



Publicaciones de Biología
de la Universidad de Navarra

SERIE BOTÁNICA

11

Concentración de 18 elementos químicos en las distintas
etapas del desarrollo de la planta entera y de las hojas del
cardo de Peralta

SAN EMETERIO, L.; CAVERO, R. Y. y LÓPEZ, M. L.

Estudio de las ectomicorrizas en una trufiera cultivada situada
en Olóriz (Navarra)

ETAYO, M. L. y DE MIGUEL, A. M.

SERVICIO DE PUBLICACIONES DE LA
UNIVERSIDAD DE NAVARRA

PAMPLONA, 1998



INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

Las monografías originales remitidas para su publicación en esta colección deberán ser inéditas. El comité editorial, de acuerdo con la opinión del comité de redacción, decidirá sobre si procede o no la publicación, o bien propondrá modificaciones a los autores, notificándoles la fecha de admisión del trabajo.

Los originales en castellano deberán llevar palabras clave y resumen en inglés. Deberán entregarse escritos en papel por duplicado y grabados en un disco de ordenador PC-compatible, de 3,5 pulgadas. El archivo en disco vendrá en formato Word for Windows. Es preferible no incluir negritas, *cursivas*, subrayados, paginación o cualquier otro tipo de párrafos en el documento. En el texto que se entregará impreso en papel se incluirá un subrayado sencillo para los nombres de géneros y especies. Los apellidos de los autores citados en el texto se escribirán en MAYÚSCULAS. La bibliografía irá al final del original y del archivo en disco, y deberá limitarse a los autores citados en el texto. Se dispondrán por orden alfabético de apellidos de autores citados y, dentro de cada autor, por orden cronológico. La referencia debe dar, por este orden, el apellido y a continuación las iniciales de los nombres propios del autor o autores, año de publicación, título completo del trabajo, nombre de la revista en abreviaturas usuales con subrayado sencillo, tomo y páginas primera y última. En el caso de libros se subrayará el título de los mismos y a continuación se pondrá la editorial, número de páginas y lugar de edición.

Los esquemas y gráficos se realizarán con tinta china sobre papel vegetal en tamaño A4. Se incluirá escala gráfica si es necesario. Deberán llevar en el reverso escrito con lápiz el nombre del autor, número de orden y título resumido del trabajo. Los cuadros o tablas deberán ir numerados de forma independiente a los dibujos. En el archivo en disco las columnas de las tablas o cuadros deberán separarse con un único tabulador entre cada dos columnas, y con punto y aparte al final de la última columna. En la copia en papel, las tablas y cuadros deberán tener el aspecto deseado. Los autores indicarán en el original el lugar donde deben intercalarse las figuras y cuadros. Las leyendas de las figuras deberán ir en una hoja aparte, y después de la bibliografía en el documento en disco.

Los autores recibirán un juego de pruebas de imprenta para su corrección. Las modificaciones posteriores que se hicieran al texto original serán las de tipo gramatical o errores de impresión. Las correcciones que pudieran hacerse al texto del original serán con cargo a los autores. Las pruebas de imprenta deberán ser firmadas y devueltas en el plazo de quince días.

COMITE EDITOR

Alicia Ederra (Directora), M^a Luisa López,
Luis Herrera, Ana M^a de Miguel y Rita
Yolanda Cavero.

COMITE DE REDACCION

Esperanza Beltrán, Ana Bujakiewick, Javier
Fernández, Esther Fuertes, Soledad López,
Sandro Pignatti, Erika Wikus.

Copyright Diciembre 1998. Departamento de
Botánica, Facultad de Ciencias, Universidad de
Navarra.

Editado por:
Servicio de Publicaciones de la Universidad de
Navarra, S.A.

ISSN: 1130-9113

Depósito legal: NA 1.271-94

Imprime: Navegraf. Polígono Berriainz Nave
17. 31195 BERRIOZAR

Printed in Spain - Impreso en España



ÍNDICE GENERAL

- Concentración de 18 elementos químicos en las distintas etapas del desarrollo de la planta entera y de las hojas del cardo de Peralta
San Emeterio, L.; Cavero, R. Y. y López, M. L. 1

- Estudio de las ectomicorrizas en una trufera cultivada situada en Olóriz (Navarra)
Etayo, M. L. y De Miguel, A. M. 55





CONCENTRACIÓN DE 18 ELEMENTOS QUÍMICOS EN LAS DISTINTAS ETAPAS DEL DESARROLLO DE LA PLANTA ENTERA Y DE LAS HOJAS DEL CARDO DE PERALTA

SAN EMETERIO, L.; CAVERO, R. Y. y LÓPEZ, M. L.

Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias, Universidad de Navarra, 31080 Pamplona, España.

RESUMEN

SAN EMETERIO, L., CAVERO, R. Y. y LÓPEZ, M. L. (1998). Concentración de 18 elementos químicos en las distintas etapas del desarrollo de la planta entera y hojas del cardo de Peralta. *Pub. Bio. Univ. Navarra, Ser. Bot.*, 11: 1-54.

En el presente trabajo se ha estudiado la concentración de 18 elementos químicos en planta entera y hojas del cardo de Peralta, muestreado a lo largo de su desarrollo, cultivado en dos parcelas diferentes al aire libre y sobre suelo agrícola.

Hemos encontrado que la concentración de los elementos no depende del lugar de cultivo y sin embargo varía significativamente a lo largo del desarrollo de la planta. Además, existen elementos con comportamientos similares a lo largo del desarrollo de la planta; la concentración de B, Cl, K y Sc es mínima en semilla y no varía en el resto del desarrollo, la concentración de P es máxima en semilla y no varía en el resto del desarrollo y por último, la concentración de N, Mn y Zn desciende de semilla a planta de semillero y aumenta de planta de semillero a planta tomada.

Palabras clave: Composición elemental, estadios de desarrollo, cardo de Peralta.

SUMMARY

SAN EMETERIO, L., CAVERO, R. Y. y LÓPEZ, M. L. (1998). Concentration of 18 chemical elements during different stages of the development of whole plant and leaves of Peralta Cardoon. *Publ. Bio. Univ. Navarra, Ser. Bot.*, 11: 1-54.



The aim of this paper was to study the chemical composition -18 elements- of the whole Peralta cardoon plant throughout its development; this plant was cultivated on agricultural soil in two different plots.

We have found the elemental composition varies significantly with developmental stages but not with the different plots. Moreover, some elements have similar behaviors through the different development stages; the B, Cl, K and Sc concentration is lowest on seeds and do not varies with the other stages, the P concentration is maximum on seeds and do not varies with the other stages, and finally, the N, Mn and Zn concentration falls from seed to plant of seedbed and increases from seedbed plant to taken plant.

Key words: Chemical composition, development stages, Peralta Cardoon

ÍNDICE

	Págs
INTRODUCCIÓN	3
MATERIAL	4
I. PARCELAS	4
1. Situación geográfica	5
2. Bioclima	5
3. Suelo	5
II. PLANTA	8
1. Taxonomía y descripción botánica	8
2. Origen y expansión del cultivo	9
3. Exigencias agroclimáticas	10
4. Utilidades	11
III. PRÁCTICAS AGRÍCOLAS	11
IV. LABORATORIOS	12
V. PROGRAMAS INFORMÁTICOS	12
MÉTODO	13
I. MUESTREO, RECOGIDA Y PREPARACIÓN DEL MATERIAL	14
II. TÉCNICAS DE ANÁLISIS ELEMENTAL	15
III. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS	15
RESULTADOS	17
I. ANÁLISIS ELEMENTAL	17
II. ANÁLISIS DE DATOS	17
1. Concentración de los 18 elementos en cada uno de los estadios	17
2. Evolución de la concentración de cada elemento a lo largo del ciclo vital	23

DISCUSIÓN	47
I. EVOLUCIÓN A LO LARGO DEL CICLO VITAL	47
II. COMPARACIÓN ENTRE PLANTA ENTERA Y HOJAS	49
III. COMPARACIÓN ENTRE PLANTA PREPARADA PARA MERCADO Y PLANTA PLENA DE CAMPO	50
IV. CULTIVARES	50
CONCLUSIONES	50
BIBLIOGRAFÍA	51


INTRODUCCIÓN

La **aplicación del estudio multielemental** a productos hortícolas de interés para Navarra es una línea de investigación que se está desarrollando en el Departamento de Botánica desde 1989 hasta la actualidad. Así, se ha estudiado el contenido y evolución de elementos químicos en el pimiento Piquillo (CAVERO y LÓPEZ, 1993; CAVERO *et al.* 1992, 1993a, 1993b) y en la actualidad se está estudiando en la alcachofa de Tudela (MARCO *et al.* 1997).

El **gran desarrollo de las técnicas** de análisis amplía el espectro de elementos analizados en una misma muestra, pudiéndose alcanzar, de este modo, el análisis multielemental. (BAUCELLS *et al.*, 1989; LIETH & MARKERT, 1985, 1986; MARKERT, 1989; MARKERT & LIETH, 1983, 1985, 1987; MARKERT & JAYASEKERA, 1987). En los estudios multielementales es muy importante la colaboración de biólogos con químicos-físicos. Los biólogos recogen las muestras necesarias y los químicos analizan estas muestras.

Estos **estudios multielementales** se llevan a cabo en **ecosistemas naturales** y en **cultivos**. Así se puede analizar el ciclo completo de los elementos en el ecosistema aire-suelo-planta, o centrarse en una o dos partes del sistema. Por ejemplo, MOHAMED & RANGER (1994) estudiaron el ciclo biogeoquímico en un ecosistema de *Picea abies* y COLIN-BELGRAND *et al.* (1993) se centraron en la distribución de elementos nutritivos en el tronco del castaño (*Castanea sativa* Miller). Entre los estudios realizados en el ecosistema de un cultivo están: VOUTSA *et al.* (1996), que analizaron la relación entre la concentración de elementos traza en vegetales crecidos en áreas industriales, con el contenido de partículas materiales en suelo y aire; y CARPENA y CASERO (1987) que estudiaron la evolución anual de nutrientes en la hoja de melocotonero.

Nuestro estudio se ha llevado a cabo en un **ecosistema de cultivo de cardo**. El cardo como cultivo es bastante desconocido. ALSINA (1982) dedica la última parte de su libro "El cultivo de la alcachofa y el cardo" para describir las variedades del cardo y su cultivo. BLONDIN (1983) da un breve resumen de su origen, y de las



técnicas de cultivo. DEL VALLE (1987) describe sus requerimientos y prácticas de cultivo en un apéndice de su libro dedicado al cultivo de la alcachofa. Sin embargo, las líneas actuales de investigación se centran en propiedades del cardo silvestre que pueden ser aprovechadas por el hombre. Por ejemplo una de estas líneas de investigación se basa en las propiedades caseinolíticas de los extractos de flores de cardo silvestre y su aplicación para la producción de quesos (SOUSA & MALCATA, 1996). Otras líneas de investigación se basan en la capacidad del cardo silvestre para producir gran cantidad de biomasa; GOMINHO y PEREIRA (1997) estudian la utilización del cardo silvestre como materia prima fibrosa alternativa para la producción de pastas de papel.

Así, podemos concluir que nuestro estudio se ha realizado en un **cultivo relativamente desconocido, del que no existen datos bibliográficos sobre su composición elemental.**

Los **objetivos** que nos hemos propuesto en este trabajo son:

1. Conocer la concentración de 18 elementos y su evolución en el cardo de Peralta a lo largo de las diferentes etapas de su ciclo vital: semilla, planta de semillero, planta tomada en campo, planta en estado vegetativo, planta antes de atar, planta plena de campo y planta preparada para el mercado.
2. Conocer la concentración de 18 elementos en las hojas de cardo de Peralta, muestreadas en diferentes etapas de su desarrollo.
3. Conocer la concentración de 18 elementos en plantas preparadas para mercado de diferentes cultivares de cardo.

MATERIAL

Consideramos material de nuestra experiencia: las **parcelas**, la **planta de cultivo**, las **prácticas agrícolas**, los **laboratorios de análisis elemental**, y los **programas informáticos**.

I. PARCELAS

De las parcelas agrícolas donde hemos realizado el cultivo, consideramos como material de nuestra experiencia: la **situación geográfica**, el **bioclima** y el **suelo** de las mismas. El cultivo del cardo se realizó en dos parcelas de dos localidades diferentes, Cadreita y Peralta.



1. Situación geográfica

En Cadreita, 1°41'W 42°13'N, el cardo se cultivó en una finca experimental del Instituto Técnico y de Gestión Agrícola. En Peralta, 1°48'W 42°21'N, el cardo se cultivó en una finca perteneciente a Ángel Chueca.

En la Figura 1 se muestra la localización de ambas poblaciones, Cadreita, perteneciente a la Ribera Tudelana, y Peralta, a la Ribera Estellesa.

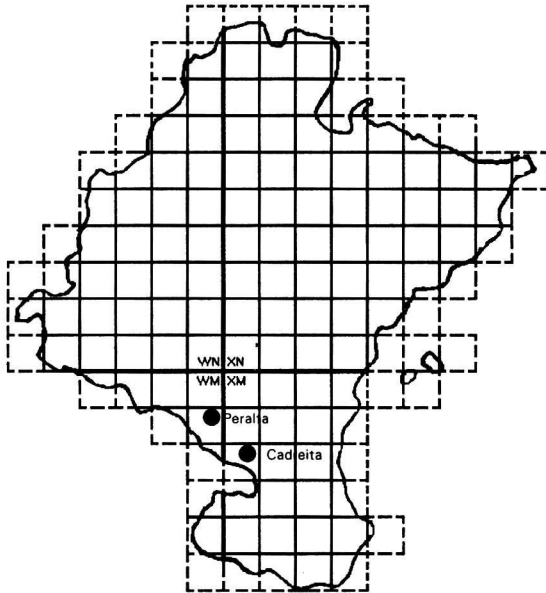


Figura 1.- Localización geográfica de las dos parcelas de cultivo

2. Bioclima

Los datos climáticos de ambas localidades (ELÍAS y RUIZ, 1996), se analizaron siguiendo el concepto de bioclimatología de RIVAS-MARTÍNEZ (1995 y 1997). De acuerdo a este análisis podemos decir que ambas localidades son de bioclima **mediterráneo pluviestacional oceánico**, con termotipo **mesomeditarráneo superior** y ombrotipo **seco**.

3. Suelo

El suelo de cultivo de las parcelas se muestreó a finales de julio, antes del abonado de fondo. Las muestras se han analizado, según los métodos oficiales de análisis del MINISTERIO DE AGRICULTURA (1971), en el Laboratorio Agrario del Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes del Gobierno de Navarra. Los

métodos de análisis de la textura, caliza total, caliza activa, materia orgánica oxidable, fósforo asimilable, potasio asimilable, pH, conductividad, extracto de saturación y capacidad de cambio, están detallados en CAVERO y LÓPEZ (1993). En la Tabla 1 se muestran los resultados de los análisis de suelo de las dos parcelas.

Siguiendo las recomendaciones de la CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y COMERCIO DE EXTREMADURA (1992), las propiedades físicas y químicas del suelo de partida eran:

La **textura** del suelo en ambas parcelas es franco-arcillo-limosa, según el sistema USDA, dominando la fracción **limosa** -64,07% en Cadreita y 56,72% en Peralta-. En un suelo con estas características se favorece la capacidad de retención de agua y de elementos nutritivos, aunque se pueden dar problemas de aireación del suelo.

La **caliza total**, expresada como $\%CaCO_3$, es **alta** en ambas parcelas, alcanzando un 33%. La **caliza activa**, aproximadamente un 12%, también se encuentra en **altos** niveles en las dos parcelas.

