

ALCACHOFA DE TUDELA, *CYNARA SCOLYMUS* L. Y SUELO DE CULTIVO ANALIZADOS POR ANÁLISIS INSTRUMENTAL POR ACTIVACIÓN CON NEUTRONES (INAA)

LÓPEZ, M. L.¹; CAVERO, R. Y.¹; MARCO, R.¹ & BODE, P.²

¹ Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias, Universidad de Navarra, 31080 Pamplona, España.

² Interfacultair Reactor Instituut, Technische Universiteit Delft. Mekelweg 15. 2629 JB Delft, The Netherlands.

RESUMEN

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.

Presentamos la composición elemental analizada por Análisis Instrumental por Activación con Neutrones: a) en cada uno de los estadios significativos del ciclo agrícola de la planta entera de alcachofa de Tudela: zuecas, 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) en las inflorescencias de la alcachofa de Tudela en tres momentos distintos de su recolección; c) en las inflorescencias de otras tres variedades de alcachofa (INIA-D, "in vitro" y crisantem) cultivadas en Navarra; y d) en el suelo de cultivo muestreado simultáneamente con la planta y secuencialmente a lo largo del ciclo agrícola. La alcachofa se ha cultivado al aire libre en dos parcelas situadas en la Ribera Tudelana, Cadreíta y Tudela. Tanto el suelo y el clima, como las técnicas culturales, son los idóneos aconsejados por el Instituto Técnico y de Gestión Agrícola y empleados desde antiguo por los agricultores de la zona. El análisis elemental se ha llevado a cabo en el Interfacultair Reactor Instituut, Technische Universiteit Delft.

En total se han analizado 22 muestras vegetales y 24 muestras de suelo. Para la planta se han obtenido 486 datos de concentraciones elementales correspondientes a 29 elementos -Na, Mg, Al, Si, Cl, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Zn, Br, Rb, Sr, Cs, La, Ce, Sm, Eu, Y, Hf, Ta, W, Au y Th-; para 14 de ellos -Sc, Ti, V, Cr, Sr, Cs, La, Ce, Sm, Eu, Yb, Hf, Ta y Th- sólo se han obtenido datos de concentraciones en estadios vegetativos, y para 2 -Al y Si- sólo en estadios reproductores. Respecto al suelo, se han obtenido 858 datos de concentraciones elementales correspondientes a 37 elementos -Na, Mg, Al, Cl, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Zn, As, Br, Rb, Sr, Zr, Ru, Sb, I, Cs, La, Ce, Nb, Sm, Eu, Tb, Dy, Yb, Lu, Hf, Ta, Au, Th y U-.

Palabras clave: Alcachofa, *Cynara scolymus* L, Variedades de alcachofa, Suelo de cultivo, Navarra, Composición elemental, INAA.

SUMMARY

LÓPEZ, M. L.; CAVERO, R. Y.; MARCO, R. & BODE, P. (2000). Tudela Artichoke, *Cynara scolymus* L., and its agricultural soil analysed by Instrumental Neutron Activation analysis (INAA). *Publ. Bio. Univ. Navarra, Ser. Bot.*, 13: 51-61.

We present the elemental composition, analysed by Instrumental Neutron Activation Analysis -INAA-: a) of Tudela artichoke whole plant, in each of the significative stages of its agricultural cycle: multiplying-dispersing stage –“zuecas”-rooting stage, sprouting stage, dormant stage during the winter time, renewing of the vegetative activity after winter –or second sprouting- and reproductive stage; b) of the culture soil secuencially sampled along the artichoke cultural cycle and simultaneous with the plant, and c) of the artichoke inflorescences of this variety and of three more –INIA-D, “in vitro” and “crisantem”, cultivated in Navarra. The soils, the climate, and the cultural methods for this culture, have been the suitable, following the advise of the Navarra Technique and Agricultural Management Institute and traditionally known by the local farmers. The elemental analyse have been made in the Interfacultair Reactor Instituut, Technische Universiteit Delft. A total of 46 field samples have been analysed, of which 22 are plant samples and 24 soil samples. 486 reliable concentration data, for 29 plant elements have been obtained -Na, Mg, Al, Si, Cl, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Zn, Br, Rb, Sr, Cs, La, Ce, Sm, Eu, Y, Hf, Ta, W, Au and Th-. For 14 of these elements -Sc, Ti, V, Cr, Sr, Cs, La, Ce, Sm, Eu, Yb, Hf, Ta and Th- we only have concentration data in vegetative stages, and for 2 elements -Al and Si- only in reproductive stages. Regarding the soil, we have obtained 858 reliable concentration data, for 37 elements, -Na, Mg, Al, Cl, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Zn, As, Br, Rb, Sr, Zr, Ru, Sb, I, Cs, La, Ce, Nb, Sm, Eu, Tb, Dy, Yb, Lu, Hf, Ta, Au, Th y U-.

