

DIFERENCIACIÓN DE VARIEDADES DE CASTAÑO (*CASTANEA SATIVA* MILL.) MEDIANTE CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE HOJAS, FRUTOS Y ERIZOS: UN EJEMPLO DE GALICIA

Pedro Alvarez-Álvarez¹, Marcos Barrio-Anta² y Ulises Diéguez-Aranda³

¹ Departamento de Producción Vegetal, Universidad de Santiago de Compostela. Escuela Politécnica Superior. Campus universitario. 27002-LUGO (España)

² Departamento de Biología de Organismos y Sistemas. Universidad de Oviedo. Escuela Universitaria de Ingenierías Técnicas. c/Gonzalo Gutiérrez de Quirós s/n. 33600-MIERES (Asturias, España)

³ Departamento de Ingeniería Agroforestal, Universidad de Santiago de Compostela. Escuela Politécnica Superior. Campus universitario. 27002-LUGO (España)

Resumen

En este trabajo se presenta una regla discriminante que permite clasificar castaños de las masas de A Fonsagrada (Lugo) dentro de una de una de las tres variedades más importantes de la zona: *Lemos*, *Parede* y *Portuguesa*. Para su construcción se midieron variables de hojas, frutos (castañas) y erizos en 72 castaños pertenecientes a las tres variedades mencionadas. En total, se dispuso de una muestra formada por 5760 datos (720 medidas de 8 variables). Se desarrollaron dos reglas discriminantes: el modelo “*completo*”, que incluyó todas las variables analizadas de hojas, frutos y erizos y el modelo “*hojas y frutos*”, que incluyó solamente variables de hojas y frutos. El modelo que proporcionó mejores resultados fue el “*completo*”, clasificando correctamente el 79% de los árboles de la variedad *Parede*, el 96% de los de la variedad *Lemos* y el 100% de los de la variedad *Portuguesa*. Sin embargo, el modelo “*hojas y frutos*” proporcionó también resultados muy satisfactorios. Finalmente, un análisis de sensibilidad mostró que la medición de entre 5 y 7 hojas, frutos y erizos, elegidos aleatoriamente en el árbol, son suficientes para la obtención de resultados fiables.

Palabras clave: *Análisis discriminante, Fagaceae, Modelos, Clasificación*

INTRODUCCIÓN

Las masas de castaño ocupan en Galicia una superficie aproximada de 45.518 ha (XUNTA DE GALICIA, 2001), presentándose en tres formas diferentes: masas de castaños domesticados (“*soutos*”), masas silvestres procedentes de regeneración natural y plantaciones forestales para producción de madera. La forma silvestre se presenta como monte alto, en mezcla con

robles y abedules, siendo raramente el castaño la especie dominante en la masa. Este tipo de bosque mixto se denomina “*fraga*” y puede incluir además a otras especies como el cerezo o el arce sicomoro.

Actualmente es mucho más abundante el castañar domesticado, aunque en las últimas décadas se ha ido abandonando progresivamente en gran parte del territorio. Estas masas están constituidas por cultivares tradicionales injerta-

dos a una altura de entre 1,5 y 3 m sobre planta procedente de semilla. En Galicia se han clasificado un total de 143 cultivares (variedades) (FERNÁNDEZ LÓPEZ Y PEREIRA-LORENZO, 1993), sin embargo, todavía no hay información disponible acerca de las características morfológicas a nivel de cultivar o variedad.

En el noroeste de la provincia de Lugo, las variedades más importantes son *Lemos*, *Parede* y *Portuguesa*. Estos cultivares han sido principalmente difundidos por la buena calidad de su fruto (la castaña) y su alta productividad. Las variedades *Lemos* y *Portuguesa* producen castañas de mayor calibre que *Parede*. Sin embargo *Parede* presenta un fruto con mejores propiedades organolépticas y además puede producir madera de alta calidad (VIÉITEZ CORTIZO et al., 1996; PEREIRA-LORENZO y FERNÁNDEZ LÓPEZ et al., 1997a). Los “*soutos*” pueden producir a la vez fruto y madera ya que el tronco bajo el injerto puede proporcionar trozas de valor para sierra. La variedad *Parede* además forma ramas rectas por encima del injerto con longitudes de entre 4 y 10 m que son aprovechadas para madera de sierra y vigas de viviendas en rotaciones de unos 30 años (BOUHIER, 1979; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 1984; PEREIRA-LORENZO y FERNÁNDEZ LÓPEZ et al., 1997a).