El contenido de **materia orgánica oxidable** -un poco más del 2%- es **normal** para las dos parcelas.

El **nitrógeno total** en ambas parcelas se encuentra alrededor de 0,15%, hallándose por lo tanto, en niveles **normales**.

El **fósforo asimilable**, determinado por el método Olsen, es de 24 ppm en Cadreita y 38 ppm en Peralta. Según estos datos, **Cadreita** tiene un nivel **normal** de fósforo y **Peralta** un nivel **alto**.

La **relación C/N** es menor que 10 en ambas parcelas, por lo que el humus de ambas parcelas es **rico** en nitrógeno y de tipo **mull cálcico carbonatado**.

El **pH** se encuentra alrededor de 7,6 (en KCl) en ambas parcelas, dando lugar a suelos **alcalinos**. A tales pHs, N, K, S, Ca, Mg y Mo se encuentran a su nivel óptimo de disponibilidad, mientras que la disponibilidad de Fe, Zn, Cu, Mn, B, Al, Co y P se encuentra por debajo de su óptimo.

La **conductividad eléctrica** estima la cantidad total de sales solubles en suelo. Al ser la conductividad en ambas parcelas menor que 2 mmhos/cm, los suelos de las dos parcelas son **normales** y **no afectados por las sales**. En Cadreita este valor se acerca a 2, Aún así, en los suelos con conductividad eléctrica entre 2 y 4, **ligeramente salinos**, sólo se ven afectadas las cosechas de cultivos muy sensibles.



Tabla 1.- Análisis de suelo de Cadreita y Peralta

ANÁLISIS FÍSICO	CADREITA	PERALTA
Humedad %	0,71	0,99
Arena gruesa % (2-0,2 mm)	0,45	2,24
Arena fina % (0,2-0,5 mm)	5,91	10,53
Arena m/fina % (0,05-0,02 mm)	15,33	17,93
Limo % (0,02-0,002 mm)	48,74	38,79
Arcilla % (<0,002 mm)	29,56	30,51
ANÁLISIS QUÍMICO		
Caliza total (%CO ₃ Ca)	33,20	31,60
Caliza activa (%CO ₃ Ca)	12,42	12,60
Mat. orgán. oxid. %	2,24	2,20
Nitrógeno t. (%N)	0,160	0,135
Fósforo asim. (ppm P)	24,00	38,00
Potasio asim. (ppm K)	208,00	273,00
Relación C/N:	8,13	9,48
pH (en agua 1:2,25)	8,06	8,18
pH (en KCl 0,1 M, 1:2,5)	7,69	7,67
Conduc. (1:1, mmhos/cm)	0,94	0,71
ANÁLISIS DEL EXTRACTO DE SATURACIÓN		
Capac. de saturac. (ml/100 g)	43,67	41,00
Sulfatos (meq/l de SO ₄ =)	6,97	5,28
Cloruros (meq/l de Cl-)	9,75	8,25
Carbonatos (meq/l de CO ₃ =)	0,00	0,00
Bicarbonatos (meq/l de CO ₃ H-)	10,90	9,00
Calcio (meq/l de Ca)	14,75	10,33
Magnesio (meq/l de Mg)	4,34	3,83
Sodio (meq/l de Na)	7,83	8,04
Potasio (meq/l de K)	0,50	0,33
R.A.S.	2,52	3,02
pH	8,41	8,58
Conductividad (mmhoms/cm)	1,995	1,513
CAPACIDAD DE CAMBIO		
Total (meq/100 g)	13,94	17,91
Calcio Camb. (meq/100 g)	15,50	16,80
Magnesio camb. (meq/100 g)	1,49	1,61
Sodio camb. (meq/100 g)	0,43	0,53
Potasio camb. (meq/100 g)	0,46	0,63



La **capacidad de cambio total**, alrededor de 15 meq/100g, es **normal** en las dos parcelas. En ambas parcelas está dominada por los cationes de calcio, siendo el nivel de **calcio de intercambio alto** para las dos parcelas. El **magnesio de intercambio** se encuentra en niveles **normales** para las dos parcelas, alrededor de 1,5 meq/100g. El **sodio de intercambio** está en niveles **bajos**, alrededor del 0,5 meq/100g y el **potasio** se encuentra en niveles **bajos** para Cadreita, 0,46 meq/100g, y **normal** en Peralta, 0,63 meq/100g.

Así pues contamos con **suelos ricos y buenos para el cultivo**, sin ningún tipo de deficiencia significativa en ambas parcelas.

II. PLANTA

Consideramos como material utilizado las **semillas y planta entera de cardo**. Las semillas sembradas en Cadreita y Peralta fueron proporcionadas por el ITGA.

A continuación describimos la **taxonomía y descripción botánica**, el **origen y expansión del cultivo**, las **exigencias agroclimáticas** y las **utilidades**.

1. Taxonomía y descripción botánica

La situación taxonómica del cardo es la siguiente:

Super-Reino: Eukariotae	Superorden: Asteranae
Reino: Plantae	Orden: Asterales
Subreino: Embryobionta	Familia: Asteraceae
División: Magnoliophyta	Género: <i>Cynara</i>
Clase: Magnoliatae	Especie: <i>Cynara cardunculus</i> L.
Subclase: Asteridae	

El cardo, en su ambiente natural, es una planta vivaz. El primer año desarrolla una roseta basal de hojas y es en el segundo año, cuando la planta entallece. El **tallo** que desarrolla es estriado y de crecimiento vertical. Las **hojas** basales son pecioladas y las caulinares superiores, sésiles; todas ellas tienen el limbo muy dividido con espinas en los bordes, aunque existen variedades sin ellas. Las **flores** se disponen en capítulos ovoides-globosos -45-60 cm de largo x 40-55 cm de ancho-. Las brácteas del involucreo acaban en una espina. Las flores tubulares son de color azul, lila o blanquecino. El **androceo** se compone de 5 estambres corolifloros y el **gineceo** de 2 carpelos abiertos y soldados con ovario ínfero y un estilo-estigma exerto. El **fruto** es un aquenio con punteaduras marrones y provisto de vilano. La época de floración, siempre en estado natural, comprende junio y julio. Las variedades cultivadas no llegan a terminar el ciclo vital.



2. Origen y expansión del cultivo

La distribución del cardo silvestre se extiende, actualmente por el sudoeste del Mediterráneo. El origen del cultivo es muy antiguo, en los Imperios Romano y Griego ya era conocido y durante la época Medieval fue ampliamente utilizado (FONT QUER, 1993). La expansión del cultivo hacia la Europa no mediterránea se produjo por la emigración de los cazadores hugonotes debido al Edicto de Nantes del 18 de octubre de 1685 (BLONDIN, 1983). La introducción en el continente americano se llevó a cabo por los españoles; en Argentina adquirió un gran desarrollo en las pampas, formando cardales (FONT QUER, 1993). Sin embargo, la distribución actual del cultivo del cardo se centra sobre todo en el **Mediterráneo**, siendo casi desconocido en el resto del mundo. En la base de datos de la FAO en Internet (<http://apps.fao.org>), no hay información sobre el cultivo del cardo, lo que indica que su cultivo está muy localizado.

En **España**, el cultivo de cardo está bastante extendido (MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN, 1990). En 1990, se produjeron 28200 Tm de cardo que aportaron 797 millones de pesetas.

La Figura 2 es una representación gráfica de los porcentajes de producción de cardo durante 1990 por comunidades autónomas.

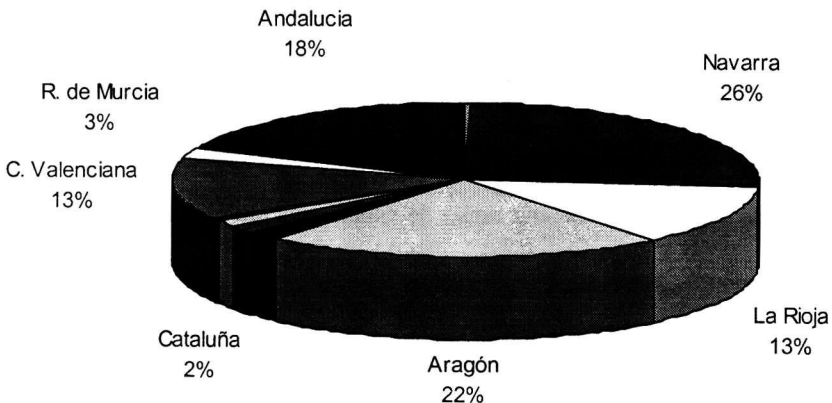


Figura 2.- Porcentaje de producción del cardo por comunidades autónomas en 1990



Las comunidades autónomas con mayor producción son Navarra, Aragón, Andalucía, La Rioja y Comunidad Valenciana -26%, 22%, 18%, 13% y 13%, respectivamente (Figura 2)-.

Navarra es la comunidad con mayor producción de cardo, 7.271 Tm en 239 Ha. En Aragón y Andalucía se cultiva más superficie -274 y 249 Ha, respectivamente-, pero se obtiene menor producción -6.277 y 5.114 Tm, respectivamente-.

La evolución del cultivo del cardo en Navarra desde 1987 hasta 1990 se muestra en la Tabla 2. Se observa que la producción del cardo se mantiene alrededor de las 7.000 Tm, exceptuando en 1989 que aumentó considerablemente puesto que la superficie cultivada fue mayor. Así pues, **Navarra** es la comunidad con **mayor rendimiento y producción de cardo de la Península**.

Tabla 2.- Evolución del cultivo del cardo en Navarra, 1987-1990

AÑOS	SUPERFICIE (has)	PRODUCCIÓN (Tm)	RENDIMIENTO (kg/ha)
1987	267	7.863	29.448
1988	260	6.569	25.266
1989	349	11.413	32.702
1990	239	7.241	30.423

3. Exigencias agroclimáticas

A continuación presentamos las exigencias del cultivo del cardo descritas por DEL VALLE (1987).

El cardo se cultiva mejor en **climas libres de heladas**. En inviernos fríos, la planta no muere pero se hielan las hojas y se secan; es conveniente trasplantarlo al campo de cultivo en periodos libres de helada. En climas demasiados calientes, puede volverse incomedible debido a los compuestos amargos que forma.

Se puede plantar en un ancho rango de **suelos**, aunque es preferible un suelo profundo -la raíz se desarrolla mucho y precisa un área lo suficientemente grande para su crecimiento-, arenoso y bien drenado.

El cultivo de cardo exige mucha **materia orgánica** y **elementos nutritivos**. Requiere gran cantidad de nitrógeno para facilitar la formación de las hojas; si el nitrógeno es insuficiente las pencas se vuelven muy amargas. La dosis de abonado recomendada es la siguiente: estiércol -medio hecho- 30-50 Tm/Ha, superfosfato de cal 400 Kg/Ha, sulfato de potasa 150 Kg/Ha, sulfato amónico 600 Kg/Ha. Además de este abonado de fondo, se realizan 2 ó 3 de cobertera a lo largo del cultivo.



La **irrigación** del cultivo depende del clima de la zona y del tipo de suelo. Es recomendable un aporte uniforme de agua. Se puede aplicar el primer riego en junio y posteriormente regar cada 15 días hasta septiembre. La falta de agua baja la calidad de la producción ya que las plantas se vuelven más amargas, menos macizas y hay menor rendimiento.

4. Utilidades

Del cardo se consumen principalmente, las pencas -nervio central- de las grandes hojas basales, después de limpiarlas y hervirlas, aunque también se puede consumir la **raíz hervida**, en ensalada. La infusión de la **raíz** tiene un efecto **laxante**, despejando las vías digestivas (FONT QUER, 1993). Otras propiedades curativas relacionadas con el cardo son su efecto **diurético** y efectos beneficiosos sobre el **hígado** (DEL VALLE, 1987). También puede ser un alimento de régimen para diabéticos porque contiene inulina, en lugar de almidón, en todas sus partes (FONT QUER, 1993). Las **flores** del cardo silvestre se emplean, ampliamente, en la producción de queso; para lo cual se dejan secar al aire libre y a la sombra, y después se almacenan en sitio seco (SOUSA & MALCATA, 1996). Las flores secas comercializadas se maceran en agua templada, para obtener las **proteínas** con efecto caseinolítico; el extracto así obtenido se añade a la leche a unos 40°C y la mezcla se deja en reposo hasta que cuaja (DEL VALLE, 1987).

III. PRÁCTICAS AGRÍCOLAS

A continuación presentamos las prácticas agrícolas realizadas en nuestras parcelas, que son las que habitualmente realizan los agricultores de la Ribera de Navarra.

El cardo se siembra en semilleros a principios de mayo. A los dos meses las plantas de semilleros se transplantan a las parcelas, previamente preparadas mediante un abonado de fondo. Los **cuadros de plantación** dependen de la fertilidad del suelo, pero se recomienda una distancia entre surcos de **60 ó 70 cm** y una distancia entre plantas de **60 cm**. A la hora del trasplante se puede marcar el lugar de trasplante con bolas de abono mineral, que mejora el enraizamiento de la planta; además, para este mismo fin se corta la mitad superior de las hojas de la planta de semillero, para encauzar el flujo de nutrientes hacia la raíz. Una vez realizado el trasplante, se riega.

A los 8 días del trasplante se riega otra vez y se enrasan los surcos del cultivo para que la planta se ensanche.



Durante el crecimiento del cultivo las prácticas agrícolas que se utilizan -Tabla 3- son: dos abonados de cobertera, tratamientos con fungicidas, herbicidas e insecticidas, y riegos cada 15 días dependiendo de la climatología.

A mediados de noviembre se atan las plantas para el blanqueo o aclareo de las hojas -parte comestible-. El método más utilizado es recoger las hojas, taparlas con un saco marrón y atarlas con cuerdas. Al acabar de atar se realiza el último riego.

La cosecha comienza en noviembre y puede continuar hasta diciembre y enero dependiendo de la demanda del mercado.

Las plantas para el mercado se preparan cortando la raíz y eliminando las hojas más externas.

En la Tabla 3 se detallan los tratamientos realizados en las dos parcelas durante el periodo de cultivo.

IV. LABORATORIOS

A continuación mencionamos los laboratorios en los que se han realizado los análisis elementales:

1. **Laboratorio Agrario.** Servicio de Agricultura y Ganadería. Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes del Gobierno de Navarra, Villava. En este laboratorio se analizó el N mediante el método Kjeldahl, P por colorimetría y Mg, Fe y Cu por espectroscopía de absorción atómica -AAS-. Además, se realizó el análisis del suelo de cultivo.

2. **Interfaculty Reactor Institute.** Technische Universiteit Delft. Hekelweg 15, 2629 Jb Delft, The Netherlands. En este laboratorio se analizaron el Na, Cl, K, Ca, Sc, Mn, Co, Zn, Br, Rb, W y Au por análisis instrumental por activación con neutrones -INAA-.

3. **Soil Testing Laboratory.** Department of Agronomy, Colorado State University. 80523 Colorado, USA. Aquí se analizó el B por espectroscopía de emisión por plasma de acoplamiento inductivo -AES/ICP-.

V. PROGRAMAS INFORMÁTICOS

Los programas informáticos utilizados son **Excell**, como hoja de cálculo para realizar las tablas y gráficas; **Word**, como procesador de texto para la redacción del informe; y **SPSS**, como programa estadístico para el análisis de los resultados.



