

COMPARACIÓN DE LA COMPOSICIÓN ELEMENTAL DE LA ALCACHOFA DE TUDELA Y SU SUELO DE CULTIVO

MARCO, R.; CAVERO, R. Y. y LÓPEZ, M. L.

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

RESUMEN

MARCO, R.; CAVERO, R. Y. y LÓPEZ, M. L. (2000). Comparación de la Composición Elemental de la alcachofa de Tudela y su suelo de cultivo. *Publ. Bio. Univ. Navarra, Ser. Bot.*, 13: 71-83.

En este trabajo presentamos los resultados obtenidos de la comparación de la composición elemental de 44 elementos químicos y su evolución en muestreos simultáneos agrícola de la planta de alcachofa y su suelo de cultivo a lo largo de su ciclo agrícola, muestreados en dos parcelas diferentes localizadas en la Ribera de Navarra. Contamos con los datos de concentración de 18 elementos en planta, 41 elementos en suelo, de ellos 15 elementos comunes en planta y suelo, todos ellos publicados en diversos artículos y obtenidos por Análisis Instrumental por Activación con Neutrones -INAA-, Fluorescencia de Rayos X -FRX-, Espectroscopía de Absorción Atómica -AAS-, método Kjeldahl y Espectroscopía de Emisión Atómica por Plasma de Acoplamiento Inductivo -AES/ICP-. Para el análisis estadístico de los datos de concentración se han utilizado los Clusters jerárquicos y Test de pareadas del programa estadístico SPSS 6.1. **1.-** Las pareadas entre cada estadio de la planta cultivada en ambas parcelas no muestran diferencias significativas que, en cambio, sí aparecen cuando se comparan estadios diferentes de la planta de una misma parcela y se repiten también en la otra parcela. Respecto al suelo, no aparecen diferencias significativas entre muestreos de una misma parcela, pero sí cuando se comparan ambos suelos. Así, interpretamos que la planta es la misma unidad funcional en ambas parcelas, pero que cada suelo tiene su propio funcionamiento dependiente de la parcela. Los cluster jerárquicos aplicados a la planta y suelo muestran, al igual que

los test de pareadas, la gran distancia entre ambos sistemas. **2.-** Los cluster jerárquicos

aplicados a la planta indican que la composición elemental en cada muestra está altamente relacionada con los estadios morfológico-funcionales del ciclo agrícola, así las muestras se han unido en tres grupos naturales: 1) estadios durmientes-diseminadores; 2) estadios de madurez vegetativa; y 3) estadios reproductores. **3.-** Una excepción a esta agrupación natural es el estadio de planta en primera brotación que ha sufrido las heladas tempranas; analizando sus peculiaridades se observa un incremento en las concentraciones de B, N, P, S, Cl y K en ambas parcelas y las concentraciones máximas de N, P y K de todo el ciclo agrícola. **4.-** Las inflorescencias de las 4 variedades analizadas, aunque a nivel morfológico u organoléptico son muy diferentes, a nivel de composición elemental no presentan diferencias significativas. **5.-** De este estudio podemos concluir que, a nivel de composición elemental, la planta y el suelo trabajan de distinta manera: sólo la planta muestra diferente composición elemental dependiendo de los distintos estadios morfo-fisiológicos del ciclo de vida.

Palabras clave: Alcachofa, *Cynara scolymus* L., Variedades de Alcachofa, Suelo de cultivo, Navarra, España, Planta y suelo, Helada, Estadios morfo-fisiológicos de la planta.

SUMMARY

MARCO, R.; CAVERO, R. Y. & LÓPEZ, M. L. (2000). Tudela artichoke and its agricultural soil elementary composition: a comparison. *Publ. Bio. Univ. Navarra, Ser. Bot.* 13: 71-83.