Key words: Artichoke, *Cynara scolymus* L, artichoke varieties, culture soil, Navarra, Spain, Elemental composition, INAA.

INTRODUCCIÓN

Siguiendo nuestra línea de investigación, que incluye, además de la alcachofa de Tudela (CAVERO *et al.*, 1997 y 2000; MARCO, 1999; MARCO *et al.*, 1997, 1998 y 1999) otros productos hortícolas de interés para Navarra como "Pimiento del Piquillo" (CAVERO y LÓPEZ, 1993; CAVERO *et al.*, 1992, 1993a y 1993b) y el Cardo de Peralta (SAN EMETERIO *et al.*, 1998 y 2000), este trabajo trata de conocer la composición multielemental de la alcachofa y su suelo de cultivo mediante la técnica de Análisis Instrumental por Activación con Neutrones.

Se han tomado muestras de planta entera y suelo de cultivo en siete estadíos biológicamente significativos de la alcachofa: zuecas de partida, 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. El cultivo se ha realizado sobre agrícola y al aire libre, en dos parcelas distintas, Cadreíta y Tudela siguiendo las técnicas tradicionales de la zona y habituales para este cultivo (MALQUORI, 1967; MAGNIFICO, 1976, 1984; PRADO *et al.*, 1983; CABAÑATE, 1987; TIEBAS, 1987). Además, se han muestreado y analizado las inflorescencias -cogotes- recolectadas en tres épocas distintas del ciclo, así como los cogotes de otras tres variedades de alcachofa (INIA-D, "in vitro" y crisantem). Respecto al muestreo del suelo de cultivo éste se ha realizado simultáneamente al de las plantas.

La elección de la Alcachofa de Tudela se debe al deseo de conocer a fondo la composición elemental de este producto hortícola de gran arraigo en el sur de Navarra y que ha sido objeto de una selección local hasta producir una variedad de gran valor palatable y económico, con "Indicación Geográfica Protegida" (BOLETÍN OFICIAL DE NAVARRA nº 108, 2000) muy apreciada y buscada en el ámbito nacional (MACUA, 1994; GARDE, 1996; CALVO, 1998).

En resumen con este trabajo nos hemos planteado conocer las concentraciones del mayor número posible de elementos químicos asequibles mediante Análisis Instrumental por Activación con Neutrones: a) en la planta entera de Alcachofa de Tudela, cultivada en dos parcelas y muestreada a lo largo de su ciclo agrícola; b) en las inflorescencias de la alcachofa de Tudela, "cogotes", en tres momentos distintos de su recolección; c) en las inflorescencias de otras tres variedades de alcachofa

(INIA-D, “in vitro” y crisantem); y d) en el suelo de cultivo muestreado simultáneamente con la planta y secuencialmente en doce momentos del cultivo.

MATERIAL Y MÉTODO

El cultivo se ha realizado al aire libre en dos parcelas ubicadas en las fincas experimentales que el Instituto Técnico y de Gestión Agrícola de Navarra posee en los términos municipales de Cadreita (42° 13' de latitud N y 1° 41' de longitud W) y de Tudela (Montes del Cierzo, 42° 04' de latitud N y 1° 36' de longitud W), poblaciones situadas en la Ribera Tudelana.

Siguiendo a RIVAS-MARTÍNEZ (1995, 1996 y 1997) y basándonos en los datos termoclimáticos de ELÍAS y RUÍZ (1986) las parcelas gozan de bioclima mediterráneo pluviestacional oceánico con termotipo mesomediterráneo y ombrotipo seco (MARCO, 1999).

Los suelos de las parcelas, Torrifluent xérico en Cadreita y Camborthid en Tudela son, por sus características físicas -textura- y químicas -porcentaje de caliza, materia orgánica, relación C/N, contenido en sales solubles y capacidad de cambio-fértiles y adecuados para el cultivo de la alcachofa (CAVERO *et al.* 1997; MARCO, 1999).