Tabla 3.- Tratamientos realizados durante el cultivo del cardo

FECHA	PARCELA	
	Cadreita	Peralta
07-05-91	-	Siembra en semilleros
	-	Abonado
09-05-91	Siembra en semilleros	-
	Abonado	-
25-07-91	-	Abonado de fondo
30-07-91	Abonado de fondo	-
	75 kg 9:23:30 -NPK-	
31-07-91	Transplante a campo de cultivo	Transplante a campo de cultivo
	Riego	Abonado con 30 kg bolas de superfosfato 98
		Riego
07-08-91	Riego	-
08-08-91	-	Riego
13-08-91	100 cc Linuron -Herbicida-	-
20-08-91	Riego	-
23-08-91	Abonado de cobertera	-
	25 kg de 33.5% Nitratos	
27-08-91	60 cc Salut -Herbicida-	-
	75 cc Peltar -Fungicida foliar-	
	75 cc Applaud -Insecticida foliar-	
28-08-91	Abonado de cobertera	-
	100 kg nitrato nítrico amoniacal 33%	
	Dursban -Insecticida foliar-	
09-09-91	Riego	-
12-09-91	-	Riego
		Bayleton -Fungicida foliar-
27-09-91	-	Riego
07-10-91	2º abonado de cobertera	-
	20 kg 33.5 % nitratos	
12-10-91	-	Riego
18-10-91	75 cc Salut -Herbicida-	-
	90 cc Mankey -Fungicida foliar-	
22-10-91	Riego	-
12-11-91	Riego	-
10/15-11-91	Atado	Atado
15-11-91	-	Riego
25-11-91	-	Riego

MÉTODO

El método utilizado consiste en el **muestreo, recogida y preparación del material**; la aplicación de las **técnicas de análisis elemental**; y, por último, la aplicación de las **técnicas de análisis de datos**.



I. MUESTREO, RECOGIDA Y PREPARACIÓN DEL MATERIAL

Hemos seguido el método de muestreo, recogida y preparación del material de CAVERO y LÓPEZ (1993), con pequeñas modificaciones que señalaremos a continuación.

En Cadreita se eligió para el muestreo **una hilera** de cultivo, situada en el centro de la parcela. De ella se extrajeron las muestras, evitando las plantas del borde. En **Peralta** se muestreó en un **cuadrado de 4 x 4 m**, alejado de los bordes. En ambas subparcelas se eligieron los individuos aleatoriamente.

El material de muestreo han sido **plantas enteras** en 6 estadios del ciclo vital **-semilla, planta de semillero, planta tomada en campo, planta en periodo vegetativo, planta antes de atar, y planta plena de campo-**. También tomamos muestras de hojas en dos estadios del ciclo vital **-planta tomada (1 muestreo) y planta antes de atar (2 muestreos)-**.

Por último, muestreamos la **planta preparada** para el mercado, ya sin raíces ni hojas externas. De planta preparada para el mercado recogimos, además del cultivar de estudio, otros dos cultivares más, en preselección, de **Peralta** -cultivar 2- y de **Calahorra** -cultivar 3-.

En la Tabla 4, aparecen las **fechas de muestreo, número de individuos muestreados, estadio fenológico de los individuos** y la **denominación de cada muestra**. Dado que el tamaño de la planta es muy variable en sus diferentes estadios, hemos necesitado muestrear diferente número de individuos dependiendo del mismo. El número de individuos queda indicado en la segunda columna. Para el muestreo de semillas, la cantidad utilizada se expresa en gramos y no en número de individuos.

Tabla 4.- Protocolo de muestreo de plantas, hojas y cultivares de cardo

FECHA	Nº INDIVIDUOS	ESTADIO FENOLÓGICO	MUESTRA
14-05-91	100 ⁽¹⁾	Semillas	A
31-07-91	5	Planta de semillero	B
31-08-91	3	Planta tomada en campo	C
31-08-91	9	Hojas de planta tomada	H
16-10-91	2	Planta en periodo vegetativo	D
05-11-91	2	Planta antes de atar	E
05-11-91	9	Hojas de planta antes de atar	I
05-11-91	9	Hojas de planta antes de atar	J
25-11-91	2	Planta plena de campo	F
25-11-91	2	Planta para el mercado	G
25-11-91	2	Cultivar de mercado 2	K
25-11-91	2	Cultivar de mercado 3	L

(1) Cantidad de gramos muestreada



Las **semillas** muestreadas al peso, fueron las mismas para Cadreita y Peralta.

Las **plantas de semilleros** y las **plantas de campo** se arrancaron enteras, con todas sus raíces y hojas.

A partir del muestreo de planta en periodo vegetativo los individuos eran de gran tamaño y, para quedarnos con la cantidad adecuada de muestra seca, procedimos del siguiente modo: pesamos la planta entera, separamos la raíz de la parte aérea y pesamos cada parte; calculamos la proporción de raíz/parte aérea y, cortando longitudinal- y radialmente ambos órganos, obtuvimos partes proporcionales de raíz y parte aérea, respectivamente.

Para los muestreos de **hojas** tomamos, de tres individuos vegetales diferentes, la mitad apical de 3 hojas ni jóvenes ni viejas.

II. TÉCNICAS DE ANÁLISIS ELEMENTAL

Las técnicas utilizadas para el análisis elemental han sido: Kjeldahl, espectroscopía de emisión atómica por plasma de acoplamiento inductivo -AES/ICP-, espectroscopía por absorción atómica -AAS-, análisis instrumental por activación con neutrones -INAA- y colorimetría -C-.

-**Kjeldahl** es el método habitual para la determinación de **N**.

-**AES/ICP** es un método fiable para la determinación de **B**.

-**INAA** tiene la capacidad de analizar simultáneamente un alto número de elementos. En este estudio se han analizado por esta técnica el **Na, Cl, K, Ca, Sc, Mn, Co, Zn, Br, Rb, W y Au**.

-**AAS** ha sido la técnica utilizada para el análisis de **Cu y Fe**.

-La **colorimetría** se ha utilizado para determinar el **P**.

TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS

Los datos se han analizado desde dos puntos de vista:

1. Los 18 elementos muestreo por muestreo.
2. La evolución de los 18 elementos a lo largo del ciclo vital.

Para ello disponemos de :

-2 localidades

-12 muestreos por localidad

-18 elementos por muestreo y por localidad

1. Para analizar la **concentración de los 18 elementos muestreo por muestreo**, hemos realizado 12 **catálogos de concentraciones elementales**, uno por muestreo. Un catálogo es una tabla de concentraciones elementales en ppm, expresadas como potencias de 10. En las filas se representan los datos de un



muestreo y en las columnas los intervalos de rango de magnitud. De este modo, los elementos se disponen en la columna correspondiente al intervalo de su rango de exponente. Por ejemplo, en el estadio A del ciclo vital, **B**, **Co** y **Rb** figuran en el intervalo entre los rangos $x=0$ y $x=1$: esto significa que su concentración se encuentra entre 1 y 10 ppm. Esta representación simplificada de los rangos de concentración nos permite efectuar con comodidad algunas observaciones sobre muestreos individuales y sobre conjuntos de muestreos. En general, los rangos de las concentraciones elementales coinciden en las dos parcelas en cada muestreo. Por eso realizamos un catastro para cada muestreo, que reúne los datos de las dos localidades; si las concentraciones elementales de las dos parcelas no coinciden en el mismo rango, el elemento se acompaña de un subíndice que indica la parcela.

2. Para analizar la **evolución de los 18 elementos a lo largo del ciclo vital**, hemos realizado 18 gráficas de evolución, una por cada elemento y 18 ANOVAS de dos criterios sin repetición, uno por cada elemento.

En las **gráficas de evolución** hemos contrastado concentración y estadios del ciclo vital, utilizando los datos de las dos localidades.

Para comprobar estadísticamente las tendencias observadas en las gráficas, hemos realizado los 18 **ANOVAS de dos criterios sin repetición** uno para cada elemento. Estos ANOVAS nos permiten conocer si hay o no diferencias significativas en la concentración de cada elemento entre parcelas -primer criterio- y/o entre muestreos en general -segundo criterio-. Cuando las diferencias entre muestreos son significativas y las diferencias entre parcelas son no significativas, hemos realizado un test *a posteriori* que profundiza, comparando los muestreos, en dónde se encuentran, exactamente, estas diferencias significativas. Hemos elegido como test *a posteriori* el **test de contrastes ortogonales** (TCO), ya que permite hacer comparaciones agrupando muestreos -en nuestro estudio tenemos un criterio de agrupación: ciclo vital y hojas-, y además, permite hacer comparaciones de muestreos dos a dos para afinar en las diferencias. Los TCO se han realizado con el objetivo de detectar diferencias entre:

1. Estadios del ciclo vital
2. Ciclo vital y hojas:
 - Hojas en diferentes estadios del ciclo vital
 - Hojas con su respectivo muestreo de planta entera
3. Planta preparada para mercado y su respectivo muestreo de planta entera



RESULTADOS

Vamos a comentar los **resultados del análisis elemental** y los **resultados del análisis de los datos**.

I. ANÁLISIS ELEMENTAL

Los resultados obtenidos a partir de los análisis elementales se reúnen en la Tabla 5. En ella se recogen las **concentraciones** de cada elemento, en las **dos parcelas**, por **muestreos**. Estos muestreos se han agrupado en ciclo vital, hojas, y cultivares para permitirnos una mejor comparación de los resultados obtenidos. En la leyenda a pie de tabla se aclara que estadio representa cada letra.

La **primera columna** hace referencia a la unidad en la que se expresan las concentraciones. La **segunda columna** indica los elementos analizados y la **tercera**, las parcelas de estudio. Las columnas de **A a F** contienen las concentraciones del ciclo vital, seguidas de su media $-X-$ y su coeficiente de variación $-%CV-$. En la continuación de la tabla, las columnas de **H a J** contienen las concentraciones obtenidas de las hojas, seguidas de la media $-X-$ y el coeficiente de variación $-%CV-$. Las columnas **G, K y L** corresponden a las concentraciones de los cultivares, seguidas también, de su media $-x-$ y su coeficiente de variación $-%CV-$. La última columna indica la técnica por la que se ha determinado la concentración de cada elemento.

Si analizamos los CV -considerando un CV **alto**, cuando $CV > 60$; **medio**, cuando $60 > CV > 30$; y **bajo**, cuando $CV < 30$ - se observa que: los mayores CV aparecen en las hojas, sobre todo para el Na, Sc, Co y Au, que tienen un CV muy alto, por encima de 100%; en el ciclo vital la mayoría de los CV se encuentran en el rango medio $-60 > CV > 30$. Los elementos con CV muy altos $-CV > 100\%$ - son el Co y W; los cultivares presentan una mayor homogeneidad en los datos ya que todos los elementos, menos el N y el P, tienen un CV bajo $-CV < 30-$.

II. ANÁLISIS DE DATOS

En primer lugar, analizaremos los **datos de las concentraciones** de los 18 elementos por **estadios**, para lo que vamos a realizar una serie de **catastros de concentraciones elementales**, uno para cada estadio. A continuación, analizaremos la **evolución de los 18 elementos** a lo largo del ciclo vital y **compararemos** entre sí los **estadios**.

1. Concentración de los 18 elementos en cada uno de los estadios

Para estudiar la concentración de los 18 elementos en cada uno de los estadios, hemos realizado 12 catastros de concentraciones elementales.

En la Tabla 6 mostramos los catastros de concentraciones elementales de todos los muestreos -del A al L-.

Tabla 5.- Concentraciones elementales del cardo de Cadreita y Peralta

	Elementos	Parcela	CICLO VITAL							%CV
			A	B	C	D	E	F	X	
ppm = mg x kg-1	B	Cadreita	6,8	11,5	30	11,8	19,8	16,1	16	51,00
		Peralta	6,8	18	20,2	16,8	16,1	16,2	15,68	29,41
%	N	Cadreita	2,86	1,61	3,02	2,63	2,11	1,96	2,37	23,49
		Peralta	2,86	1,46	3	2,9	2,7	1,93	2,48	25,44
	Na	Cadreita	0,0113	0,78	0,774	1,73	1,56	1,6	1,08	62,34
		Peralta	0,0113	1,86	1,75	1,23	1,07	1,11	1,17	56,25
	Mg	Cadreita	0,38	0,24	0,47	0,29	0,23	0,24	0,31	31,47
		Peralta	0,38	0,25	0,33	0,23	0,15	0,11	0,24	42,56
	P	Cadreita	0,64	0,26	0,29	0,23	0,27	0,24	0,32	48,93
		Peralta	0,64	0,2	0,32	0,27	0,32	0,24	0,33	47,65
	Cl	Cadreita	0,0396	2,98	3,78	3,31	3,08	3,51	2,78	49,40
		Peralta	0,0396	3,32	3,43	3,92	3,49	4,02	3,04	49,22
	K	Cadreita	0,641	4,95	4,7	3,6	3,55	3,59	3,51	43,71
		Peralta	0,641	3,23	3,3	5,05	4,34	4,34	3,48	44,66
	Ca	Cadreita	0,364	0,916	1,81	1,29	0,941	1,22	1,09	44,08
		Peralta	0,364	1,03	1,77	1,46	1,16	1,23	1,17	40,43
ppm = mg x kg-1	Sc	Cadreita	0,0203	0,0944	0,165	0,122	0,0559	0,126	0,10	53,75
		Peralta	0,0203	0,111	0,138	0,109	0,079	0,0714	0,09	46,54
	Mn	Cadreita	24	12,8	48,8	28	22,7	32,3	28,10	42,89
		Peralta	24	11,7	47,4	30,7	26,5	22,6	27,15	43,34
	Fe	Cadreita	142	484	1696	411	258	433	570,67	99,12
		Peralta	142	329	416	360	255	232	289,00	34,18
	Co	Cadreita	6,88	18,2	85,2	10,5	8,97	8,5	23,04	133,27
		Peralta	6,88	3,22	2,16	2,96	1,18	0,999	2,90	74,07
	Cu	Cadreita	15	9	19	16	15	14	14,67	22,27
		Peralta	15	13	18	14	13	11	14	16,90
	Zn	Cadreita	41,9	16,7	30,9	22,1	23,4	24,7	26,62	32,95
		Peralta	41,9	20,3	34,7	21,5	19,2	14,1	25,28	42,08
	Br	Cadreita	0,274	16,4	16,5	17,3	17,4	18,4	14,38	48,32
		Peralta	0,274	44,9	36,9	27,1	22,3	24,8	26,05	58,33
Rb	Cadreita	4,11	5,64	7,49	9,14	9,8	11,5	7,95	34,57	
	Peralta	4,11	7,81	5,81	6,43	5,94	5,54	5,94	20,29	
W	Cadreita	13,1	41,5	166	25	29,5	25,8	50,15	114,62	
	Peralta	13,1	17,8	7,58	10	8,14	13,2	11,64	33,05	
Au	Cadreita	0,0319	0,0288	0,0678	0,036	0,144	0,021	0,05	84,72	
	Peralta	0,0319	0,0543	0,13	0,0712	0,0609	0,0395	0,06	54,22	