The results obtained from the comparison of the elemental concentrations of 44 chemical elements and their evolution in simultaneous samplings along the agricultural cycle of artichoke plant and its agricultural soil, in two different plots located in "Ribera de Navarra" (Spain), are discussed. Concentration data of 18 plant elements and of 41 soil elements -15 of which occur both in plant and soil- already published, have been analysed with the statistical program SPSS 6.1, applying hierarchical cluster and t test for paired samples to: a) plant; b) soil; and c) plant and soil. **1.-** From the comparison of the elemental concentrations for each plant stage from one plot with its homologous on the other plot, no significant t test differences between the same stage in both plots have been obtained. Comparing each plant stage with all the other stages of the plant in same plot, significant differences have been found, with coincidences in both plots. Instead, for soil, few significative differences within each one plot, not coincidental with the significances in the other plot, have been obtained. At the same time, the significative differences between the same samples of both plots were many. **2.-** Thus, we infer that plant is the same functional unit in both plots but that each soil has its own functioning,

depending on the plot. Hierarchical clusters, applied to plant and soil together, show the greatest distance between both systems, as the t test for paired samples does. In turn, hierarchical clusters applied to plant show that elemental composition in each sample is highly related to the morphological-physiological stages of its agricultural cycle, since samples are clustered in three natural groups: 1) dormant-disseminating stages; 2) vegetative maturity; and 3) reproductive stages. **3.-** An exception to that natural cluster grouping is the first sprouting stage, because artichoke had suffered early-fall frost; analysing this stage peculiarities, an increase in the concentrations of B, N, P, S, Cl and K in both plots has been found. Moreover, the highest concentration of N, P and K along the agricultural cycle occurs in this sprouting stage affected by frost. **4.-** The inflorescences of the four artichoke varieties analysed are very homogeneous regarding their elemental composition, although they may be distinguished at the morphological or organoleptical level. **5.-** Its possible to conclude that, at the elemental composition level, plant and soil work in a different way, for only the plant, not the soil, shows different elemental composition in accordance with the different morphological-physiological stages of the yearly life cycle.

Key words: Artichoke, *Cynara scolymus* L., Artichoke varieties, Cultural soil, Navarra, Spain, Plant soil, Frost, Morpho-physiological plant stages.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se analizan y relacionan las concentraciones elementales obtenidas al aplicar las técnicas de análisis elemental -Análisis Instrumental por Activación con Neutrones (INAA), Fluorescencia de Rayos X (FRX), Espectroscopía de Absorción Atómica, Kjeldahl, y Espectroscopía de Emisión Atómica por Plasma de Acoplamiento Inductivo (AES/ICP) a:

a) la planta entera de alcachofa de Tudela, cultivada en dos parcelas y muestreada a lo largo de su ciclo agrícola, es decir, en siete etapas significativas de su ciclo agrícola: zueca, planta tomada, planta en primera brotación, planta en estadio de roseta, planta en segunda brotación, planta en plena producción y zuecas obtenidas de la planta.

b) las inflorescencias de la alcachofa de Tudela, "cogotes", en tres momentos distintos de su recolección.

c) las inflorescencias de otras tres variedades de alcachofa, -INIA-D, "in vitro" y crisantem-, en un momento de su recolección, coincidente con uno de los de la variedad Tudela.

d) al suelo de cultivo muestreado simultáneamente a la planta y secuencialmente en doce momentos del cultivo.

Los datos de concentración elemental considerados son 396 en planta y 533 datos en suelo, publicados en CAVERO *et al.* (1997 y 2000), LÓPEZ *et al.* (2000) y MARCO *et al.* (1997 y 1998) y correspondientes a 18 elementos en planta y 41 elementos en suelo analizados mediante los siguientes métodos: AES/ICP -B en planta y suelo-; Kjeldahl -N en planta y suelo-; INAA - Na Mg, Al, Cl, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Zn, Br, Rb, Sr, Cs, La, Ce, Sm, Eu, Yb, Hf, Ta, Au, Th en planta y suelo; Si y W sólo en planta; y As, Ru, Sb, I, Nd, Tb, Dy, Lu, U sólo en suelo-. FRX -para P en planta y suelo, S sólo en planta y Si, Ni, Cu, Ga, Y, Nb, Sn, Ba, W y Pb sólo en suelo-; AAS -para Cu en planta-.

Estos datos de concentración se han sometido a test de pareadas y análisis clusters para detectar la presencia o no de diferencias entre las plantas cultivadas en dos parcelas, entre los distintos estadíos de la planta de una y otra parcela, entre los suelos de cada parcela, y si hay o no relaciones entre las plantas y sus suelos de cultivo.