Las prácticas agrícolas empleadas durante el cultivo han sido las recomendadas por el Instituto Técnico y de Gestión Agraria a los agricultores navarros y que consisten en: laboreo, abonado, riego y tratamientos fitosanitarios; datos ya publicados en CAVERO *et al.* 1997 y recogidos y ampliados en MARCO, 1999.

Respecto a alcachofa, *Cynara scolymus* L., se ha estudiado la variedad “Alcachofa de Tudela”, seleccionada por los agricultores de Tudela por su precocidad y elevada productividad y por su inflorescencia redondeada, provista de brácteas inermes, con orificio circular en la parte superior y carente de pelos en su interior. Esta alcachofa goza de “Indicación Geográfica Protegida” (BOLETÍN OFICIAL DE NAVARRA nº 108, 2000). Además de la planta entera de Alcachofa de Tudela muestreada en siete estadios biológicamente significativos del ciclo de cultivo: zuecas de partida, 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, se han estudiado por separado las inflorescencias de esta variedad en tres momentos de la producción -al comienzo, a mitad y al final de su período de recolección comercial- y de otras tres variedades más: alcachofa “INIA-D”, alcachofa “in vitro” y alcachofa “crisantem” recogidas a mitad de su periodo productivo -Tabla 1-. Este material vegetal se ha recogido siguiendo la técnica expuesta en CAVERO *et al.*, 1997. El polvo obtenido después de la moltura se ha homogeneizado y enviado al laboratorio.

Respecto al suelo, éste se ha muestreado con periodicidad mensual, para seguir la evolución de sus concentraciones elementales -véase tabla 1-. Cada muestra de suelo se ha obtenido realizando cinco agujeros de 20 cm de profundidad, anchura y altura (con la ayuda de una pala de PVC) por toda la superficie elegida; la capa superior en contacto con la atmósfera se ha despreciado, y el resto del suelo obtenido, se ha introducido, mezclado y transportado en el interior de bolsas de polietileno. En el laboratorio, se han eliminado manualmente las piedras y los restos de material vegetal y animal; el material, así preparado, se ha colocado en bandejas de plástico e introducido en la estufa a 85°C durante 48 horas para eliminar la humedad. Las muestras secas se han molturado con un rodillo de madera y tamizado en un tamiz de nylon de 2 mm de diámetro. El polvo resultante se ha enviado al laboratorio (MARCO, 1999).

Tabla 1. Fechas y correspondencias de muestreos de planta y suelo.

Fecha	Estadío de la planta	Planta Suelo	
		tabla 2	tabla 3
06-07-90	zuecas de partida	A	n
30-08-90	planta tomada	B	ñ
28-09-90			p
30-10-90	planta en primera brotación	C	q
30-11-90			r
31-12-90	planta en estadio de roseta	D	s
30-01-91			t
28-02-91	planta en segunda brotación	E	u
	Primer muestreo de alcachofas	H	u
01-04-91			v
02-05-91	planta en plena producción	F	w
	Segundo muestreo de alcachofas	I	w
	Alcachofa INIA-D	J	
	Alcachofa "in vitro"	K	
	alcachofa "crisantem"	L	
31-05-91			x
14-06-91	Último muestreo de alcachofas	M	y
26-06-91			z
08-07-91	zuecas de llegada	G	z

La técnica de análisis elemental empleada ha sido Análisis Instrumental por Activación con Neutrones que tiene la ventaja de poder analizar simultáneamente gran número de elementos, y se basa en la conversión de isótopos estables en isótopos radioactivos mediante la irradiación con neutrones seguida de medidas de la radioactividad inducida mediante Espectrómetros de Rayos Gamma equipados con detectores de semiconductor (CAVERO y LÓPEZ, 1993 y MARCO, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las 46 muestras de campo, 22 vegetales y 24 de suelo se han obtenido un total de 1344 datos de concentraciones que se recogen en las Tablas 2 y 3.

En la primera columna de las tablas aparecen los elementos químicos de los que tenemos datos, ordenados según la tabla periódica; en la segunda, las dos localidades de muestreo, Cadreita y Tudela, alternativamente; en las siguientes columnas –A..M o n..z-, las concentraciones, en partes por millón, de cada elemento en cada uno de los estadíos estudiados en cada localidad.

Las concentraciones se expresan en partes por millón ($\text{ppm}=\text{mg} \times \text{Kg}^{-1}$). Cuando el laboratorio de análisis expresaba los resultados como “límites de detección”, esos valores no se han reflejado en la tabla (excepto tres concentraciones de Ta) y los elementos correspondientes van señalados con fondo gris.