...Continuación Tabla 5

	Eltos	HOJAS				CULTIVARES					Técnica
		I	J	X	%CV	G	K	L	X	%CV	
ppm = mg x kg-1	B	13	20,7	18,30	25,12	16	22,60	18,40	19,00	17,58	AES/ICP
		12,6	20	16,53	22,51	17,3					
%	N	3,65	3,37	3,87	16,51	1,39	1,18	2,46	1,68	40,94	Kjeldhal
		3,29	3,13	3,65	20,86	1,72					
	Na	0,784	1,28	0,95	30,19	2,67	2,31	1,65	2,21	23,41	INAA
		0,688	0,62	0,96	55,85	1,15					
	Mg	0,18	0,18	0,28	61,86	0,33	0,26	0,24	0,28	17,08	AAS
		0,11	0,11	0,19	72,93	0,16					
	P	0,43	0,34	0,39	12,01	0,17	0,13	0,26	0,19	35,67	C
		0,37	0,31	0,36	12,73	0,27					
Cl	1,34	2,3	2,49	50,21	5,51	5,19	3,91	4,87	17,38	INAA	
	2,14	2,47	2,78	30,18	4,47						
K	2,76	2,79	3,37	30,51	4,14	4,23	4,48	4,28	4,11	INAA	
	3,83	3,84	3,88	1,87	5,42						
Ca	0,622	0,901	1,22	66,46	1,35	1,67	1,28	1,43	14,51	INAA	
	0,928	1,05	1,37	48,46	1,03						
ppm = mg x kg-1	Sc	0,00924	0,00991	0,04	129,74	0,0414	0,0317	0,0425	0,04	15,42	INAA
		0,00434	0,00608	0,06	156,99	0,0256					
	Mn	28,9	30,7	40,12	44,60	19,2	17,4	13,9	16,83	16,01	INAA
		27,5	33	44,67	56,24	13,6					
	Fe	153	112	262,00	85,97	276	265	219	253,33	11,94	AAS
		71	195	263,33	88,90	110					
	Co	7,71	2,87	12,01	98,99	10,2	16,5	13,1	13,27	23,77	INAA
		1,16	12,3	5,59	105,77	1,66					
	Cu	8	8	9,00	19,25	12	9	10	10,33	14,78	AAS
		6	5	6,67	31,22	9					
Zn	36,2	27,2	32,23	14,25	18	16,5	26,5	20,33	26,52	INAA	
	21	18,1	26,45	45,52	14,3						
Br	5,94	12	11,13	43,26	36,5	34,6	20,1	30,40	29,51	INAA	
	10,8	12	18,48	66,46	24						
Rb	9,68	7,83	8,54	11,65	10,6	11,2	12,9	11,57	10,31	INAA	
	4,38	3,1	4,50	32,39	7,49						
W	20	9,96	33,09	95,99	33,6	43,4	32	36,33	16,99	INAA	
	6,65	28,2	22,83	62,53	17,2						
Au	0,0404	0,0256	0,08	103,75	0,0398	0,0323	0,0451	0,04	16,46	INAA	
	0,0273	0,0303	0,07	101,14	0,0665						

Legenda: A-semillas iguales para ambas parcelas, B-plántula de semillero, C-planta tomada en campo, D-planta en periodo vegetativo, E-planta antes de atar, F-planta plena de campo, H-hojas de planta tomada, I-J-hojas de planta antes de atar, G-planta para mercado, K-cultivar 1, L-cultivar 2.

Tabla 6.- Catastro de concentraciones elementales de los muestreos

	10 ^x	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
CICLO VITAL	A	-	Sc Au	Br	B Co Rb	Mn Cu Zn W	Na Cl Fe	Mg P K Ca	N	-	
	B	-	Sc _c Au	Sc _p	Co _p Cu _c Rb	B Mn Co _c Cu _p Zn Br W	Fe	Na _c Mg P Ca _c	N Na _p Cl K Ca _p	-	
	C	-	Au _c	Sc Au _p	Co _p Rb W _p	B Mn Co _c Cu Zn Br	Fe _p W _c	Na _c Mg P Fe _c	N Na _p Cl K Ca	-	
	D	-	Au	Sc	Co _p Rb	B Mn Co _c Cu Zn Br W	Fe	Mg P	N Na Cl K Ca	-	
	E	-	Sc Au _p	Au _c	Co Rb W _p	B Mn Cu Zn Br W _c	Fe	Mg P Ca _c	N Na Cl K Ca _p	-	
	F	-	Sc _p Au	Sc _c Co _p	Co _c Rb _p	B Mn Cu Zn Br Rb _c W	Fe	Mg P	N Na Cl K Ca	-	



... Continuación de la Tabla 6

	10 ^x	x=-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
HOJAS	H	-	Sc _c Au _p	Sc _p Au _c	Co _p Cu _p Rb	B Mn Co _c Cu _c Zn Br W	Fe	Na _c Mg P	N Na _p Cl K Ca	-	
	I	-	Sc Au	-	Co Cu Br _c Rb W _p	B Mn Fe _p Zn Br _p W _c	Fe _c	Mg P Na	N Cl K Ca	-	
	J	-	Sc Au	-	Co _c Cu Rb W _c	B Mn Co _p Zn Br W _p	Fe	Na _p Mg P Ca _c	N Na _c Cl K Ca _p	-	
CULTI- VARES	G	-	Sc Au	-	Co _p Cu _p Rb _p	B Mn Co _c Cu _c Zn Br Rb _c W	Fe	Mg P	N Na Cl K Ca	-	
	K	-	Sc Au	-	Cu	B Mn Co Zn Br Rb W	Fe	Mg P	N Na Cl K Ca	-	
	L	-	Sc Au	-	-	B Mn Co Cu Zn Br Rb W	Fe	Mg P	N Na Cl K Ca	-	



Primero vamos a comentar el catastro **en conjunto**, -ciclo vital, hojas y cultivares- y luego comentaremos **cada parte por separado**.

Observando los catastros **en conjunto**, notamos una ausencia de elementos con concentraciones menores que 10^{-2} y mayores que 10^5 . Es decir, faltan elementos supertraza -no afinan más las técnicas de análisis disponibles- y elementos en grandes concentraciones como el C, H y O -que no se han analizado-.

El rango en el que encontramos mayor número de elementos es 10^1 y 10^2 seguido por el rango 10^4 y 10^5 .

Podemos notar que hay elementos que se mantienen **constantes** en el mismo rango en todos los catastros son el Mg, P y N, y otros que **varían** en uno o dos: Br, B, Cl, Fe y K.

También encontramos elementos, como el Rb, que cambian de rango en uno de los tres grupos de catastros: en el ciclo vital y en las hojas se encuentra más o menos constante en el rango de 10^0 a 10^1 , pero en los catastros de cultivares asciende al rango de 10^1 a 10^2 . El Sc y Au permanecen constantes en el rango de 10^{-2} - 10^{-1} en los catastros de hojas y cultivares, pero en los catastros del ciclo vital se encuentran repartidos en dos rangos, 10^{-2} - 10^{-1} y 10^{-1} - 10^0 .

A lo largo del **ciclo vital** -filas de A a F-, hay elementos que mantienen su rango de magnitud: el Fe se mantiene dentro del rango de 10^2 y 10^3 ; el Mg y P entre 10^3 y 10^4 ; el N entre 10^4 y 10^5 . También hay elementos que mantienen su rango salvo algunas excepciones en determinados estadios, por ejemplo, el Rb y Co se mantienen entre 10^0 y 10^1 -excepto algunas variaciones en una localidad para el Rb en el muestreo F, y Co en los muestreos B, C, D y F-; y el Mn, Zn y Cu entre 10^1 y 10^2 -excepto por una bajada del Cu en Cadreita al rango entre 10^0 y 10^1 . Por último, encontramos elementos que varían de intervalos de magnitud, por ejemplo, Sc y Au, a lo largo de todo el ciclo vital, se encuentran entre dos intervalos, 10^{-2} - 10^{-1} y 10^{-1} - 10^0 ; el W permanece en el intervalo de 10^1 - 10^2 , aumentando o disminuyendo de magnitud en el catastro del estadio C y del estadio E.

El catastro del muestreo A -**estadio de semilla**- se diferencia de los catastros del resto de estadios del ciclo vital, por presentar algunos elementos en menores concentraciones. Así en semilla aparecen en un rango inferior de concentración B, K y Ca y en 2 rangos inferiores Br, Cl, y Na, respecto al resto de los estadios. Estos elementos se mantienen en los rangos superiores a lo largo de los muestreos del resto del ciclo vital, excepto Na y Ca en los que se observa alguna variación en una parcela, en los estadios B, C y E. En resumen, en el estadio de semilla aparecen



algunos elementos -6 de 18- en menor rango de concentración que en el resto de estadíos del ciclo.

En los catastros de las **hojas** observamos que todos los elementos presentan una tendencia a mantenerse en un mismo rango. Los elementos que se mantienen en el mismo rango, sin excepción, son Rb, B, Mn, Zn, Mg, P, N, Cl y K. El resto de elementos muestran variaciones de rango en algunos estadíos para una de las dos parcelas. El mayor número de cambios se observa entre los rangos de 10^0 - 10^1 y 10^1 - 10^2 . Por otra parte, podemos notar que, en los catastros de hojas el Cu se encuentra en un rango de concentración menor que en los catastros de los estadíos del ciclo vital

Dentro de los **cultivares** se observa menos variación en los rangos de concentraciones: es decir, el 83,33% de los elementos permanecen constantes dentro de un mismo rango, excepto Co, Cu y Rb, que presentan variaciones en los rangos de 10^0 - 10^1 y de 10^1 - 10^2 . En el rango de 10^1 - 10^0 no encontramos ningún elemento, esto significa que los elementos que se encontraban en este rango en el ciclo vital y hojas, están aquí o más concentrados o más diluidos, así Sc y Au han descendido al rango 10^{-2} - 10^{-1} , y Br y Co han ascendido al rango 10^1 - 10^2 .

2. Evolución de la concentración de cada elemento a lo largo del ciclo vital

La evolución de la concentración de cada elemento a lo largo del ciclo vital se ha analizado mediante gráficas y ANOVAS.

De la tabla de las concentraciones elementales del cardo -Tabla 5-, hemos extraído los datos correspondientes al ciclo vital y hemos realizado 18 gráficas de evolución de la concentración de cada elemento y en las dos parcelas. En abscisas se encuentran los **muestreos del ciclo vital** -de A a F- y en ordenadas los valores de las **concentraciones del elemento** en % o ppm; la línea de puntos corresponde a la parcela de Cadreita y la línea sólida a la de Peralta. Estas gráficas se recogen en la Figura 3.

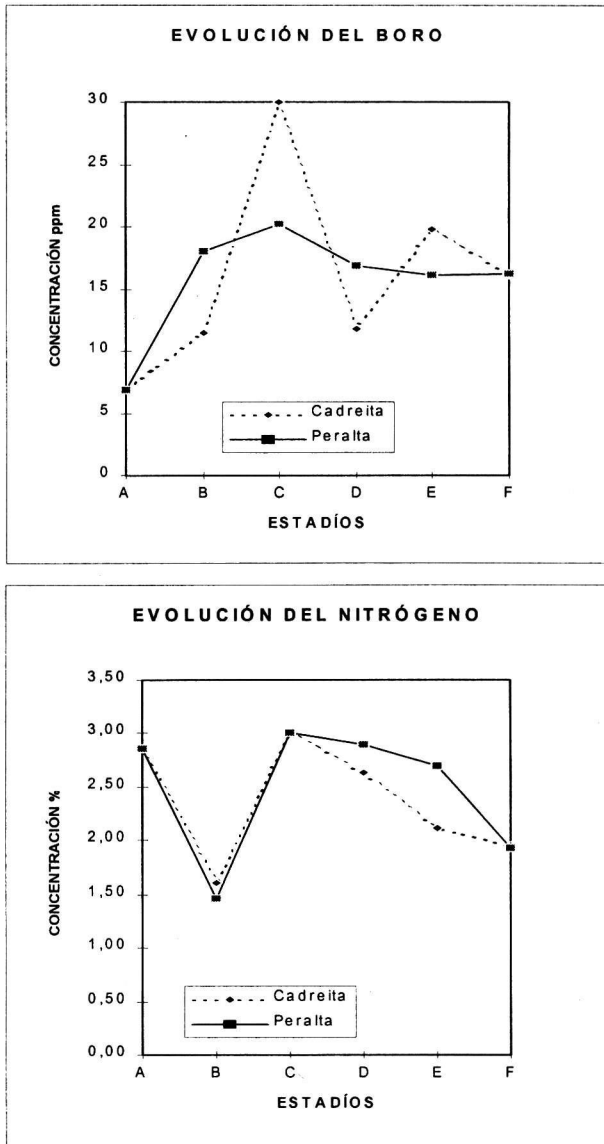
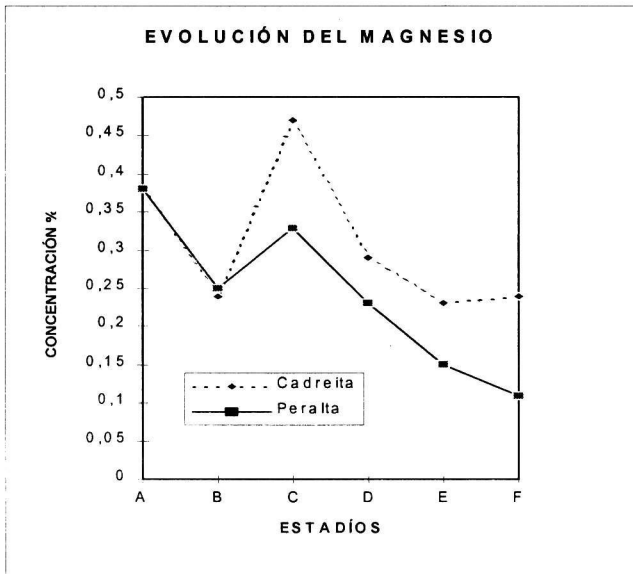
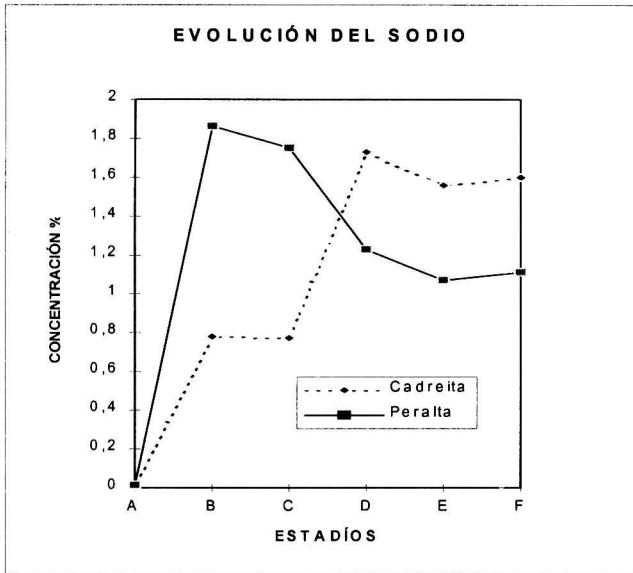
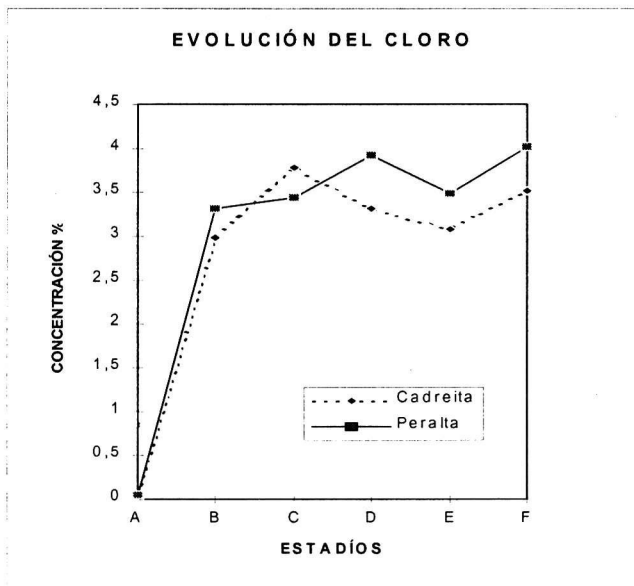
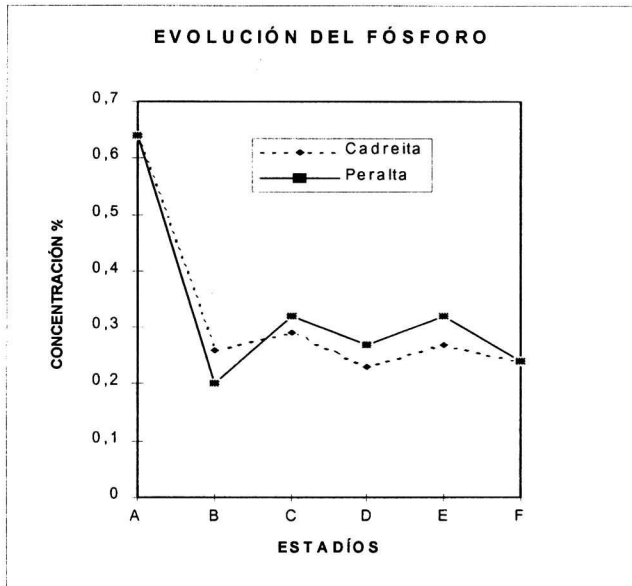