MATERIAL Y MÉTODO

Los datos de concentraciones considerados son los correspondientes a 18 elementos en planta, obtenidos a lo largo de 7 estadíos de ciclo vital, 3 estadíos de alcachofas y 3 de variedades en Cadreita, y 6 estadíos de ciclo vital y 3 de inflorescencias en Tudela; 41 elementos en suelo obtenidos a lo largo de 13 muestreos en cada parcela y 15 elementos comunes en planta y suelo a lo largo de 13 estadíos de planta y 13 de suelo simultáneos en cada parcela (MARCO, 1999). Cabe aclarar que el dispar número de muestreos entre Cadreita y Tudela es debido a que las zuecas primeras son las mismas en ambas parcelas y las variedades han sido muestreadas sólo en Cadreita. Respecto a suelo se han obtenido 12 muestreos, pero se ha añadido uno más, media de los dos últimos, para facilitar las comparaciones en los análisis estadísticos.

El programa estadístico empleado es SPSS 6.1 para Windows, con ayuda del manual de GARCÍA-GRANERO y CALASANZ (1996), y las técnicas estadísticas, test de pareadas y clusters jerárquicos.

Para estudiar si la concentración elemental de cada estadío es diferente según la localidad, en planta y suelo por separado, se han aplicado test de pareadas para cada estadío de planta o suelo de cada parcela con su homólogo de la otra. En este análisis se han tomado como casos las distintas concentraciones elementales - elementos: 18 en planta y 41 en suelo- y como variables los 9 estadíos comunes en cada parcela de planta y los 13 muestreos de suelo.

Para ver si existen diferencias entre estadíos en planta y suelo por separado se ha aplicado test de pareadas a cada estadío de cada parcela con todos los demás de ambas parcelas juntas. Para este análisis de pareadas tomaremos como casos los 18 elementos de planta y los 41 de suelo y como variables los 9 estadíos diferentes de planta y los 13 de suelo tomados de dos en dos. Esta comparación entre estadíos nos permitirá ver si son semejantes entre sí y si siguen una pauta similar entre parcelas y en planta y suelo.

Para detectar la existencia o no de diferencias entre los distintos muestreos de alcachofas de Tudela y las otras 3 variedades se han aplicado test de pareadas tomando como casos las concentraciones elementales y como variables los 3 estadíos de alcachofas de Tudela y los 3 muestreos de las 3 variedades.

Para estudiar la relación existente entre la planta y el suelo se han realizado clusters jerárquicos tomando como variables los 15 elementos comunes a planta y suelo, y como casos, los 52 estadíos/muestreos -13 estadíos en cada parcela de planta y 13 muestreos en cada parcela de suelo-.

Una vez estudiados planta y suelo juntos y comprobado si hay agrupaciones entre estadíos o muestreos, nos puede interesar afinar en esos resultados analizando sólo planta mediante el análisis de cluster jerárquico, tomando como variables los 18 elementos de planta y como casos los 13 estadíos de planta de Cadreita y los 13 de planta de Tudela -añadiendo zuecas primeras y variedades-. Con ello detectaremos las agrupaciones de estadíos similares concentracionalmente en ambas parcelas.

La nomenclatura empleada (CAVERO *et al.*, 2000 y LÓPEZ *et al.*, 2000) es la siguiente: a) para planta, A, zuecas de inicio; B, planta tomada; C, planta en primera brotación; D, planta en estadío de roseta; E, planta en 2ª brotación; F, planta en plena producción; G, zuecas de llegada; H, primeras alcachofas de Tudela; I, alcachofas de Tudela de planta en plena producción; J, alcachofas de la variedad INIA-D; K, alcachofas de la variedad "in vitro"; K, alcachofas de la variedad crisantem; y M, alcachofas de Tudela de última producción; y sus equivalentes más cercanos cronológicamente en b) suelo: n, parcela ; ñ, tomada 1; p, tomada 2; q, 1ª brotación 1; r, 1ª brotación 2; s, roseta 1; t, roseta 2; u, 2ª brotación 1; v, 2ª brotación 2; w, plena producción 1; x, plena producción 2; y, alcachofas 3; z, zuecas 2 . Cuando se representen los mismos estadíos en ambas parcelas indicamos los correspondientes a Cadreita con letras mayúsculas y los de Tudela con minúsculas, tanto para planta, como para suelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los resultados de los test de pareadas entre estadíos homólogos en planta -Tabla 1- y suelo -Tabla 2- se observa que las diferencias encontradas en las concentraciones elementales de los estadíos son no significativas (ns, $p > 0,05$) tanto para planta como para suelo.