Como datos fiables hemos obtenido 486 datos de concentración en planta y 858 en suelo, correspondientes a 29 elementos en planta - Na, Mg, Al, Si, Cl, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Zn, Br, Rb, Sr, Cs, La, Ce, Sm, Eu, Y, Hf, Ta, W, Au y Th-, que se reparten en 13 elementos completos -Na, Mg, Cl, K, Ca, Mn, Fe, Co, Zn, Br, Rb, W y Au-, además de 14 con datos sólo en fase vegetativa - Sc, Ti, V, Cr, Sr, Cs, La, Ce, Sm, Eu, Yb, Hf, Ta y Th- y 2 - Al y Si- con datos sólo en fase reproductora; y a 37 elementos en suelo -Na, Mg, Al, Cl, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Zn, As, Br, Rb, Sr, Zr, Ru, Sb, I, Cs, La, Ce, Nb, Sm, Eu, Tb, Dy, Yb, Lu, Hf, Ta, Au, Th y U- que se reparten en 28 elementos completos -Na, Mg, Al, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Zn, As, Br, Rb, Sr, Zr, Cs, La, Ce, Nb, Sm, Eu, Hf, Ta, Th y U- y 9 elementos con algún muestreo incompleto -Cl, Ru, Sb, I, Tb, Dy, Yb, Lu y Au-.

Según la bibliografía consultada, es la primera vez que se conocen las concentraciones elementales de tantos elementos en planta entera de alcachofa, muestreada secuencialmente siguiendo las etapas de su ciclo anual de desarrollo y simultáneamente con el suelo de cultivo. Lo mismo cabe decir para las 4 variedades de alcachofa comercial analizadas. Sólo conocemos algunos datos de ENSMINGER *et al.* (1994), GARDE (1996), LAMAND *et al.* (1996), LATTANZIO (1982) y MARTINEZ-LLOPIS (1990), referentes la mayoría al producto comercial -alcachofa- y en un solo caso a la hoja vegetativa, que dan concentraciones de 10-11 macro-y oligoelementos, según los casos. De todos esos datos, los únicos comparables con los nuestros son los de LAMAND *et al.* (1996), siempre con la salvedad de que su trabajo no especifica las condiciones experimentales. Con esas limitaciones, nuestras alcachofas presentan concentraciones entre 4 y 100 veces más altas para Na, Mg, K, Ca, Fe, Mn y Zn.

Tabla 2. Concentraciones elementales en ppm=mg x Kg⁻¹ obtenidas en planta.