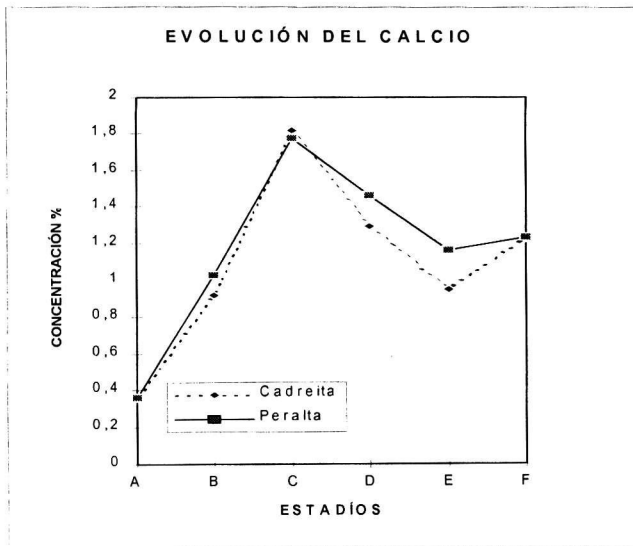
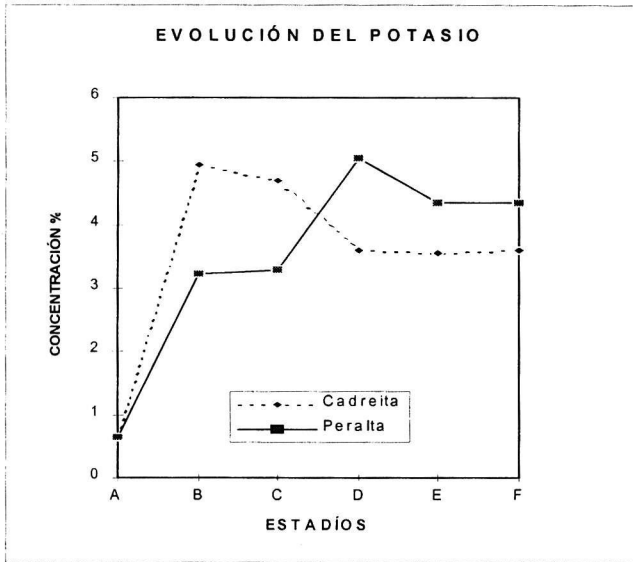
Figura 3.- Evolución de las concentraciones elementales a lo largo del ciclo vital



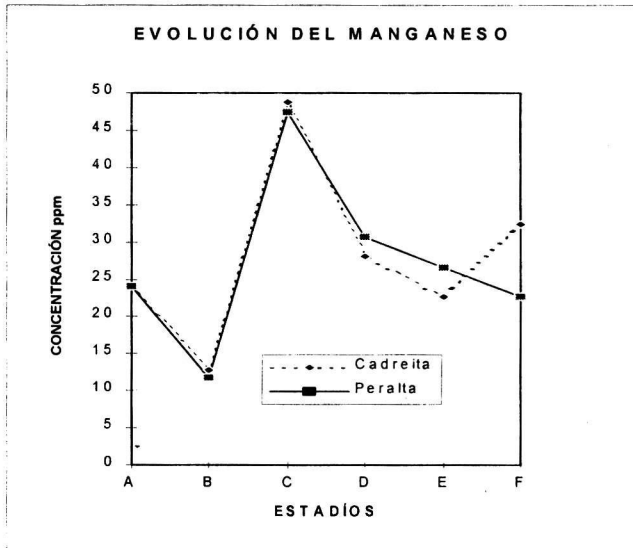
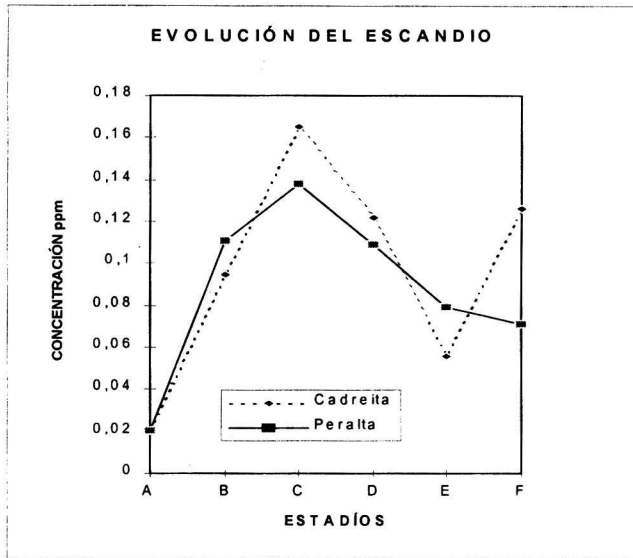
...Continuación Figura 3



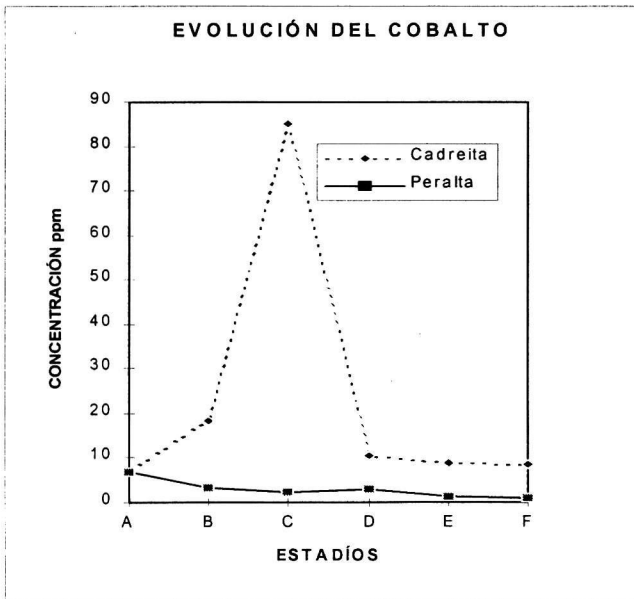
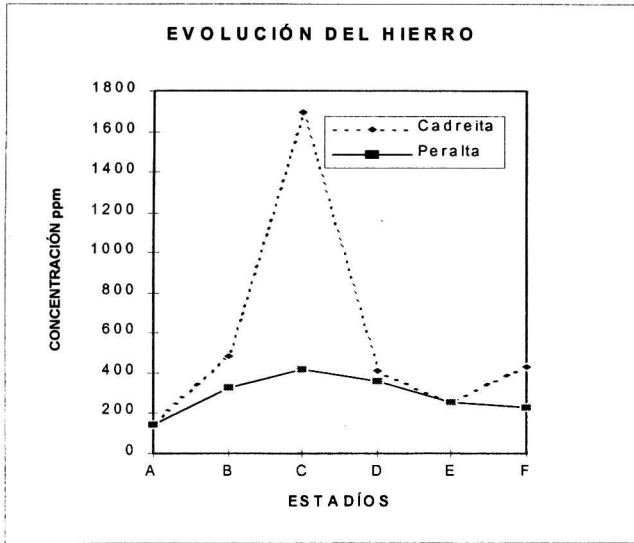
...Continuación Figura 3



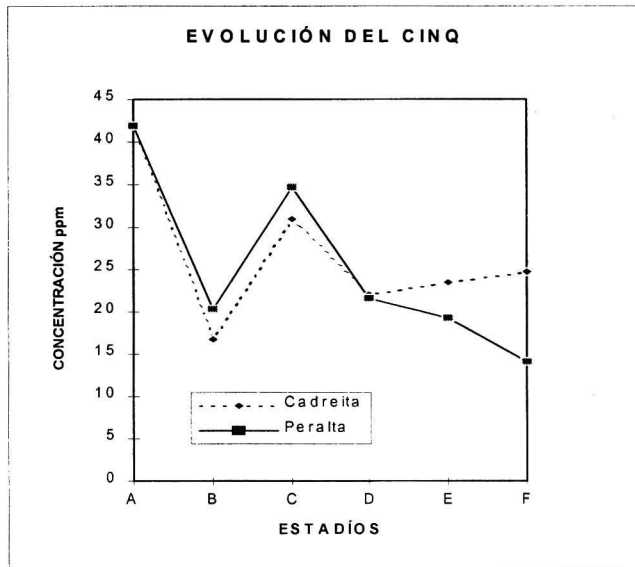
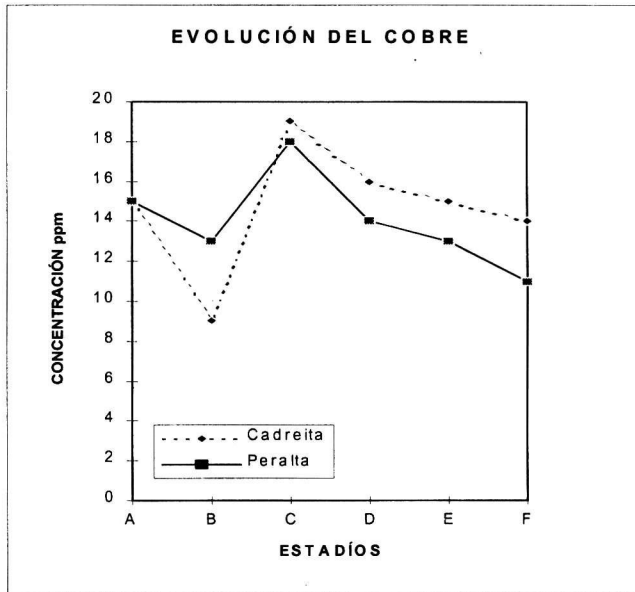
...Continuación Figura 3



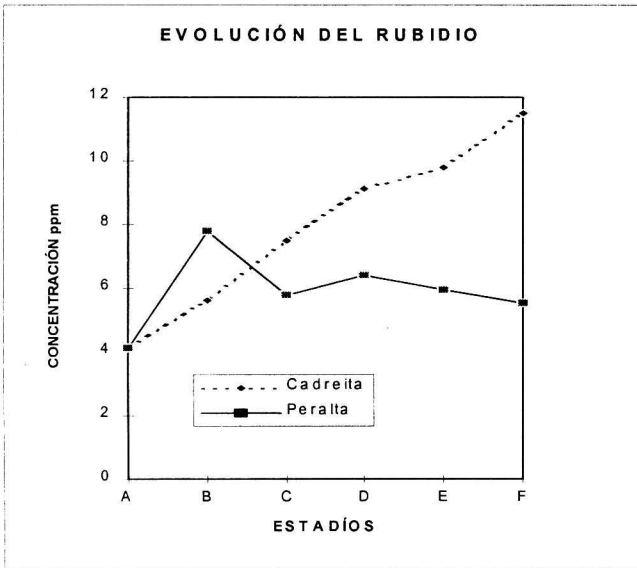
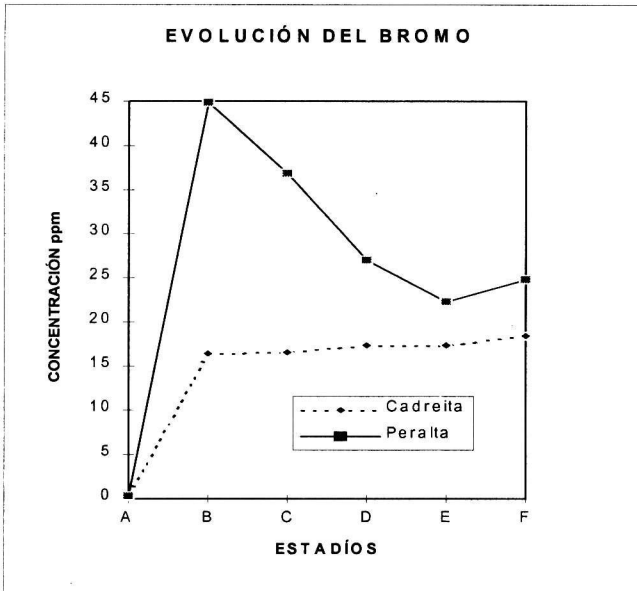
...Continuación Figura 3



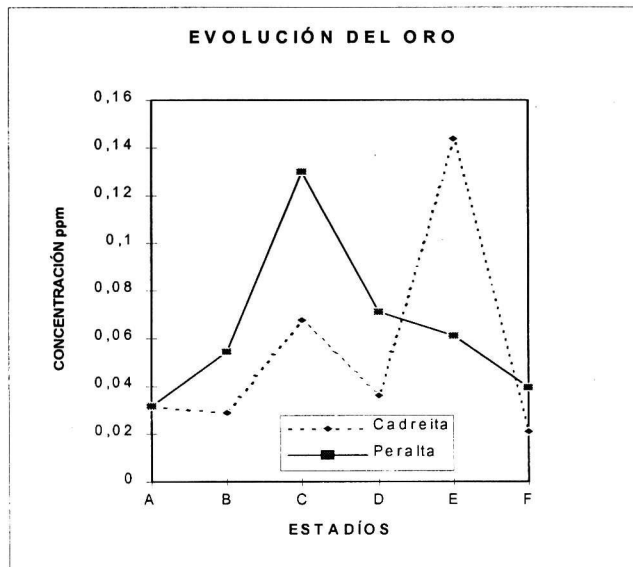
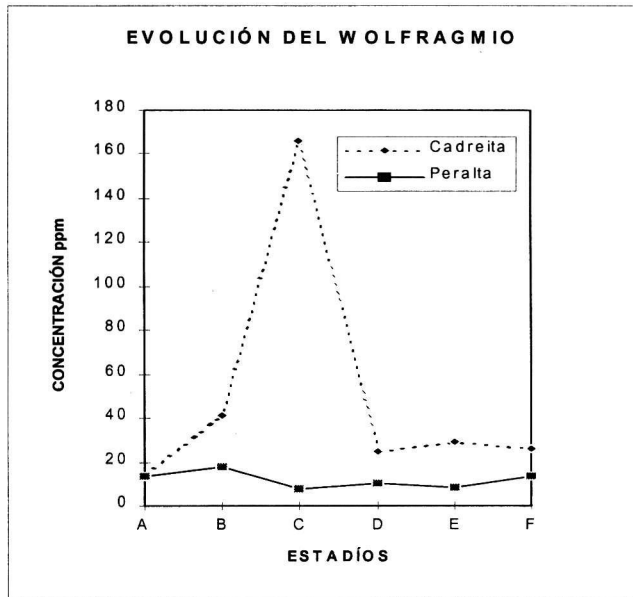
...Continuación Figura 3



...Continuación Figura 3



...Continuación Figura 3



...Continuación Figura 3



Del estudio de estas gráficas, se observa que hay elementos -N, P, Cl, Ca, Sc, Mn, Cu y Zn- con **comportamientos similares en ambas parcelas** -Cadreira y Peralta-; y otros que presentan un **comportamiento diferente** en Cadreira y Peralta. Dentro de este grupo, Rb tiene un comportamiento totalmente diferente en Cadreira y Peralta; mientras que B, Na, K, Fe, Co, W y Au tienen comportamientos similares para algunos estadios del ciclo vital. La evolución del Mg es paralela en las dos parcelas, pero con mayor concentración en Cadreira.