El objetivo de este estudio fue determinar si existen diferencias morfológicas entre los tres principales cultivares de castaño del noreste de la provincia de Lugo, y también desarrollar una metodología para clasificar los castaños de la zona en uno de los tres cultivares mencionados usando variables fáciles de medir en campo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Inventario

Se preseleccionaron un total de 32 “*soutos*” con presencia de las variedades *Lemos*, *Parede* y *Portuguesa*, entre los que se escogieron dos masas separadas unos 10 km con distinta orientación y altitud. Sobre la base del trabajo de PEREIRA-LORENZO y FERNÁNDEZ LÓPEZ (1997b), que indicaron diferencias entre los caracteres morfológicos de las variedades objeto de estudio, por la experiencia de personal de la zona y por su facilidad de medición, se seleccionaron hojas, castaños y erizos como elementos del árbol en los que medir las variables para discriminar las tres variedades de castaño estudiadas. En cada una de las dos masas se seleccionaron aleatoriamente 36 pies (12 de cada variedad). En cada árbol se seleccionaron también aleatoriamente 10 hojas, 10 erizos y la castaña de mayor calibre dentro de éstos. Las muestras fueron recogidas repartidas por toda la copa de cada árbol de manera que se incluyera la variabilidad de cada cultivar. Las variables medidas en cada uno de esos elementos fueron: longitud (LL) y ancho (LW) de la hoja, longitud del peciolo de la hoja (SL); longitud (NL), ancho (NW) y espesor de la castaña (NT); y alto (BH) y ancho del erizo (BW) (Figura 1). Las hojas se midieron con una regla con una precisión de 1 mm y el resto de las variables con un calibrador de 0.25 mm de precisión. En la tabla 1 se muestran los estadísticos descriptivos de las variables medidas.

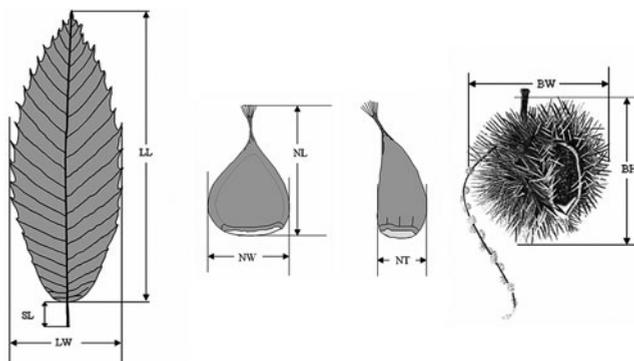


Figura 1. Variables medidas en hojas, frutos y erizos

Metodología estadística

Tras realizar una comparación de medias y comprobar que existían diferencias significativas entre los valores que presentaban las variables medidas en cada variedad, se llevó a cabo un análisis discriminante. Esta técnica permite separar un conjunto de observaciones en dos o más grupos y asignar nuevas observaciones a uno de los grupos establecidos (KHATTREE Y NAIK, 2000).

La regla lineal para asignar una nueva variedad en uno de los tres cultivares, dependiendo de las variables disponibles, requiere la estimación de los parámetros de la ecuación (1) para cada grupo:

$$D_i = b_{i0} + b_{i1}X_1 + b_{i2}X_2 + \dots + b_{ip}X_p \quad (1)$$

donde D_i es el valor discriminante calculado para el grupo i , X_1, \dots, X_p son las variables predictoras y b_{i0}, \dots, b_{ip} son las estimaciones de los parámetros de la función para el grupo i . Una observación se asigna al grupo que presente mayor valor de D_i .