PLANTA	Loc	Estadios fenológicos						Inflorescencias			Variedades			
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	M	J	K	L
Na	Cad	2410	4020	5780	3930	4400	4090	1820	1890	1070	949	1160	1130	735
	Tud	2410	3870	3230	4160	4140	3660	3130	2030	1130	1310			
Mg	Cad	1660	2860	3980	3670	2360	2370	1370	2770	3030	2540	2970	3660	4300
	Tud	1660	2160	2380	2400	2500	1730	1680	2530	2980	2700			
Al	Cad								33,5	23,2	7,44	85,6	26,6	36,7
	Tud								46,6	26,8	11,5			
Si	Cad								7050	4890	1570	18000	5600	7720
	Tud								9810	5640	2420			
Cl	Cad	4790	8120	30400	14900	15500	16900	4430	7420	6880	5780	7380	5590	6880
	Tud	4790	8250	22500	16600	17500	19300	5030	7870	6480	5660			
K	Cad	17300	17200	53000	32300	31400	33200	13200	42500	33900	27500	33900	31300	39000
	Tud	17300	11900	45300	30900	29200	25600	10800	37200	28100	25400			
Ca	Cad	8970	17100	19600	17100	13700	13800	6420	5860	5150	2240	3200	4650	3760
	Tud	8970	13100	16300	16900	14200	13000	8440	5520	3310	2920			
Sc	Cad	0,224	0,535	0,197	0,29	0,229	0,116	0,112						
	Tud	0,224	0,344	0,223	0,267	0,176	0,111	0,152						
Ti	Cad	88,1	214	106	124	88,8	87	57						
	Tud	88,1	141	78,9	160	88,2	77,4	68,2						
V	Cad	2,18	5,57	1,83	3,18	2,77	1,3	1,09						
	Tud	2,18	3,57	1,64	2,99	1,97	1,27	1,59						
Cr	Cad	2,12	5,49	1,75	2,53	1,61	1,27	1,18						
	Tud	2,12	2,39	1,84	1,91	1,79	1,00	3,18						
Mn	Cad	25,5	53,1	44,5	51,3	47,2	31,1	22,7	23,5	24,3	17	21,1	33,4	34,2
	Tud	25,5	42,5	51,8	53,3	41,8	26,2	24,3	23,5	22	17,6			
Fe	Cad	622	1450	597	878	669	380	372	56,7	58,3	33,8	43,5	58,6	52,9
	Tud	622	964	708	849	570	338	472	54,4	81,8	39,6			
Co	Cad	4,62	3,17	3,85	6,32	3,19	3,64	3,87	1,56	3,04	1,26	1,63	1,92	1,38
	Tud	4,62	2,01	3,19	3,28	2,83	5,21	3,29	1,56	4,37	1,39			
Zn	Cad	24,2	26,9	23,2	26,8	19,4	15	19,8	42,6	33,8	31,8	29,5	44,3	41,6
	Tud	24,2	23,2	25,7	20,8	21	12,7	12,8	35,9	27,9	28,9			
Br	Cad	2,22	8,47	22,2	15,9	16,1	20	5,66	5,13	5,13	4,82	6,62	2,88	4,77
	Tud	2,22	4,87	24,2	12,3	32,7	27,8	7,67	8,01	5,97	6,71			
Rb	Cad	3,37	9,66	6,09	5,39	5,16	4,23	2,86	4,5	3,23	2,9	3,85	5,27	6,94
	Tud	3,37	6,79	4,86	6,3	4,04	2,61	3,08	3,87	2,94	2,34			
Sr	Cad	70,4	95	127	100	79,9	93,7	46,9						
	Tud	70,4	99,1	96,2	80,2	72,5	73,1	55,4						
Cs	Cad	0,199	0,427	0,146	0,234	0,172	0,0869	0,0967						
	Tud	0,199	0,308	0,153	0,252	0,166	0,0904	0,137						
La	Cad	0,765	1,59	0,579	1,13	0,706	0,503	0,349						
	Tud	0,765	1,03	0,698	0,868	0,595	0,432	0,589						
Ce	Cad	1,1	3,2	1,53	2,22	1,52	0,934	0,369						
	Tud	1,1	2,33	1,64	1,87	1,24	1,1	1,42						
Sm	Cad	0,424	0,438	0,173	0,178	0,153	0,0737	0,094						
	Tud	0,424	0,351	0,283	0,369	0,122	0,43	1,26						
Eu	Cad	0,0201	0,0558	0,0209	0,0361	0,0246	0,0138	0,0131						
	Tud	0,0201	0,0486	0,0313	0,0372	0,0299	0,0233	0,027						
Yb	Cad	0,0447	0,114	0,0739	0,0889	0,0604	0,0456	0,041						
	Tud	0,0447	0,104	0,0927	0,0965	0,0413	0,011	0,063						
Hf	Cad	0,128	0,246	0,127	0,238	0,175	0,141	0,0437						
	Tud	0,128	0,204	0,157	0,248	0,157	0,158	0,165						
Ta	Cad	0,045	0,0653	0,059	0,0739	0,0525	0,0351	<0,062						
	Tud	0,045	0,036	0,0257	0,0583	<0,054	0,0175	<0,034						
W	Cad	13,2	25,3	22	31,7	22,6	16,5	19,4	6,8	5,02	5,59	5,34	4,34	5,73
	Tud	13,2	16,1	15	27,5	17,6	10,6	11,4	5,21	11,4	3,01			
Au	Cad	0,01	0,0552	0,0299	0,0562	0,025	0,0371	0,0521	0,0251	0,0148	0,00693	0,0374	0,0132	0,02
	Tud	0,01	0,0154	0,0272	0,0168	0,0235	0,0183	0,0278	0,0151	0,0056	0,00429			
Th	Cad	0,214	0,515	0,21	0,3	0,265	0,125	0,121						
	Tud	0,214	0,329	0,247	0,332	0,2	0,159	0,206						