Tabla 1. Niveles de significación para estadíos homólogos entre parcelas en planta.

B	C	D	E	F	G	H	I	M
ns								

Tabla 2. Niveles de significación para estadíos homólogos entre parcelas en suelo.

n	ñ	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z
ns												

En el análisis de pareadas de todos los estadíos de la planta de cada parcela en conjunto -Tabla 3-, hemos encontrado diferencias significativas en las siguientes parejas de estadíos -Tabla 4:

Tabla 3. Resultados de las pareadas aplicadas a los estadíos de las plantas de Cadreita y de Tudela.

	A=a	B	C	D	E	F	G	H	I	M	a=A	b	c	d	e	f	g	h	i
B	*																		
C	*	ns																	
D	*	ns	ns																
E	*	ns	ns	ns															
F	*	ns	*	ns	ns														
G	ns	*	*	*	*	*													
H	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns												
I	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns											
M	ns	ns	*	*	*	ns	ns	ns	ns										
A=A	ns	*	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns									
b	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns								
c	*	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	*	*	ns							
d	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	*	ns	ns						
e	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns					
f	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns											
g	ns	*	ns	*	ns	*	ns	*	*	ns									
h	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
i	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
m	ns	ns	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*	ns	ns	ns	ns

Niveles de significación: ns ($p > 0,05$); * ($p \leq 0,05$).

Tabla 4. Diferencias significativas entre parejas de estadíos.

Cadreita	Tudela
A=a con B, C, D, E, F; c, d, e	A=A con B, C, D, E, F, c, d, e
B con A=a, G, g	b con g
C con A=a, F, G, M, f, m	c con A=a, F, G, M, m
D con A=a, G, M, g, m	d con A=a, G, M, g, m
E con A=a, G, M, m	e con A=a, G, g, m
F con A=a, C, G, c	f con C
G con B, C, D, E, F, c, d, e	g con B, D, b, d, e
M con C, D, E, c, d	m con C, D, E, c, d, e

Se detecta la presencia de diferencias significativas que se repiten entre estadíos homólogos de ambas parcelas y entre parcelas, lo cual indica la existencia de cierta homogeneidad en el comportamiento de ambas plantas.

La comparación entre estadíos del ciclo vital -A...G- muestra la singularidad de las zuecas tanto de partida como de llegada, que presentan diferencias significativas con el resto de los estadíos y diferencias no significativas entre sí. A diferencia de las zuecas, el resto de estadíos no presentan diferencias significativas, con la única excepción de los estadíos C y F. Entre las inflorescencias sólo muestran alguna significación las alcachofas de última producción -M- con los estadíos del ciclo agrícola, C, D y E. Cabe señalar la no significación de planta en segunda brotación -estadío E- y planta en plena producción -estadío F- con las alcachofas recogidas simultáneamente a estos estadíos -primeras alcachofas, muestreo H- y alcachofas de planta en plena producción -muestreo I-.

En la comparación de los datos de inflorescencias y variedades en la parcela de Cadreita -Tabla 5- hemos obtenido que las alcachofas muestreadas en la misma fecha -variedades J, K, L, y el muestreo sincrónico de alcachofa de Tudela, -I- no presentan diferencias significativas entre sí. Tampoco las alcachofas de distinta fecha de muestreo - H, I, M- dan entre sí diferencias significativas.

Tabla 5. Pareadas comparación de los datos de inflorescencias y variedades en la parcela de Cadreita

estadíos	H	I	M	J	K
I	ns				
M	ns	ns			
J	ns	ns	ns		
K	ns	ns	ns	ns	
L	ns	ns	ns	ns	ns

Aplicando el mismo análisis a las concentraciones de suelo de Cadreita y Tudela conjuntamente -Tabla 6- se observa que sólo 5 parejas presentan diferencias significativas y que éstas, no se repiten ni se dan entre estadíos homólogos de ambas parcelas, ni entre parcelas.