Se desarrollaron tres modelos en función de las variables que incluían: (i) un modelo que incluye las dimensiones de la hoja, el fruto y el erizo (“*modelo completo*”); un modelo que incluye las dimensiones de la hoja y el fruto (“*modelo hoja y fruto*”); y un modelo que incluye solamente las dimensiones de la hoja (“*modelo hoja*”). Los tres modelos fueron ajustados con el procedimiento DISCRIM de SAS/STAT (SAS INSTITUTE INC., 2004). Por último, se realizó un análisis de sensibilidad para determinar el

número adecuado de elementos que deberían medirse en cada árbol para obtener tasas apropiadas de clasificación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La comparación entre los valores medios de las diferentes variables inventariadas en el presente estudio (Tabla 1) con los valores obtenidos en el estudio realizado por PEREIRA-LORENZO Y FERNÁNDEZ-LÓPEZ (1997b), mostraron diferencias en la hoja en la variedad Parede. Estas diferencias pueden ser debidas a la variabilidad intra-cultivar causada o motivada por las condiciones medioambientales o también por el empleo de la misma denominación varietal en variedades similares (ELORRIETA, 1949; FERNÁNDEZ-LÓPEZ Y PEREIRA-LORENZO, 1993; VIÉITEZ CORTIZO et al., 1996; BERROCAL et al., 1998). Aunque es probable que los efectos genéticos sean más importantes que los efectos locales (PEREIRA-LORENZO et al., 1996a), las pequeñas variaciones intra-cultivares en caracteres morfológicos asociados a diferentes condiciones medioambientales sugieren que estos estudios deberían limitarse a zonas con condiciones medioambientales homogéneas.

Se han considerado dos reglas discriminantes, una cuadrática y otra lineal. El análisis de los residuos ordinarios mostró que la regla cuadrática se comporta ligeramente mejor que la lineal; sin embargo, al analizar los residuos

	Lemos				Parede				Portuguesa			
	Media	Máx.	Mín.	Desv. estándar.	Media	Máx.	Mín.	Desv. estándar.	Media	Máx.	Mín.	Desv. estándar.
LL	16,85	14,21	20,60	1,52	18,63	14,66	24,08	2,58	15,23	9,95	19,05	1,95
LW	6,37	4,46	8,47	0,93	7,35	6,26	8,68	0,62	7,04	5,73	8,61	0,67
SL	1,40	1,17	1,76	0,16	1,43	1,08	2,21	0,30	1,51	1,02	1,89	0,20
NL	2,95	2,64	3,14	0,12	2,81	2,58	3,04	0,12	2,96	2,79	3,04	0,07
NW	3,17	2,75	3,44	0,21	2,73	2,52	3,08	0,14	3,07	2,81	3,22	0,11
NT	1,73	1,47	1,98	0,13	1,59	1,42	1,87	0,10	1,78	1,56	2,02	0,11
BH	4,47	4,05	4,83	0,24	4,18	3,60	4,75	0,30	4,21	3,75	4,88	0,34
BW	6,08	5,20	6,79	0,55	5,40	4,65	6,88	0,52	5,36	4,80	6,06	0,38

Tabla 1. Resumen estadístico para las dimensiones de las variables de hoja, castaña y erizo usadas en el análisis (expresadas en cm). LL = longitud de la hoja, LW = ancho de la hoja SL = longitud del peciolo de la hoja NL = longitud del fruto, NW = ancho del fruto, NT = espesor del fruto, BH = alto del erizo, BW = ancho del erizo (sección mayor)

press (los residuos eliminados obtenidos por validación cruzada) en cada una de las dos reglas, se comprobó que la regla lineal proporciona resultados ligeramente mejores que la cuadrática (Tabla 2). Dado que la validación cruzada proporciona una información más precisa acerca de cómo asignar una nueva observación a uno de los tres grupos de cultivares, la regla lineal parece ser más efectiva.

Resultados similares fueron obtenidos para los modelos “completo”, “hojas y frutos” y “hojas”. Otra de las ventajas de la regla lineal es que es mucho más simple de aplicar que la regla cuadrática, ya que esta última requiere el empleo de muchos más parámetros. Las diferencias entre grupos se pueden observar en el gráfico canónico, que incluye las dos funciones canónicas en los ejes X e Y que mejor discriminan los dos grupos (Figura 2).

