments comparing the effects on yields of potatoes of three methods of applying three amounts of N P K fertilizer and the residual effects on following winter wheat. J. Agric. Sci. 69, 247 - 257

WOLF N. AND RAPPAPORT, L. ( 1969 ) .- The problem of dormancy in Potato tubers and related structures In H.W. Woodhouse ( ed ). Dormancy and Survival. Camb. Univ. Press. pp 219 -240

WIERSEMA, S.G. ( 1984 ) .- The Production and utilization of seed tubers derived from true Potato Seed. Ph. D. thesis, Univ. Reading, Publ by International Potato Center, Lima, Peru. pp. 229



**WESTERMANN, D. T., KLEINKOPF, G. E., PORTER, L. K. ( 1988 ) .-** Nitrogen fertilizer efficiencies on potatoes. Amer. Potato J. 65 ( 7 ). 377 - 386

**ZAAG, D. E., VANDER. ( 1973 ) .-** La patata y su cultivo en los Países Bajos. Instituto Consultativo Holandes sobre la patata. La Haya.

**ZUBELDIA, A. ( 1975 ) .-** Mejora genética de la patata. Universidad Politécnica de Valencia. E. T. Sup. de Ing. Agrónomos. Valencia

**ZAAG, D. E., VANDER. ( 1981 ) .-** Aportación de agua al cultivo de la patata. Instituto Consultativo Holandés sobre la patata. La Haya.

**ZAAG, D. E., VANDER. ( 1981 ) .-** Plantación, abonado y control de malas hierbas en las patatas. Instituto Consultativo Holandés sobre la patata. La Haya

**ZAAG, P., VANDER., AND DEMAGANTE, A. ( 1985 ) .-** Water requirements as influenced by irrigation system and mulch for potato ( *Solanum Spp.* ) grown in an isohyperthermic environment in the Philippines. Philippine Agriculturist. 68 ( 4 ), 571 - 584



## **Abreviaturas**

Se indica a continuación la notación utilizada, parte de la cual viene reflejada en los Anexos.

mm - milímetros  
cm - centímetros  
m<sup>2</sup> - metros  
m - metros cuadrados  
Ha - Hectareas  
mg - miligramos  
gr - gramos  
Kg - Kilogramos  
Tm - Toneladas métricas  
Cmol - Centimoles  
meq - miliequivalentes  
ml - mililitros  
l - litros  
cal - calorías  
Kjul - Kilojulios  
h - horas  
° C - Grados centígrados  
ppm - partes por millón  
U.F. - Unidades fertilizantes  
( d )- d.d.s. - Días después de la siembra  
lt - litros de agua de riego  
ltcll - litros de agua de riego más lluvia  
pl - planta  
TA - Tratamiento de riego semanal  
TB - Tratamiento de riego bisemanal



TC - Tratamiento de riego trisemanal  
v - variedad de patata  
P - periodicidad en el riego  
pH - peso húmedo  
pS - peso seco  
%PS - porcentaje frente al peso seco total de la planta  
ex tallo - Extracciones elementales del tallo ( 100 plantas )  
ex tubérculo - Extracciones elementales del tubérculo ( 100 plantas )  
ex raiz - Extracciones elementales del tubérculo ( 100 plantas )  
Total planta - Extracciones elementales realizadas por la planta ( 100 plantas )  
gr H tlcll - Peso húmedo de planta por litro de agua  
gr pt Hll - Peso húmedo de tubérculo por litro de agua  
gr pt Sll - Peso seco de tubérculo por litro de agua  
gr / lt - Peso seco de planta por litro de agua de riego  
gr ltcll = gr / ltll - Peso seco de planta por litro de agua de riego más lluvia



DILIGENCIA:

Reunido el Tribunal examinador en el día de la fecha, constituido por:

- D. Jaime Porta Casauellas
- D. Felipe Macias Vázquez
- D. Roque Ortiz Silla
- D. Sugel Friarte Mayo
- D. Juan Fernández García

para juzgar la Tesis Doctoral del Licenciado Don

Mamuel Jiménez Aguilar

se acordó por.....otorgar la calificación de .....

para que conste, se extiende firmada por los componentes del Tribunal, la presente diligencia.

Granada, a 17 de Octubre de 1994

El Secretario,

J. Fernández

El Presidente,

Jaime Porta

El Vocal,

[Signature]

El Vocal,

[Signature]

El Vocal,

[Signature]