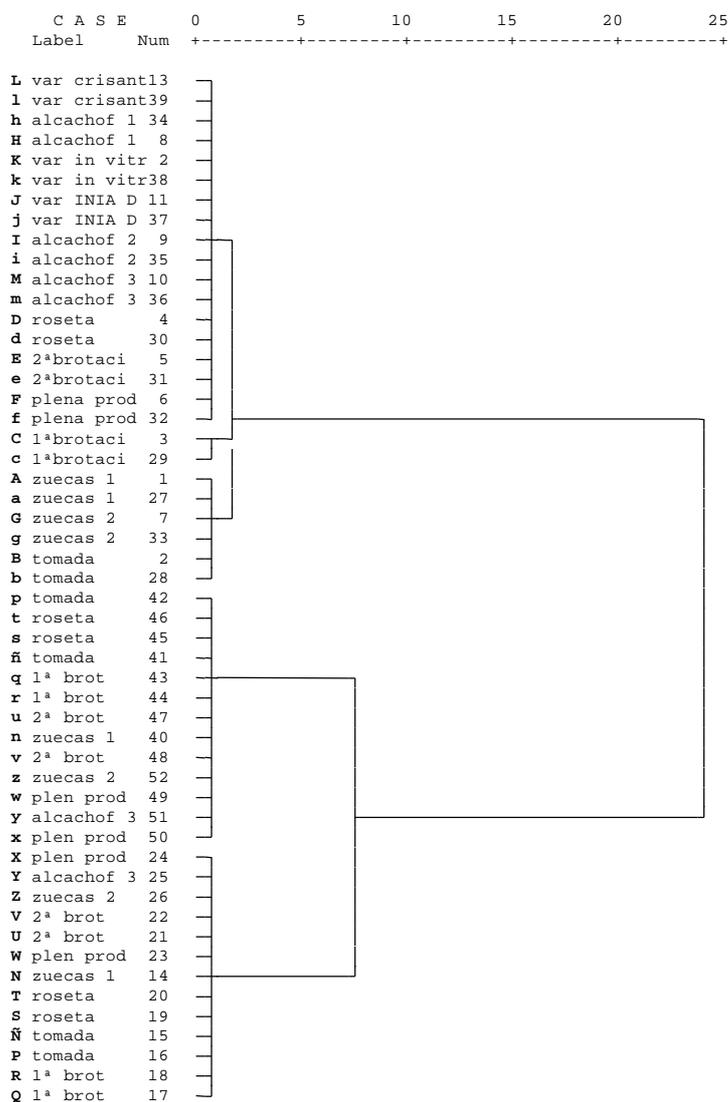
Tabla 6. Resultados de las pareadas aplicadas a los muestreos de suelos de ambas parcelas.

	N	Ñ	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	n	ñ	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	
Ñ	ns																										
P	ns	ns																									
Q	ns	ns	ns																								
R	ns	ns	ns	ns																							
S	ns	ns	ns	ns	ns																						
T	ns	ns	ns	ns	ns	ns																					
U	ns																										
V	ns																										
W	ns																										
X	ns	*	ns																								
Y	ns																										
Z	ns																										
n	ns																										
ñ	ns																										
p	ns																										
q	ns																										
r	ns																										
s	ns																										
t	ns																										
u	ns																										
v	ns																										
w	ns																										
x	ns																										
y	ns																										
z	ns																										

Niveles de significación: ns (p>0,05), *(p<=0,05).

Queda patente que hay dos sistemas: el sistema planta, dinámico e independiente, con sus significaciones repetidas “intra” y “entre” parcelas, y el sistema suelo, casi sin significaciones que, además, no se repiten ni “intra” ni “entre” parcelas.

Dendrograma 1. Planta y Suelo de Cadreita y de Tudela.