De acuerdo con los resultados obtenidos en la validación cruzada, el modelo “completo” clasificó correctamente el 79%, 96% y el 100%

de las variedades *Lemos*, *Parede* y *Portuguesa*, respectivamente. El modelo “hojas y frutos” clasificó correctamente el 71%, 92% y 100% de las variedades *Lemos*, *Parede* y *Portuguesa*, respectivamente. Finalmente el modelo “hojas” clasificó correctamente el 50%, 79% y 100% de las citadas variedades.

Los modelos “completo” y “hojas y frutos” proporcionaron resultados bastante similares en la clasificación, mientras que el modelo “hojas” proporcionó los peores resultados, especialmente con la variedad “*Lemos*”. Los resultados sugieren que la separación de los tres cultivares es posible con una razonable fiabilidad, empleando caracteres morfológicos relativos a las dimensiones de las hojas, los frutos y los erizos. Resultados similares fueron obtenidos por ORAGUZIE et al. (1998) y KIM et al. (2004). Estos resultados son también coherentes con los estudios de caracterización de cultivares de castaño en Galicia (FERNÁNDEZ LÓPEZ Y PEREIRA-LORENZO, 1993) y en Castilla-León (RAMOS-CABRER et al., 2003), respectivamente, en

Regla discriminante	Modelo	Cultivar	Grupo predicho (ajuste)			Grupo predicho (validación cruzada)		
			<i>Lemos</i>	<i>Parede</i>	<i>Portuguesa</i>	<i>Lemos</i>	<i>Parede</i>	<i>Portuguesa</i>
Lineal	Completo	<i>Lemos</i>	84,2	10,5	5,3	78,9	15,8	5,3
		<i>Parede</i>	4,2	95,8	0,0	4,2	95,8	0,0
		<i>Portuguesa</i>	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0
	Hojas y frutos	<i>Lemos</i>	79,2	16,7	4,2	70,8	20,8	8,3
		<i>Parede</i>	4,2	95,8	0,0	4,2	91,7	4,2
		<i>Portuguesa</i>	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0
	Hojas	<i>Lemos</i>	54,2	33,3	12,5	50,0	37,5	12,5
		<i>Parede</i>	12,5	87,5	0,0	20,8	79,2	0,0
		<i>Portuguesa</i>	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0
Cuadrática	Completo	<i>Lemos</i>	94,7	5,3	0,0	84,2	10,5	5,3
		<i>Parede</i>	4,2	95,8	0,0	8,3	91,7	0,0
		<i>Portuguesa</i>	0,0	0,0	100,0	15,0	10,0	75,0
	Hojas y frutos	<i>Lemos</i>	83,3	12,5	4,2	79,2	16,7	4,2
		<i>Parede</i>	4,2	91,7	4,2	4,2	91,7	4,2
		<i>Portuguesa</i>	8,3	0,0	91,7	12,5	12,5	75,0
	Hojas	<i>Lemos</i>	54,2	37,5	8,3	54,2	37,5	8,3
		<i>Parede</i>	0,0	100,0	0,0	12,5	87,5	0,0
		<i>Portuguesa</i>	4,2	0,0	95,8	4,2	0,0	95,8

Tabla 2. Porcentaje de clasificación entre los cultivares usando la reglas lineares y cuadráticas. LL = longitud de la hoja, LW = ancho de la hoja SL = longitud del peciolo de la hoja NL = longitud del fruto, NW = ancho del fruto, NT = espesor del fruto, BH = alto del erizo, BW = ancho del erizo (sección mayor)