Las diferencias de concentración elemental, a lo largo del ciclo vital y hojas, observadas en la Tabla 5 y en las gráficas de la Figura 3, se han analizado, mediante **ANOVAS de dos criterios** -muestreos y parcelas- **sin repetición**, para ver si estadísticamente estas diferencias son o no significativas. En conjunto, queremos comprobar:

- si existen diferencias significativas en las concentraciones de cada elemento, entre los diferentes muestreos para cada parcela, y

- si existen diferencias significativas en las concentraciones de cada elemento entre parcelas, Cadreira y Peralta.

Se han realizado 18 ANOVAS de dos criterios sin repetición, uno para cada elemento, que nos dan una probabilidad para la existencia de diferencias entre los muestreos y otra probabilidad para la existencia de diferencias entre las parcelas. En la Tabla 7 se muestra el nivel de significación de las probabilidades obtenidas en los ANOVAS realizados.

Según estos resultados, **sólo en 2 de los 18 elementos** -Mg y Rb-, **existen diferencias muy significativas** ($p \leq 0,01$) **entre las concentraciones de Cadreira y Peralta**. Este resultado coincide con lo observado en sus gráficas de evolución de la Figura 3 y en la tabla de concentraciones elementales -Tabla 5-: la media de concentración de Mg y Rb es mayor en Cadreira que en Peralta.

Las diferencias entre muestreos son **significativas** para **12 de los 18 elementos**. En concreto, la diferencia de concentraciones entre muestreos es significativa ($p \leq 0,05$) para el B, K y Au; muy significativa ($p \leq 0,01$) para el Sc y Zn; y altamente significativa ($p \leq 0,001$) para el N, Mg, P, Cl, Ca, Mn y Cu.

Estas **diferencias significativas** pueden encontrarse entre los **distintos muestreos de planta entera** de los estadios del ciclo vital; entre **planta entera y hojas**; y entre **planta entera y planta preparada** para el mercado. Para profundizar en estas diferencias, se han realizado los **test de contrastes ortogonales** a los datos

de los 11 elementos en los que, no habiéndose detectado diferencias entre parcelas, sí se han detectado diferencias entre muestreos. A continuación presentamos las diferencias detectadas por los TCOs. Primero comentaremos las diferencias entre **estadios del ciclo vital**, después las diferencias entre **ciclo vital y hojas** y por último las diferencias entre **planta preparada para el mercado** y su muestreo respectivo de **planta entera**.

Tabla 7. Nivel de significación de los ANOVAS

Elementos	p	
	Parcelas	Muestreos
B	ns	*
N	ns	***
Na	ns	ns
Mg	**	***
P	ns	***
Cl	ns	***
K	ns	*
Ca	ns	***
Sc	ns	**
Mn	ns	***
Fe	ns	ns
Co	ns	ns
Cu	ns	***
Zn	ns	**
Br	ns	ns
Rb	**	ns
W	ns	ns
Au	ns	*

ns, no significativo; *significativo $p \leq 0,05$; **muy significativo $p \leq 0,01$; *** altamente significativo $p \leq 0,001$

Los muestreos del ciclo vital representan una evolución en el tiempo, desde semilla -muestreo A- hasta planta plena de campo -muestreo F-. Por esta razón, en una primera fase, se han realizado los TCOs comparando **cada estadio del ciclo vital con el siguiente**; en una segunda fase, y observando los gráficos de evolución, se han realizado comparaciones **agrupando los muestreos** de manera que queden manifiestas las peculiaridades del ciclo vital.

Para representar estas diferencias, utilizaremos los gráficos de evolución - Figura 3- un poco modificados: si bien los **estadios** están representados **en abscisas**, **en ordenadas** hemos representado **las medias de las concentraciones elementales**

de las dos parcelas, por estadios. En la línea del gráfico que une la concentración elemental de cada estadio está representada con un símbolo la significación de la probabilidad que nos ha arrojado el test de contrastes ortogonales. Así, ns: no significativo, $p > 0,05$; *: significativo, $p \leq 0,05$; **: muy significativo, $p \leq 0,01$. Las comparaciones realizadas agrupando muestreos están indicadas con una llave que engloba los muestreos agrupados, y las comparaciones realizadas entre muestreos no consecutivos están indicadas con flechas.

Puesto que cada elemento tiene una evolución característica, pasamos a comentar uno por uno.

Evolución del boro:

En la Figura 4 mostramos las diferencias significativas en el nivel de boro entre los diferentes estadios del ciclo vital.

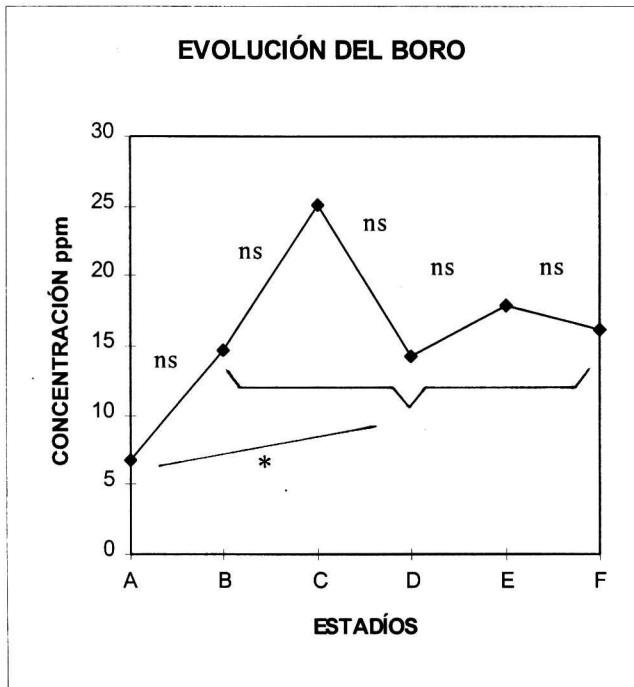


Figura 4.- Diferencias en el nivel de boro entre los estadios del ciclo vital



El nivel de B es significativamente menor ($p \leq 0,05$) en el estadio A -semilla- que en el resto de estadios. A partir del estadio B -planta de semillero-, se producen aumentos y descensos en el nivel de B, pero no llegan a ser significativos ($p > 0,05$).

Evolución del nitrógeno:

En la Figura 5 mostramos las diferencias en el nivel de nitrógeno entre los estadios del ciclo vital.

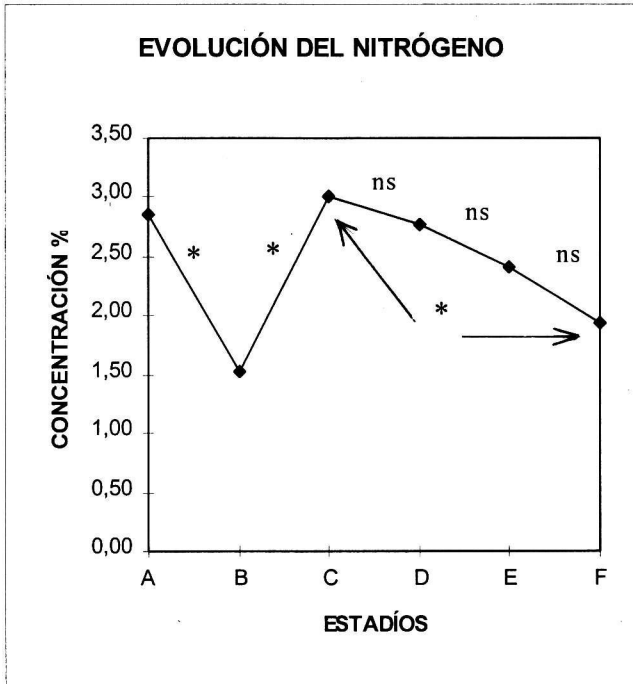


Figura 5.- Diferencias en el nivel de nitrógeno entre los estadios del ciclo vital

El nivel de N desciende significativamente ($p \leq 0,05$) del estadio A -semilla- al estadio B -planta de semillero-; de planta de semillero a planta tomada en campo, el nivel de N aumenta significativamente ($p \leq 0,05$); a partir del estadio C -planta tomada en campo-, el nivel de N va descendiendo progresivamente aunque no significativamente. Sin embargo, es significativa la comparación entre planta tomada en campo -muestreo C- y planta plena de campo -muestreo F-.



Evolución del fósforo:

En la Figura 6 mostramos las diferencias en el nivel de fósforo entre los estadios del ciclo vital.

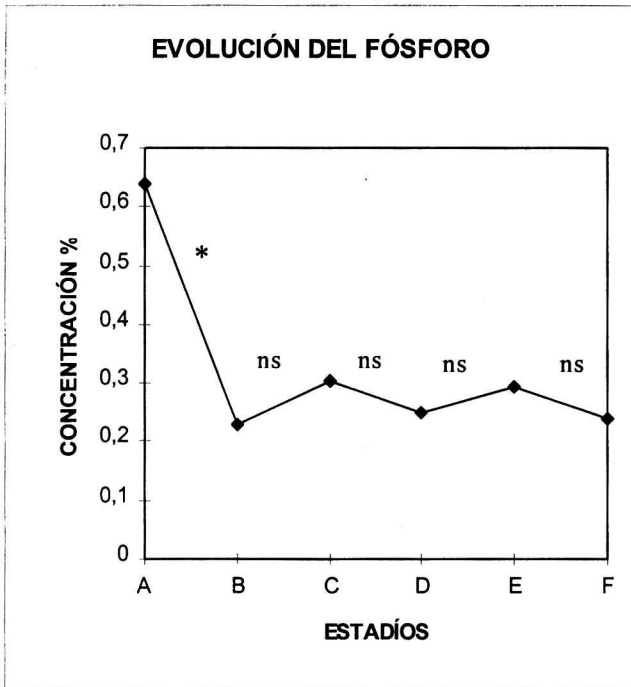


Figura 6.- Diferencias en el nivel de fósforo entre los estadios del ciclo vital

El nivel de P desciende significativamente ($p \leq 0,05$) del estadio A -semilla- al estadio B -planta de semillero-. A partir de este estadio el nivel de P no varía significativamente ($p > 0,05$).



Evolución del cloro:

En la Figura 7 mostramos las diferencias en el nivel de cloro entre los estadios del ciclo vital.

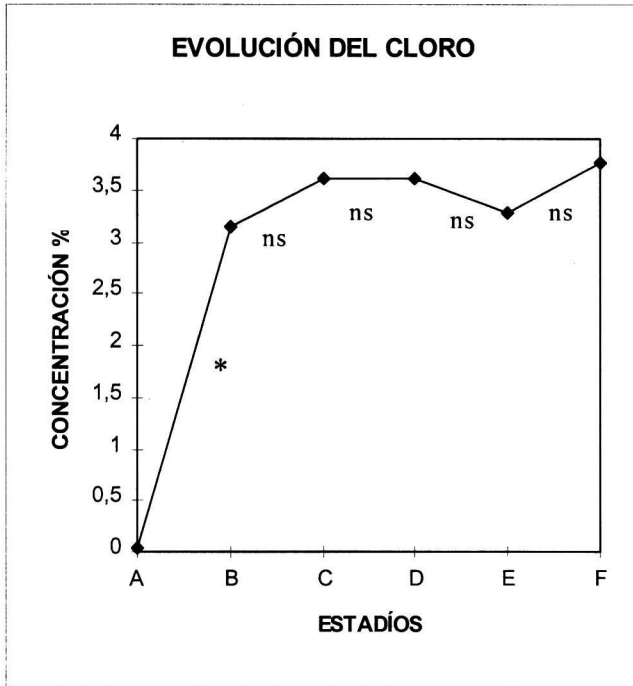


Figura 7.- Diferencias en el nivel de cloro entre los estadios del ciclo vital

El nivel de Cl aumenta significativamente ($p \leq 0,05$) del estadio A -semilla- al estadio B -planta de semillero-. A partir de este estadio, el nivel de Cl no varía significativamente ($p > 0,05$).



Evolución del potasio:

En la Figura 8 mostramos las diferencias en el nivel de potasio entre los estadios del ciclo vital.

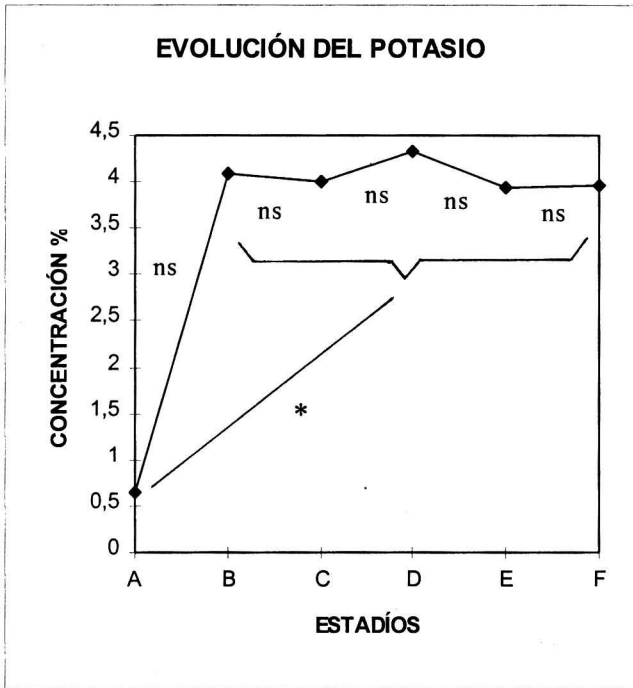


Figura 8.- Diferencias en el nivel de potasio entre los estadios del ciclo vital

El nivel de K es significativamente menor ($p \leq 0,05$) en el estadio A que en el resto de estadios. A partir del estadio B -planta de semillero-, el nivel de K no varía significativamente ($p > 0,05$)



Evolución del calcio:

En la Figura 9 mostramos las diferencias en el nivel de calcio entre los diferentes estadios.

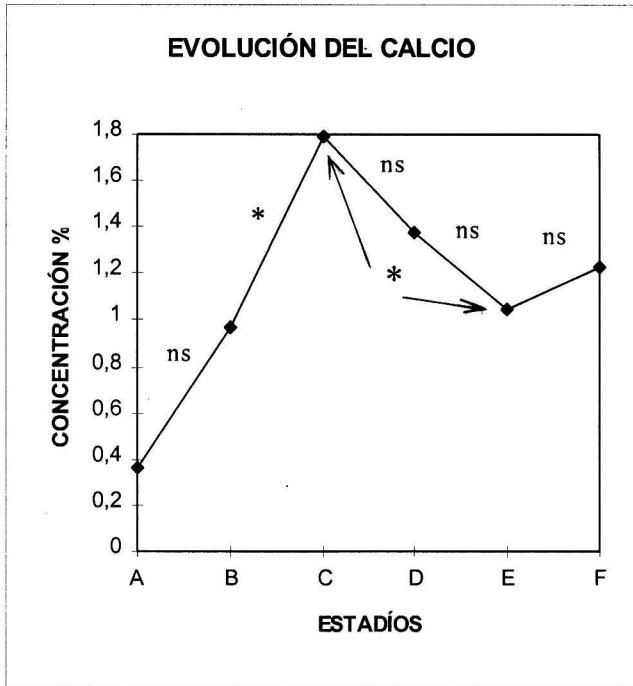


Figura 9.- Diferencias en el nivel de calcio entre los estadios del ciclo vital

El nivel de Ca no varía significativamente ($p > 0,05$) del estadio A -semilla- al estadio B -planta de semillero-. Sin embargo, el nivel de Ca en semilla es significativamente menor ($p \leq 0,05$) que en el resto de muestreos en conjunto. De planta de semillero a planta tomada en campo, el nivel de Ca aumenta significativamente ($p \leq 0,05$). A partir de planta tomada en campo, el nivel de Ca desciende progresivamente hasta alcanzar niveles significativamente menores en la planta antes de atar. Entre planta antes de atar y planta plena de campo no se han encontrado diferencias significativas ($p > 0,05$).