Tabla 3. Concentraciones elementales en ppm=mg x Kg⁻¹ obtenidas en suelo

	Loc	n	n̄	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z
Na	Cad	3790	3650	3780	3570	3720	3590	3940	3980	4140	3940	4040	4020	3990
	Tud	2730	2800	3010	2880	2770	2750	2740	3040	3130	3070	3050	3050	3060
Mg	Cad	8800	8700	9000	7800	9200	8300	9300	10500	8970	11000	11500	10700	9870
	Tud	5800	6400	7500	6900	6500	6100	7500	6080	5230	7980	7760	7450	7140
Al	Cad	38500	39000	39700	37200	40300	39200	39500	40000	45900	43600	39400	42000	44600
	Tud	31900	38600	37500	39400	34000	33900	36000	38200	37900	43700	41700	39500	37400
Cl	Cad	170	150	70	140	190	200			260				131
	Tud	150	100	130						158	189	134		
K	Cad	11800	12000	12600	13400	12500	11700	12000	12800	13100	13800	13200	13100	12900
	Tud	10800	13300	12500	12700	11900	11300	12900	13600	12600	13500	15600	14500	13500
Ca	Cad	11900	13000	13000	13300	12700	121000	118000	135000	144000	138000	143000	142000	141000
	Tud	74000	66000	69000	76000	76000	69000	69000	77500	81300	79800	77500	79700	82000
Sc	Cad	7,02	7,33	7,57	7,25	7,36	7,24	7,57	6,93	7,14	7,11	6,99	7,08	7,16
	Tud	5,58	6,73	6,42	6,05	5,98	5,67	6,42	5,97	5,73	6,25	6,41	6,02	5,64
Ti	Cad	2600	3000	3000	2800	3000	2900	3400	2790	3230	3120	2870	2850	2830
	Tud	2800	2980	3860	3300	3000	3100	3200	3170	3100	3640	3030	3110	3190
V	Cad	62	61	61	56	69	63	63	60,2	66,8	72	74,9	71,4	67,8
	Tud	42	50	51	51	46	48	49	52	47,1	55,7	54,9	49,9	44,9
Cr	Cad	42,6	44,9	45,8	43,6	44,3	43,0	46,1	41	42,5	43	41,6	41,7	41,9
	Tud	33,4	38,0	39	35,3	35,5	32,8	39,5	33,7	35,1	33,7	38,2	36,4	34,5
Mn	Cad	465	480	480	449	479	452	476	493	568	529	512	512	513
	Tud	313	357	367	376	334	342	353	369	336	416	427	390	352
Fe	Cad	19700	20000	20700	20000	20000	20100	20900	18300	19000	19000	19100	19050	19000
	Tud	18600	21900	20400	20000	20000	20200	20600	18100	18300	19800	19500	18700	17900
Co	Cad	7,48	7,81	8,16	7,64	7,7	7,6	7,8	7,4	7,64	7,53	7,57	7,66	7,75
	Tud	6,81	7,84	7,33	6,8	6,88	6,57	7,76	6,78	6,45	7,19	7,33	6,88	6,43
Zn	Cad	53	57	58	56	58	60	61	57,6	61	63,1	61,7	64,3	66,9
	Tud	43	50	48	46	42	49	46	53,7	52,1	60,6	55,2	53,1	50,9
As	Cad	8,6	9,2	9,8	9,3	9,9	9,1	10,4	8,4	9,74	9,86	9,27	9,52	9,77
	Tud	12,0	13,7	13,4	13,3	12,8	13,7	12,2	13,1	10,9	13,2	13,2	12,8	12,5
Br	Cad	5,6	6,1	6,2	6,1	6,0	6,6	6,4	5,74	6,19	5,79	5,56	5,97	6,39
	Tud	8,09	6,9	7,6	7,7	7,5	7,5	6,6	7,46	7,76	7,52	6,4	6,61	6,81
Rb	Cad	75	85	86	76	72	82	86	72,6	77,8	74,3	75	75,3	75,7
	Tud	75	84	77	83	78	73	89	78,5	72,8	82,2	79,7	75,7	71,7
Sr	Cad	410	440	420	370	440	430	450	370	365	385	364	368	372
	Tud	180	210	177	190	180	170	194	104	194	105	175	185	194
Zr	Cad	250	220	250	140	250	130	240	230	252	246	225	226	227
	Tud	410	390	370	390	470	440	430	445	434	508	346	383	419
Ru	Cad								1,8	1,52	1,57	1,98	1,67	1,36
	Tud								2,57	2,38		2,54	2,17	1,79
Sb	Cad	0,74	0,98	0,96	1,01	0,89	0,86	0,96	0,818	1,15	1	0,932		
	Tud	1,13	1,28	1,16	1,08	1,14	1,32	1,13	1,23	1,25	1,28	1,33	1,31	1,29
I	Cad				6			8	8,61					
	Tud	7	9,3	12		6		8		7,97	12,7			
Cs	Cad	4,98	5,5	5,6	5,2	5,3	5,6	5,5	5,12	5,45	5,12	5,24	5,44	5,64
	Tud	5,0	6,2	6,3	5,34	6,3	5,5	5,8	5,14	5,18	5,32	6,05	5,45	4,86
La	Cad	20,6	22,0	23,0	22,0	22,4	20,8	23,8	21,4	20,8	21,6	21,4	22,3	23,3
	Tud	24,7	26,7	66,5	29,2	30,9	29,1	29,6	26,4	26,6	28,3	29,9	31,6	33,3
Ce	Cad	44,2	47,4	48,0	47,1	46,4	45,0	47,8	45,7	43,6	44,5	43,7	45	46,4
	Tud	54	59	149	66	74,1	65,4	66,5	54,5	54,9	58,9	56,2	63,6	70,9
Nd	Cad	22	22	16	20	28	35	24	11	15	22,9	21,3	18,3	15,3
	Tud	29	29	70	39	40	29	35	25,6	28,1	31,4	21,4	30,9	40,4
Sm	Cad	3,67	3,89	4,06	3,9	4	3,68	4,2	3,78	3,94	3,92	3,91	4,01	4,11
	Tud	4,41	4,84	10,7	5,7	7,6	5,4	4,9	4,77	4,92	5,12	4,9	5,23	5,55
Eu	Cad	0,86	0,86	0,84	0,81	0,81	0,83	0,85	1,04	1,09	1,05	1	1,01	1,03
	Tud	0,846	0,98	1,85	1,06	1,3	0,953	0,998	1,13	1,11	1,15	1,22	1,16	1,09
Tb	Cad	0,56	0,61	0,65	0,5	0,6	0,62	0,58				0,569	0,556	0,543
	Tud	0,58	0,6	0,73	0,69	0,73	0,61	0,61	0,62					0,806
Dy	Cad				3,6	6,7	3,5							
	Tud		4,3	7,9		4,5			7,8					