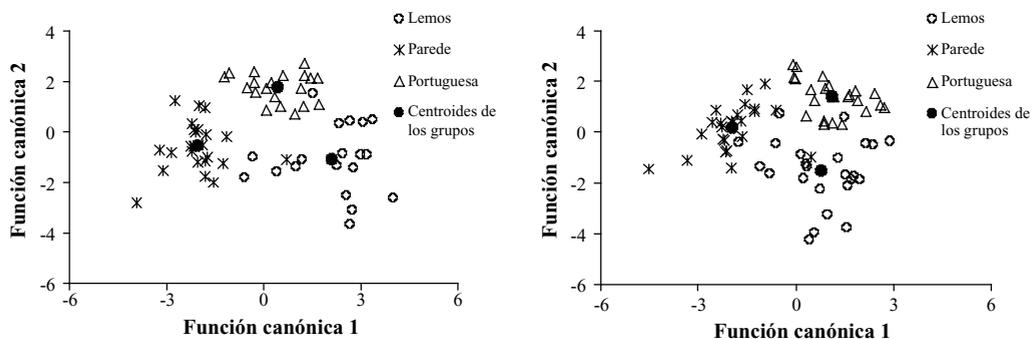


Figura 2. Distribución de las parcelas de observación en función de las variables canónicas para los modelos “completo” (izquierda) y “hojas y frutos” (derecha)

los que se encontraron diferencias importantes entre variedades en los caracteres morfológicos relativos a las hojas, los frutos y los erizos.

El modelo “completo” proporcionó unos resultados ligeramente superiores en la clasificación de cultivares, pero emplea variables del erizo que son más difíciles y costosas de obtener que las variables de la hoja y del fruto. Comparando el modelo completo con el modelo “hojas y frutos” se observa que la tasa de clasificaciones erróneas de este último fue de sólo un 8% y un 4% superior (variedades *Lemos* y *Parede*, respectivamente) con respecto al modelo “completo”. Por tanto, el modelo “hojas y frutos” parece el más interesante desde el punto de vista práctico. En la tabla 3 se presentan los parámetros estimados de las funciones discriminantes lineales para los modelos “completo” y “hojas y frutos”.

El análisis de sensibilidad mostró que midiendo en el árbol siete, o incluso cinco, hojas

y frutos se consigue clasificar mediante la regla lineal un nuevo individuo dentro de un grupo predeterminado sin disminuir la precisión de clasificación (Figura 3).

Aunque hay muchos “soutos” en los cuales sólo se han detectado los cultivares considerados en este estudio, otros cultivares menos comunes, tales como *Galega*, *Loura* y *Marela*, deberían estar presentes en los modelos operativos que se desarrollen posteriormente.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio ponen de manifiesto que es posible distinguir con bastante fiabilidad cultivares de castaño a escala local mediante el empleo de caracteres morfológicos relacionados con las dimensiones de las hojas y de las castañas. Entre siete y cinco

Modelo	Cultivar	Constante	LL	LW	SL	NL	NW	NT	BH	BW
Completo	<i>Lemos</i>	-656,6	0,2891	16,48	-9,292	223,8	27,57	62,12	56,74	16,98
	<i>Parede</i>	-598,8	0,6492	16,85	-6,579	244,1	-12,41	71,07	51,94	16,33
	<i>Portuguesa</i>	-646,4	-1,111	18,36	4,794	235,8	4,878	75,36	58,24	14,33
Hojas y frutos	<i>Lemos</i>	-454,4	5,301	2,908	-8,799	264,8	-15,18	44,82	--	--
	<i>Parede</i>	-433,7	5,445	3,937	-9,341	278,5	-44,53	55,52	--	--
	<i>Portuguesa</i>	-458,5	3,469	5,592	2,891	274,3	-32,50	58,40	--	--
Hojas	<i>Lemos</i>	-48,14	1,534	8,332	10,69	--	--	--	--	--
	<i>Parede</i>	-59,80	1,863	9,765	8,223	--	--	--	--	--
	<i>Portuguesa</i>	-55,97	-0,2745	11,38	21,70	--	--	--	--	--

Tabla 3. Coeficientes de las funciones discriminantes lineales para los cultivares estudiados