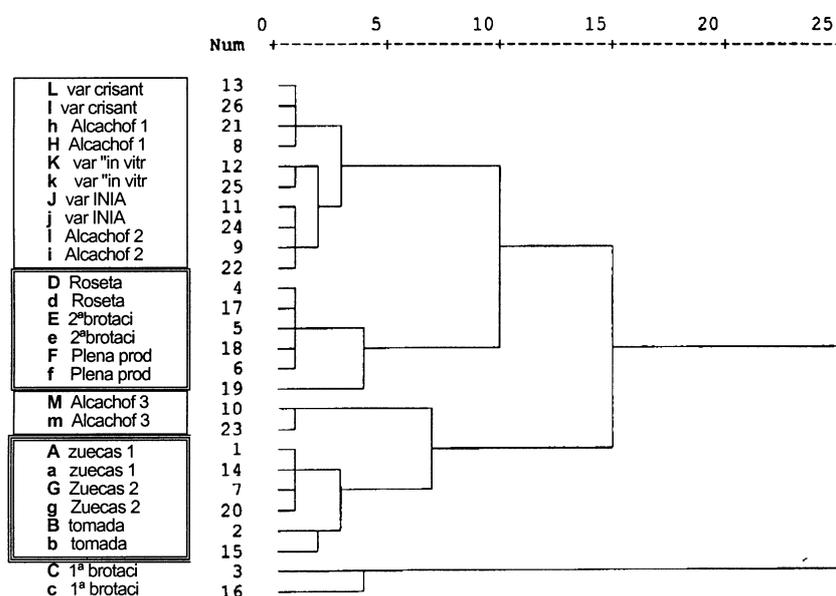


En el cluster jerárquico de planta y suelo juntos, -Dendrograma 1- se observa que las plantas de las parcelas forman un grupo compacto separado a la máxima distancia de otro grupo formado por los dos suelos. Además de esa primera

separación, el grupo formado por las dos plantas y el grupo formado por los dos suelos difieren enormemente entre sí en su estructura interna. Las plantas forman tres grupos constituidos por parejas de estadíos homólogos provenientes de ambas parcelas y unidos internamente a distancia mínima y relacionados entre sí a distancia de 1. Todo lo contrario se observa en el grupo de los suelos: aquí, los muestreos de uno y otro suelo forman dos grupos compactos, pero relacionados entre sí sólo a distancia máxima.

Se detecta que la variación de los elementos en cada sistema permite diferenciar planta de suelo, tanto por los grupos obtenidos en los clusters como por la concordancia de los elementos en planta y por la disimilitud de los mismos en suelo en pareadas.

Dendrograma 2. Planta de Cadreita y de Tudela.



Esta concordancia y estas agrupaciones que se observan en planta se vuelven a detectar con más detalle con el análisis cluster de las plantas de ambas parcelas juntas -Dendrograma 2- en el que se obtienen varios grupos de estadíos. El primer grupo -cuadro de borde sencillo- aparecen las alcachofas y las variedades, excepto las últimas alcachofas -M-. En el segundo grupo -cuadro de borde doble- están los estadíos vegetativos propiamente dichos. En el tercer grupo -cuadro de borde triple-

se unen las zuecas con la planta tomada, algo relacionadas a su vez con el último muestreo de alcachofas. Por último y a máxima distancia del resto tenemos los estadíos C de ambas parcelas -planta en primera brotación-. Así, los grupos morfológico-fisiológicos obtenidos son:

- estadíos reposo-diseminadores o próximos (A y G, zuecas, y B, planta tomada)
- estadíos de madurez vegetativa (D, roseta; E, 2ª brotación; y F, plena producción)
- estadíos reproductores (H, I, alcachofas; y J, K y L, variedades)

Se observa un comportamiento anómalo de los estadíos C -planta en primera brotación-, y de las últimas alcachofas, estadío M.

El estadío C, se muestreó en octubre y ya entonces se recogieron los ejemplares deteriorados por una reciente helada, que había malogrado la cosecha otoñal de alcachofas. Este comportamiento no se debe a factores edáficos, ya que no se detecta en los análisis aplicados a suelo, así se puede buscar su causa en otro factor ambiental importante para la planta, que es la climatología. Se sabe que la sensibilidad de la planta a las heladas es mayor en ese primer brotar; en los meses siguientes, incluso con temperaturas más bajas, la planta no se ve tan afectada, porque está en estadío de roseta, con las yemas de recambio protegidas, preparada para pasar el invierno. Pensamos entonces que es este factor climático el que hace que se separe este estadío por su composición elemental del resto.

El comportamiento dispar del muestreo tardío de Alcachofa de Tudela -muestreo M- en ambas parcelas, reflejado en los cluster que no se detecta en el análisis de pareadas entre inflorescencias, encuentra una explicación en las significaciones que aparecen en el análisis de pareadas entre dicho estadío y los estadíos vegetativos C, D y E, tanto en una y otra parcelas como entre parcelas. Se puede interpretar que las últimas alcachofas están más próximas a la fase de reposo -zuecas- o al inicio de la brotación -planta tomada- que al resto de estadíos vegetativos. Esta peculiaridad de las últimas alcachofas se detecta a nivel comercial y gastronómico, pues las alcachofas tardías son las menos apreciadas, y la causa de este rechazo debe estribar, quizá, en sus propiedades organolépticas, como textura -citología, histología-, o composición orgánica -nivel molecular-, ya que no se detecta diferencia alguna a nivel de la composición elemental. El resto de alcachofas y variedades aparecen como semejantes por su composición elemental.