Tabla 3. (continuación)

	Loc	n	n̄	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z
Yb	Cad	1,91	1,78	1,76	1,73	1,86	1,72	1,80		1,89	1,86			1,94
	Tud	1,9	1,96	1,97	2,16	1,89	2,06	2,00		1,99				
Lu	Cad	0,333	0,325	0,37	0,312	0,39	0,28	0,33	0,256		0,354	0,28	0,304	0,327
	Tud	0,35	0,38	0,33	0,378	0,338	0,338	0,346	0,428		0,419	0,327	0,336	0,345
Hf	Cad	5,5	5,3	5,46	4,86	5,3	5,3	5,2	5,05	5,32	4,99	5,12	5,18	5,24
	Tud	9,76	8,94	9,18	10,0	10,4	10,9	9,1	11,1	10	11,2	8,51	9,3	10,1
Ta	Cad	0,72	0,90	0,99	0,87	0,79	0,79	0,93	0,864	0,842	0,765	0,73	0,42	0,11
	Tud	0,86	0,89	0,96	0,96	0,94	0,94	1,00	0,927	0,842	0,894	0,803	0,822	0,841
Au	Cad													
	Tud		0,005					0,005				0,0077		
Th	Cad	7,41	7,68	7,94	7,47	7,7	7,4	7,7	6,88	7,13	6,68	6,89	6,93	6,98
	Tud	8,94	9,18	10,7	9,17	9,57	9,56	10,0	9,23	9,71	9,24	9,42	10,01	10,6
U	Cad	2,17	2,19	2,22	2,23	2,8	2,01	2,5	1,82	2,2	2,34	2,04	2,17	2,3
	Tud	2,0	2,4	2,8	2,5	2,31	2,32	2,4	2,43	3,07	3,71	2,93	3,11	3,29

BIBLIOGRAFÍA

BOLETÍN OFICIAL DE NAVARRA (2000). Orden Foral de 3 de julio de 2000, del Consejero de Agricultura, Ganadería y Alimentación por la que se aprueba, con el carácter transitorio establecido en el artículo 5.5 del Reglamento (CEE) 2081/92, el reglamento de la Indicación Geográfica Protegida "Alcachofa de Tudela". *B. O. de Navarra*, 108: 7111-7117.

CABAÑATE, D. (1987). Herbicidas en alcachofa. *Navarra Agraria*, 24: 41-44.