Evolución del escandio:

En la Figura 10 mostramos las diferencias en el nivel de escandio entre los estadios del ciclo vital.

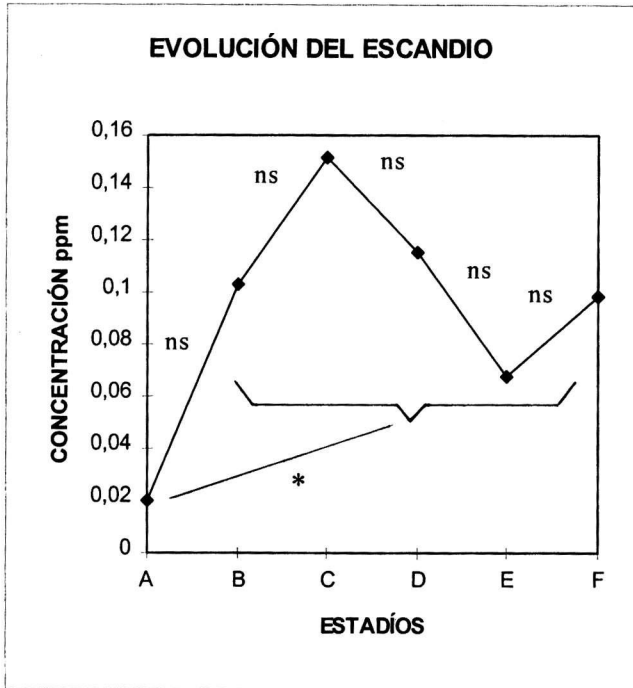


Figura 10.- Diferencias en el nivel de escandio entre los estadios del ciclo vital

El nivel de Sc es significativamente menor ($p \leq 0,05$) en el estadio A -semilla-, que en el resto de estadios. A partir del estadio B -planta de semillero-, el nivel de Sc sufre ascensos y descensos que no llegan a ser significativos ($p > 0,05$).



Evolución del manganeso:

En la Figura 11 mostramos las diferencias en el nivel de manganeso entre los estadios del ciclo vital.

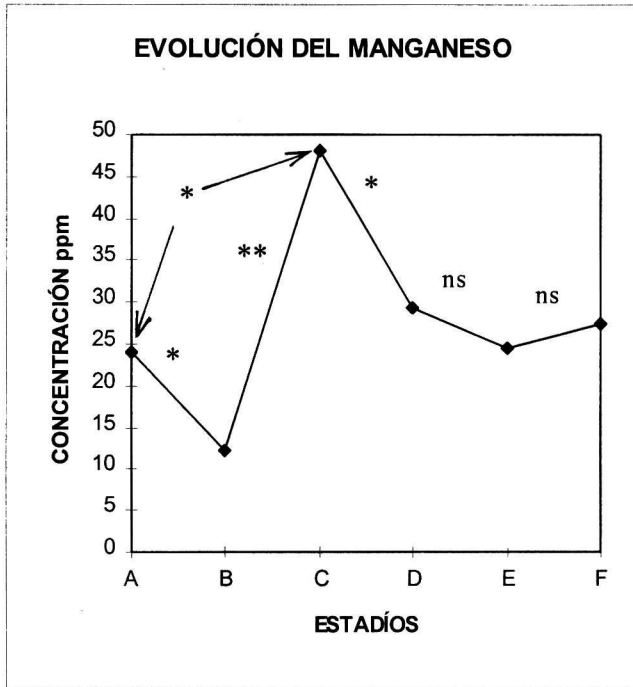


Figura 11.- Diferencias en el nivel de manganeso entre los estadios del ciclo vital

El nivel de Mn desciende significativamente ($p \leq 0,05$) del estadio A -semilla- al estadio B -planta de semillero-. De planta de semillero a planta tomada en campo, el nivel de Mn aumenta muy significativamente ($p \leq 0,01$). De planta tomada en campo a planta en estado vegetativo desciende significativamente ($p \leq 0,05$). A partir del estadio D -planta en estado vegetativo- el nivel de Mn no varía significativamente ($p > 0,05$).



Evolución del cobre:

En la Figura 12 mostramos las diferencias en el nivel de cobre entre los estadios del ciclo vital.

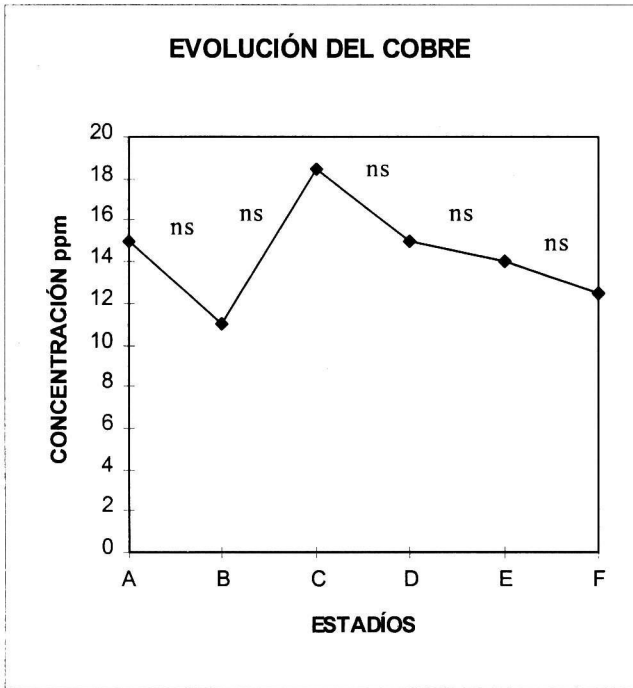


Figura 12. Diferencias en el nivel de cobre entre los estadios del ciclo vital

El nivel de Cu no varía significativamente ($p > 0,05$) a lo largo de todo el ciclo vital. Por lo tanto las diferencias entre muestreos encontradas en el ANOVA de dos criterios sin repetición, estarán localizadas entre el ciclo vital y hojas.



Evolución del cinq:

En la Figura 13 mostramos las diferencias en el nivel de cinq entre los estadios del ciclo vital.

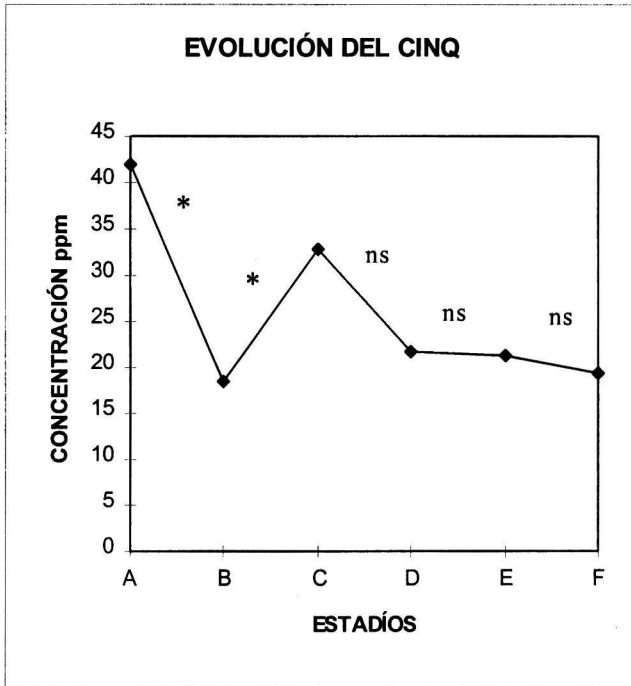


Figura 13.- Diferencias en el nivel de cinq entre los estadios del ciclo vital

El nivel de Zn desciende significativamente ($p \leq 0,05$) del estadio A -semilla- al estadio B -planta de semillero-; de planta de semillero a planta tomada en campo, el nivel de Zn aumenta significativamente ($p \leq 0,05$); a partir de la planta tomada en campo, el nivel de Zn no varía significativamente ($p \leq 0,05$).



Evolución del oro:

En la Figura 14 mostramos las diferencias en el nivel de oro entre los estadios del ciclo vital.

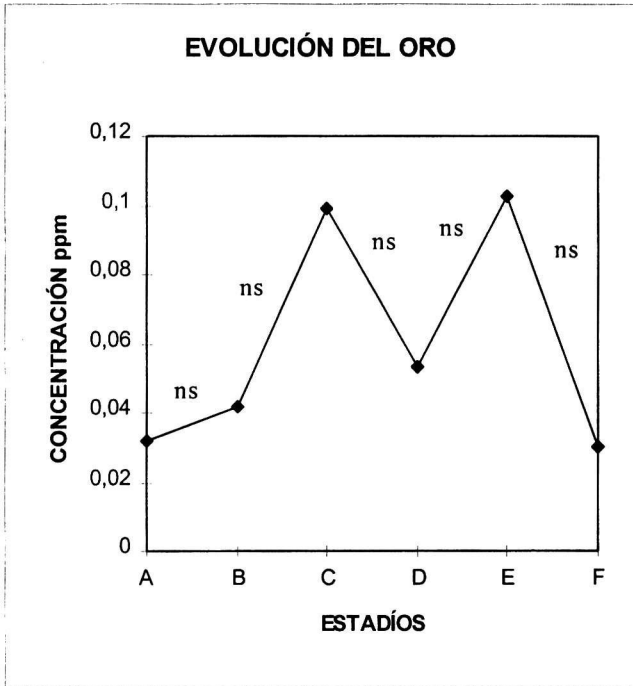


Figura 14.- Diferencias en el nivel de oro entre los estadios del ciclo vital

El nivel de Au no varía significativamente ($p \leq 0,05$) a lo largo de todo el ciclo vital. Por lo tanto, las diferencias entre muestreos encontradas en le ANOVA de dos criterios sin repetición estarán localizadas entre el ciclo vital y hojas.



En la Tabla 8 mostramos los elementos con diferencias significativas entre los muestreos de hojas y/o entre las hojas y sus respectivos estadios del ciclo vital. En la primera fila se muestran los contrastes realizados y cada columna corresponde a un contraste.

Tabla 8.- Elementos con diferencias significativas en algún contraste entre hojas y planta entera

Elemento	hoja joven (H) contra hoja tardía (I y J)	hoja joven (H) contra planta entera joven (C)	hoja tardía (IyJ) contra planta entera tardía (E)
N	H > (I = J) (**)	H > C (**)	(I = J) y E (ns)
Cl	H y (I = J) (ns)	H y C (ns)	(I = J) < E (*)
Ca	H > (I = J) (*)	H > C (*)	(I = J) y E (ns)
Cu	H y (I = J) (ns)	H < C (*)	(I = J) < E (*)
Au	H > (I = J) (***)	H > C (*)	(I = J) < E (*)

H muestreo de hoja de la planta tomada en campo; I y J muestreos de hoja de la planta antes de atar, C muestreo de planta tomada en campo; E muestreo de planta antes de atar. ns: no significativo; *: significativo $p=0,05$; **: muy significativo $p=0,01$; ***: altamente significativo $p=0,001$.

Según esta tabla, observamos que de los 12 elementos que presentaban diferencias entre muestreos, sólo **5** presentan diferencias entre ciclo vital y hojas.

En el contraste entre los diferentes muestreos de hoja en distintos estadios -planta tomada en campo y planta antes de atar-, primera columna, se han detectado 3 elementos -**N**, **Ca** y **Au**- con diferencias significativas. La concentración en hoja es mayor en planta tomada -estadio temprano- que en planta antes de atar -estadio tardío-, para los 3 elementos.

En el contraste entre planta tomada en campo y su muestreo respectivo de hoja -segunda columna-, se han detectado 4 elementos con diferencias significativas. La concentración en hoja es significativamente mayor para **N**, **Ca** y **Au**. En cambio para **Cu** la concentración en hoja es significativamente menor.

En el contraste entre planta antes de atar y su respectivo muestreo de hoja -tercera columna-, se han detectado diferencias significativas en 3 elementos -**Cl**, **Cu** y **Au**- para los que la concentración en hoja es significativamente menor.

Los tests de contrastes ortogonales no han detectado **ninguna diferencia** significativa entre la planta preparada para mercado -muestreo G- y el muestreo de planta entera plena de campo -estadio F-.



DISCUSIÓN

I. EVOLUCIÓN A LO LARGO DEL CICLO VITAL

Del estudio realizado mediante los ANOVAS de dos criterios sin repetición, podemos decir que la **concentración elemental del cardo de Peralta no parece depender del lugar de cultivo**, ya que 16 de los 18 elementos analizados no presentan diferencias significativas entre parcelas. Sólo el Mg y Rb presentan diferencias significativas entre parcelas, hecho que ya se observaba en las gráficas de evolución -Figura 3-. Por el contrario, la **concentración de 12 de los 18 elementos varía significativamente entre muestreos**, es decir, que **depende de la fase del ciclo vital en la que se encuentra**.

Observando el comportamiento de estos **elementos que varían de concentración a lo largo del ciclo vital** -Figuras 4 a 14- notamos que hay elementos con el mismo comportamiento:

1. El nivel de **B, Cl, K y Sc** es **mínimo** en la **semilla**, y no hay diferencias significativas entre el resto de estadios.

2. El comportamiento de **P** es **antagónico** a los anteriores, o sea, el nivel de **P** es **máximo en la semilla** y no hay diferencias significativas entre el resto de estadios.

3. **N, Mn y Zn** presentan una **bajada** en su concentración, **de semilla a planta de semillero** y posteriormente un **aumento de planta de semillero a planta tomada en campo** y a partir de ese estadio, se produce un descenso significativo en el nivel de N y Mn; mientras que el descenso sufrido en el nivel de Zn lo es.

4. El comportamiento de **Ca** es **un poco diferente**; de semilla a planta de semillero sufre un aumento que no es significativo -en el catastro también está reflejado ya que el nivel de Ca aumenta de rango en Peralta, pero no en Cadreita-; a partir del estadio B -planta de semillero-, el comportamiento es similar al de N y Mn; de planta de semillero a planta tomada en campo el nivel aumenta significativamente, y a partir de planta tomada en campo, el nivel desciende significativamente.

5. **No se han encontrado diferencias significativas** en los niveles de **Cu y Au** entre los distintos estadios del ciclo vital. A pesar de que las diferencias no sean significativas, Cu presenta un gráfico de evolución similar al de N, Mn y Zn, con un descenso de semilla a planta de semillero y un aumento de planta de semillero a planta tomada.



Así pues, la semilla es un estadio en el que se dan niveles máximos -ya sean absolutos o relativos- para algunos elementos, -N, P, Mn y Zn-, y mínimos para otros, -B, Cl, K y Sc-; en la planta tomada en campo se dan niveles máximos para N y Mn; y en la planta de semillero se dan niveles mínimos de N, Mn y Zn. Gracias a los TCOs, hemos visto que **la semilla es la fase más contrastada del ciclo vital del cardo** por ser la fase que presenta el **mayor número de elementos en concentraciones máximas o mínimas**. Para contrastar esta observación, quisimos comparar nuestros resultados con otros estudios similares realizados en pimiento (CAVERO y LÓPEZ, 1993), y en alcachofa (MARCO *et al.*, 1997). Hemos comparado las semillas de pimiento y cardo, fase diseminadora-multiplicadora natural, y las zuecas de alcachofa, fase diseminadora-multiplicadora preparada por el hombre. Al comparar con otros cultivos, queremos saber si los elementos que están en concentraciones máximas o mínimas en las semillas de cardo, se comportan de la misma manera en otros cultivos.