CONCLUSIONES

1. Los test de pareadas de la T de Student's y los clusters aplicados a las concentraciones elementales de planta y de suelo indican la existencia de dos unidades funcionales bien diferenciadas: compartimentos planta y suelo. Emerge,

pues, el compartimento planta como una unidad funcional diferente del compartimento suelo, en el ecosistema agrícola estudiado.

2. La composición elemental de la planta, que es indiferente a la localidad, está altamente relacionada con las fases de su ciclo agrícola. Los dendrogramas ordenan y agrupan la variabilidad observada a lo largo del ciclo de la planta en las siguientes fases: fase de reposo-diseminación o próximos -A y G, zuecas, y B, planta tomada-; fase de madurez vegetativa -D, roseta; E, 2ª brotación; y F, plena producción; fase reproductora -H e I, alcachofas; y J, K y L, variedades-.

3. El estadío "C" del ciclo agrícola de la alcachofa, primera brotación, se ha visto afectado por los factores climáticos -bajas temperaturas-, que han provocando un comportamiento peculiar detectado mediante cluster. Este estadío presenta un incremento en las concentraciones de B, N, P, S, Cl y K en ambas parcelas, y las concentraciones máximas de N, P y K de todo el ciclo agrícola.

4. La fase reproductora de la alcachofa, sus inflorescencias, tanto las de la variedad Tudela como las de las otras tres variedades estudiadas, "INIA-D", "crisantem" e "in vitro", son, a nivel de concentraciones elementales, similares entre sí, tal y como hemos visto en pareadas. El comportamiento peculiar del muestreo tardío de Alcachofa de Tudela, muestreo M, detectado con cluster, que lo aproximan a la fase de reposo y de brotación -estadíos G, A y B- se refleja a nivel comercial y gastronómico en que esas alcachofas tardías son menos apreciadas y valoradas. Ya que, en cuanto a composición elemental, no hay diferencias con el resto de los muestreos de alcachofa, pero en el análisis de los estadíos se aproximan más a la fase de reposo, eso parece indicar que sus peculiaridades y diferencias sean de textura, -citología o histología- o de composición orgánica -nivel molecular-, es decir, propiedades organolépticas, pero no de composición elemental.

BIBLIOGRAFÍA

- CAVERO, R. Y.; LÓPEZ, M. L.; MARCO, R.; BAUCCELLS, M. y ROURA, M. (2000). Alcachofa de Tudela, *Cynara scolymus* L., y suelo de cultivo analizados por Fluorescencia de Rayos X (FRX). *Publ. Bio. Univ. Navarra, Ser. Bot.*, 13: 63-70.
- CAVERO, R. Y.; MARCO, R.; ECHEVERRÍA, A. y LÓPEZ, M. L. (1997). Composición química de la Alcachofa de Tudela a lo largo de su desarrollo. *Publ. Bio. Univ. Navarra, Ser. Bot.*, 10: 67-77.
- GARCÍA-GRANERO, M. y CALASANZ, M. J. (1996). *Manual práctico de estadística básica con SPSS para windows*. Ed Newbook. Pamplona. 191 pp.

- LÓPEZ, M. L.; CAVERO, R. Y.; MARCO, R. & BODE, P. (2000). Alcachofa de Tudela, *Cynara scolymus* L., y suelo de cultivo analizados por Análisis Instrumental por Activación con Neutrones (INAA). *Publ. Bio. Univ. Navarra, Ser. Bot.*, 13: 51-61.
- MARCO, R. (1999). *Alcachofa de Tudela y suelo agrícola: análisis multielemental*. Tesis Doctoral inédita.
- 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.
- MARCO, R.; CAVERO, R. Y. & LÓPEZ, M. L. (1998). Artichoke, *Cynara scolymus* L., a mediterranean culture: plant and soil elementary composition, a comparison. *Bocconeae*. (En prensa).