CALVO, I. (1998). La "Alcachofa de Tudela" tendrá su propia denominación de origen. *Diario de Navarra: Diario del Campo*, Sábado 10 de enero de 1998: 35.

CAVERO, R. Y.; BAUCCELLS, M; LÓPEZ, M. L. y ROURA, M. (1993a). Contenido y evolución de 7 elementos químicos en el pimiento Piquillo de Lodosa a lo largo de su desarrollo y de 26 en suelo de cultivo por FRX. *Príncipe de Viana, Supl. Ciencias*, 13: 27-35.

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. (1993b). Singularidad química de la fase multiplicadora-diseminadora de Espermafitas: pimiento Piquillo de Lodosa. *Actas de las Jornadas conmemorativas del Prof. Losa España*, 189-193 Burgos.

- CAVERO, R. Y.; LÓPEZ, M. L. y MARCO, R. (2000). La alcachofa. Composición química. *Investigación y Ciencia*, junio: 40-41.
- 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.
- ELÍAS, F. y RUIZ, L. (1986). *Caracterización agroclimática de Navarra. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.* Departamento de Agricultura Ganadería y Montes del Gobierno de Navarra. Madrid. 226 pp.
- ENSMINGER, A. H.; ENSMINGER, M. E.; KONLANDE, J. E. & ROBSON, J. R. K. (1994). *Foods and Nutrition encyclopedia*. Vol. 1. A-H. Ed. CRC Press. Boca Ratón. 1208 pp.
- GARDE, M. C. (1996). Alcachofa de Tudela. *Diario de Navarra, Alimentaria* 96: 53.
- LAMAND, M.; TRESSOL, J. C.; IRELAN, J.; FAVIER, J. C. & FEINBERG, M. (1996). *Repertoire general des aliments*. Tome 4. Table de composition minerale. INRA. Paris. 200 pp.
- LATTANZIO, V. (1982). Composizione, valore nutritivo e terapeutico del carciofo. *Informatore Agrario*, 38 (1): 27-31.
- MACUA, J. I. (1994). Cultivo de alcachofa en Navarra: Ensayo de variedades en el Valle Medio del Ebro. *Navarra Agraria*, 84: 21-27.
- MAGNIFICO, V. (1976). Il diserbo del carciofo. *L' Informatore agrario- Verona*, 46: 4.
- MAGNIFICO, V. (1984). Il diserbo chimico del carciofo. *L' Informatore Agrario- Verona XL* (23): 55-57.
- MALQUORI, A. (1967). La concimazione minerale del carciofo in Italia. *Progresso Agricolo*, XIII/10: 1-7.
- 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).
- MARCO, R.; CAVERO, R. Y. & LÓPEZ, M. L. (1999). Comparación de la fase multiplicadora-diseminadora de pimiento del piquillo, alcachofa de Tudela y cardo de Peralta. *Publ. Bio. Univ. Navarra, Ser. Bot.*, 12: 39-44.
- MARTINEZ-LLOPIS, M. (1990). La alcachofa: de los romanos a Catalina de Medicis. *Diario de Navarra, Alimentaria* 90: 37.
- PRADO, O.; UNDURRAGA, P. y MONTOYA, A. (1983). Fertilización nitrogenada en alcachofas (*Cynara scolymus* L.) de primer año. Efecto del nitrógeno en la producción de cabezas comercializables y materia seca. *Ciencia e investigación agraria*, 10, 2: 157-162.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. (1995). Clasificación bioclimática de la tierra. *Folia Botanica Matritensis*, 16: 1-25.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. (1996). Geobotánica y Climatología. Discurso investidura "honoris causa" Universidad de Granada. *Publ. Universidad de Granada*, 98 pp.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. (1997). Syntaxonomical synopsis of the North America natural potential vegetation communities. *Itinera Geobotanica*, 10: 5-148.
- 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 de las hojas de cardo de Peralta. *Publ. Bio. Univ. Navarra, Ser. Bot.*, 11: 1-54.
- SAN EMETERIO, L.; LÓPEZ, M. L. & CAVERO, R. Y. (2000). Mediterranean culture of cardoon, *Cynara cardunculus* L.: elementary composition and biological function. *Publ. Bio. Univ. Navarra, Ser. Bot.*, 13: 43-49.
- TIEBAS, M. A. (1987). Herbicidas en alcachofa. *Navarra Agraria*, 24: 41-44.