En las **semillas** de cardo, el análisis estadístico de los datos a través de los ANOVAS y los TCOs, ha confirmado la presencia de **concentraciones mínimas** en B, Cl, K, Ca y Sc; y la presencia de **concentraciones máximas** en P. Comparando estos resultados con los gráficos de evolución de estos elementos obtenidos del estudio del pimiento, **todos los resultados coinciden**: también en la semilla del pimiento B, Cl, K, Ca y Sc se encuentran en concentraciones mínimas, y P se encuentra en concentraciones máximas. Por otra parte, comparando el estadio diseminador-multiplicador **natural de cardo -semillas-** con el estadio diseminador-multiplicador **artificial de la alcachofa -zuecas-** notamos que **B, Cl, K y Ca** se encuentran en **concentraciones mínimas** en los dos estadios -el Sc no fue analizado en el estudio de la alcachofa-: pero, en las **zuecas** de alcachofa **no se ha encontrado** ningún elemento en **concentraciones máximas**. Así pues, observamos **una gran coincidencia en el comportamiento de los elementos en concentraciones extremas en los estadios diseminadores-multiplicadores, ya sean naturales -semillas de pimiento y cardo- o preparados por el hombre -zuecas de alcachofa-**. La semejanza es más intensa entre las semillas de cardo y pimiento ya que en ellas, además de encontrar elementos en concentraciones mínimas, P se encuentra en concentraciones máximas.

Puesto que en la fase diseminadora-multiplicadora los resultados coinciden, quisimos comprobar si en la fase vegetativa el comportamiento de los elementos en concentraciones extremas también coincidían. Las comparaciones se han realizado con la planta de semillero y la planta tomada en campo de pimiento y cardo. (Los resultados no son comparables con los datos de alcachofa ya que el ciclo vital de la alcachofa no incluye estos estadios).



En **planta de semillero** de cardo la concentración de N, Mn y Zn es mínima. En planta de semillero de pimiento solamente la concentración de **Zn** es mínima.

En **planta tomada en campo** de cardo la concentración de Ca y Mn es máxima, y la concentración de N y Zn tiene dos picos máximos, en semilla y en planta tomada en campo. Sin embargo, en pimiento, la concentración de Ca y Mn no es máxima en planta tomada en campo; N y Zn tampoco coincide en estar en concentraciones máximas en planta tomada en campo o en semilla.

De este modo podemos decir que, en los tres ejemplos estudiados hasta ahora, pimiento, alcachofa y cardo, la fase, y por tanto la función, diseminadora-multiplicadora *-sensu lato-* en los vegetales es tan específica y peculiar, que conlleva una convergencia y cierta uniformidad en la composición elemental de esas fases de las plantas; convergencia que contrasta con la diversidad fisiológica de las fases vegetativas, de acuerdo con la pertenencia de las especies estudiadas a diferentes familias sistemáticas, como en nuestro caso *Asteraceae* y *Solanaceae*. Es decir, **el influjo de la función semilla es más intenso que el influjo de la diversidad biológica.**

II. COMPARACIÓN ENTRE PLANTA ENTERA Y HOJAS

Observando la Tabla 5 y la Tabla 8, podemos hacer comparaciones entre hoja joven y hoja tardía, hoja joven y planta entera joven y hoja tardía y planta entera tardía.

En la comparación entre hoja joven y hoja tardía se observa que, **todos los elementos** se encuentran **más concentrados en la hoja joven**, y que además, esta diferencia es significativa para tres elementos N, Ca y Au -Tabla 8-.

Respecto al contraste entre hoja joven y planta entera joven, algunos **elementos** están **más concentrados en la hoja joven que en planta entera** siendo esa diferencia significativa para N, Ca y Au- Tabla 8-. Cu es el único elemento con una concentración significativamente menor en hoja. Ya el catastro -Tabla 6- reflejaba este hecho, puesto que Cu aparece en los catastros de las hojas en un rango menor de concentración que en los de planta entera.

Si nos fijamos en las hojas tardías y en la planta entera tardía, **algunos elementos se encuentran en menor concentración en hojas tardías que en planta entera** -Tabla 5- y estas diferencias son significativas para Cl, Cu y Au -Tabla 8-; además hay otros elementos que se encuentran más concentrados en hoja tardía, pero estas diferencias no llegan a ser significativas para ningún elemento.



A la luz de estos resultados podemos decir que la **concentración elemental de las hojas de cardo disminuye en los estadios tardíos**, de modo que **las hojas pasan de tener mayor concentración en planta entera en estadios tempranos, a tener menor concentración en planta entera en estadios tardíos**.

COMPARACIÓN ENTRE PLANTA PREPARADA PARA MERCADO Y PLANTA PLENA DE CAMPO

Debido a los tratamientos que recibe la planta al prepararse para el mercado -se eliminan tanto la raíz como las hojas viejas- queríamos comprobar si existen diferencias con la planta plena de campo, achacables a estos tratamientos. Del estudio de los catastros -Tabla 6- y de los TCOs se deduce que no existen diferencias significativas entre las concentraciones elementales de la planta plena de campo y de la planta preparada para el mercado. Por lo tanto, **la preparación del cardo de campo para su comercialización no hace variar la composición elemental del mismo**, en cuanto a los elementos estudiados.

IV. CULTIVARES

Los bajos porcentajes de los coeficientes de variación y la similitud entre los catastros elementales de los cultivares, nos indicaban que **la composición elemental de los cultivares es muy parecida**. Para comprobarlo estadísticamente, hemos realizado un ANOVA de dos criterios sin repetición, tomando como primer criterio los cultivares y como segundo criterio los elementos. Este test nos indicará la probabilidad de la existencia de diferencias entre cultivares. Según este test, **no hay diferencias significativas ($f=0,263$; $p=0,770$) entre las concentraciones elementales de los distintos cultivares**.

CONCLUSIONES

1. De la revisión bibliográfica, podemos decir que éste es el **primer estudio** sobre el contenido de 18 elementos **a lo largo del ciclo vital del cardo de Peralta**.
2. Las **parcelas** de cultivo se encuentran en Cadreita y Peralta, dentro del **clima mediterráneo pluviestacional-oceánico**, con **termotipo mesomediterráneo superior** y **ombrotipo seco**.
3. En **16 de los 18 elementos** analizados mediante ANOVAS de dos criterios sin repetición en planta entera y hojas, **no se han encontrado diferencias significativas entre parcelas ($p>0,05$)**, es decir, entre las concentraciones de las plantas cultivadas en Cadreita y Peralta; sólo en dos elementos, Rb y Mg, se han detectado diferencias significativas ($p\leq 0,05$). Por lo tanto, **para la mayoría de elementos, su concentración no depende del lugar de cultivo**.



4. En **12 de los 18 elementos** estudiados -B, N, Mg, P, Cl, K, Ca, Sc, Mn, Cu, Zn y Au- **la concentración varía significativamente** ($p \leq 0,05$) **entre los muestreos** de planta entera y hojas realizados a lo largo del ciclo vital; sólo en 6 de los 18 elementos estudiados no aparecen diferencias significativas ($p > 0,05$) en la concentración elemental a lo largo del ciclo vital. Es decir, **para la mayoría de los elementos su concentración depende de la fase del ciclo vital.**

5. Existen elementos con **comportamientos similares** a lo largo del ciclo vital. Por una parte, la concentración de **B, Cl, K y Sc es mínima en semilla** y no hay diferencias significativas entre el resto de estadios; por otra parte, **P** tiene un comportamiento antagónico, su **concentración es máxima en semilla** y no hay diferencias entre el resto de estadios; por último, **N, Mn y Zn** presentan un **descenso significativo** en su concentración **de semilla a planta de semillero** acompañado de un **aumento igualmente significativo de planta de semillero a planta tomada.**

6. La **semilla es el estadio más contrastado** de todo el ciclo vital, al presentar el mayor número de elementos en concentraciones máximas o mínimas.

7. Comparando la **fase diseminadora-multiplicadora** natural –semillas de dos especies, pimiento y cardo- y la fase multiplicadora-diseminadora preparada por el hombre –zuecas de alcachofa- se observa una **semejanza en los comportamientos de los elementos con concentraciones extremas en diferentes cultivos** -pimiento, alcachofa y cardo-. Al mismo tiempo, comparando la concentración elemental de la fase vegetativa de cardo y pimiento, se observa la **diversidad de comportamiento de las concentraciones extremas de los elementos.** De modo que **la función semilla aúna la diversidad biológica.**

8. La **concentración elemental** de las **hojas de cardo disminuye en estadios tardíos.** En estadios tempranos las hojas tienden a tener mayor concentración elemental que la planta entera y en estadios tardíos pasan a tener menor concentración que la planta entera.

9. La **preparación del cardo** de campo para su venta **comercial no hace variar significativamente** ($p \leq 0,05$) **la composición elemental** del mismo, en cuanto a los elementos estudiados.

10. Los **3 cultivares analizados no difieren significativamente** ($f=0,263$; $p=0,770$) en cuanto a sus concentraciones elementales.

BIBLIOGRAFÍA

ALSINA, L. (1982). *El cultivo de la alcachofa y el cardo*. Ed. Sintés S.A. Barcelona 121 pp.

- BAUCELLS, M.; CAVERO, R. Y.; ROURA, M. y LÓPEZ FERNÁNDEZ, M. L. (1989). *Element Concentration Cadasters in Quercus coccifera* L. Element Concentration Cadaster in Ecosystems. Edited by: H. Lieth, b. Markert. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim.
- BLONDIN, P. (1983). Evolution de la culture et de la production de cardon. *Revue Horticole Suisse*, 56 (10):299-303.
- CARPENA, O. y CASERO, T. (1987). Evolución anual de nutrientes en melocotonero "Sudanel". *Inv. Agrar.: Prod. Prot. Veg.* 2(1):31-43.
- CAVERO, R. Y.; ECHEVERRÍA, A.; IRIBARREN, F. y LÓPEZ, M. L. (1992). Contenido y evolución de 9 elementos químicos en pimiento del Piquillo a lo largo de su desarrollo. *Suelo y Planta*, 2: 231-242.
- CAVERO, R. Y. y LÓPEZ, M. L. (1993). Contenido y evolución de 68 elementos químicos en el sistema planta-suelo del cultivo del pimiento "Piquillo de Lodosa" en Navarra. *Publ. Bio, Univ. Navarra, Ser. Bot.* 9: 1-252.
- CAVERO, R. Y.; LÓPEZ, M. L. y MARCO, R. (1993a). *Singularidad química de la fase multiplicadora-diseminadora de Espermafitas: pimiento Piquillo de Lodosa*. Actas de las Jornadas conmemorativas del Prof. Losa España. Burgos.
- CAVERO, R. Y.; BAUCELLS, M.; LÓPEZ, M. L. y ROURA, M. (1993b). Contenido y evolución de 7 elementos químicos en el pimiento Piquillo de Lodosa a lo largo de su desarrollo y de 26 en el suelo de cultivo por FRX. *Príncipe de Viana, supl. Ciencias*, 13: 27-36.
- COLIN-BELGRAND M.; COLIN F. y RANGER J. (1993). Transferts internes d'elements nutritifs dans le bois de châtaignier (*Castanea sativa* Miller): Approche dynamique sur une chronoséquence de peuplements II. Modélisation de la distribution des éléments minéraux. *Acta Oecológica*, 14(6): 747-769.
- CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y COMERCIO DE EXTREMADURA. (1992). *Interpretación de análisis de suelo, foliar y agua de riego*. Mundi-Prensa. Madrid. 280 pp.
- DEL VALLE L. (1987). *El cultivo moderno de la alcachofa*. Ed. De Vecchi. Barcelona 127 pp.
- ELÍAS, F y RUIZ, L. (1986). *Caracterización agroclimática de Navarra*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Dpto. de Agricultura, Ganadería y Montes del Gobierno de Navarra. Madrid. 226 pp.



- FONT QUER, P. (1993). *Plantas Medicinales*. Ed. Labor SA. Zaragoza 1033pp
- GOMINHO, J. y PEREIRA, H. (1997). Estudios preliminares de pastas de alto rendimiento (CTMP) versus pastas químicas (KRAFT), utilizando o cardo (*Cynara cardunculus* L.) como matéria-prima fibrosa. *Actas del I Congreso Forestal Hispano Lusó / II Congreso forestal español*.
- LIETH, H. & MARKERT, B. (1985). Concentration Cadasters of chemical elements in contrasting ecosystems. *Naturwissenschaften*, 72: 322-324.
- LIETH, H. & MARKERT, B. (1986). *The establishment of element concentration cadasters for ecosystems (ECCE) in the different vegetation zones of the earth*. Research concept for an International Geoecological program to be discussed by IUBS Committee, 25 s.
- MARCO, R.; CAVERO, R. Y. y LÓPEZ, M. L. (1997) Evolución del contenido de 16 elementos químicos en la alcachofa de Tudela a lo largo de su desarrollo. *Publ. Bio. Univ. Navarra, Ser. Bot.*, 10: 79-93.
- MARKERT, B. (1989). Distribution of chemicals elements in *Vaccinium myrtillus* (Blueberry), basic problems for representative sampling of plants for multi-element analysis in ecosystems. *Fresenius Z Anal. Chem.*, 333: 11-14.
- MARKERT, B. & JAYASEKERA, R. (1987). Elemental composition of different plant species. *Journal of Plant Nutrition*, 10 (7): 783-794.
- MARKERT, B. & LIETH, H. (1983). *Vergleichende Elementbestimmung in einem ombrogen und minerogenen System*. Symp. anorg. Analytik in Umweltforschung und Unwelschutz.
- MARKERT, B. & LIETH, H. (1985). Elementkonzentrationskataster für einige Pflanzen in kontrastierenden Ökosystemen. *Veröffentlichungen der Naturforschenden Gesellschaft zu emden, Band 5, Jahresbericht 27-57*.
- MARKERT, B & LIETH, H. (1987). Element concentration cadasters in a Swedish biotope. Reference standard for inorganic environmental chemistry. *Fresenius Z Anal. Chem.* 326: 716-718.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. (1971). *Métodos oficiales de análisis*. Sección de publicaciones agrarias. Madrid. 402 pp.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN. (1990). *Anuario de estadística agraria*. Secretaria General Técnica. Instituto de Estudios Agrarios, Pesqueros y Alimentarios. servicio de Publicaciones. Madrid.



- MOHAMED, A. D. & RANGER, J. (1994). The biogeochemical cycle in a healthy and highly productive Norway spruce (*Picea abies*) ecosystem in the Vosges, France. *Can. J. For. Res.*, 24:839-849.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. (1995). Clasificación bioclimática de la tierra. *Folia Botanica Matritensis*:16.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. (1997). Sintaxonomical synopsis of the North America natural potential vegetation communities, I. *Itinera Geobotanica*, 10: 5-148.
- SOUSA, M. J. & MALCATA, F. X. (1996). Effects of processing conditions on the caseinolytic activity of crude extracts of *Cynara cardunculus* L. *Food Science and Technology International*, 2: 255-263.
- VOUTSA, D.; GRIMAINS, A. & SAMARA, C. (1996). Trace elements in vegetables grown in an industrial area in relation to soil and air particulate matter. *Environmental Pollution*, 94(3): 325-335.