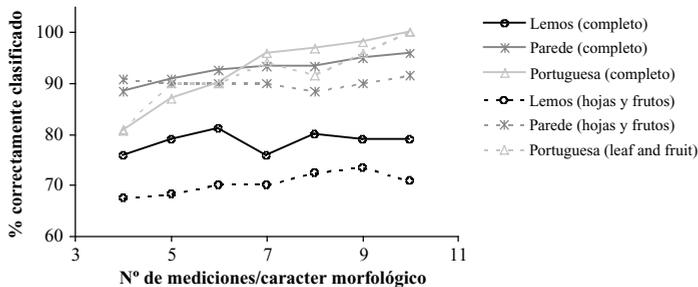


Figura 3. Análisis de sensibilidad para los modelos “completo” y “hojas y frutos”

hojas y castañas recogidas aleatoriamente en cada cultivar son suficientes para clasificar adecuadamente cada nuevo individuo mediante el uso de la regla de clasificación lineal desarrollada en este trabajo. Estos resultados son un punto de partida para futuros estudios, que deberán llevarse a cabo para desarrollar modelos operativos en diferentes áreas; lo que podría requerir la determinación de otros caracteres morfológicos que discriminen entre cultivares en áreas concretas, y que se puede abordar a partir del estudio de PEREIRA-LORENZO Y FERNÁNDEZ-LÓPEZ (1997a). Aunque las variables cuantitativas son componentes clave para discriminar entre cultivares, éstas se pueden y deben usar conjuntamente con algunas variables cualitativas para mejorar o contrastar los resultados. Por ejemplo, muchos cultivares presentan formas de copa características y diferentes.

Los métodos de clasificación, como el que aquí se presenta, tienen indudable valor práctico y ayudan a reducir las consecuencias potenciales de la erosión cultural por pérdida de información, tras la jubilación o traslado a otras zonas, de agricultores y personal de campo con gran experiencia sobre la materia.

BIBLIOGRAFÍA

- BERROCAL, M.; GALLARDO, J.F. Y CARDEÑOSO, J.M.; 1998. *El castaño*. Mundi-Prensa. Madrid.
- BOUHIER, A.; 1979. *La Galice, essai géographique d'analyse et d'interprétation d'un vieux complexe agraire*. Université de Poitiers.
- Ed. Imprimerie Yonnaise, La Roche-sur-Yon (Vendée).
- ELORRIETA, J.; 1949. *El castaño en España*. IFIE. Madrid.
- FERNÁNDEZ LÓPEZ, J.; 1984. *Técnicas culturais dos soutos*. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. INIA, CRIDA-01, Departamento Forestal de zonas húmedas. Pontevedra.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. & ALÍA, R.; 2003. *EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for chestnut (Castanea sativa)*. International Plant Genetic Resources Institute. Rome.
- FERNÁNDEZ LÓPEZ, J.; DÍAZ VÁZQUEZ, R.; COGOLLADO AGUSTÍN, M.A. Y PEREIRA LORENZO, S.; 2000. Conservación de recursos genéticos de las frondosas nobles en España. *Inv. Agrar.; Sist. Rec. For.* Fuera de serie 2: 71-93.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. Y PEREIRA-LORENZO, S.; 1993. *Inventario y distribución de los cultivares tradicionales de castaño (Castanea sativa Mill.) en Galicia*. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- HUANG, S.; YANG, Y. & WANG, Y.; 2003. A critical look at procedures for validating growth and yield models. In: A. Amaro, D. Reed & P. Soares (eds.), *Modelling Forest Systems*: 271-293. CAB International. Wallingford. Oxfordshire.
- KHATTREE R. & NAIK, D.N.; 1999. *Applied multivariate statistics with SAS software*. 2nd edition. SAS Institute Inc. Cary. North Carolina.

- KHATTREE, R. & NAIK, D.N.; 2000. *Multivariate data reduction y discrimination with SAS® software*. SAS Institute Inc. Cary. North Carolina.
- KIM, M.J.; HONG, K.N.; LEE, U.; LEE, M.H. & KIM, S.S.; 2004. Identification of chestnut (*Castanea* spp.) varieties for some morphological characters. In: *III International Chestnut Congress*. Forte de S. Francisco Hotel. Chaves.
- KOZAK, A. & KOZAK, R.; 2003. Does cross-validation provide additional information in the evaluation of the regression models? *Can. J. For. Res.* 33: 976-987.
- MYERS, R.H.; 1990 *Classical and modern regression with applications*. Second edition. Duxbury Press. Belmont. California.
- ORAGUZIE, N.C.; MCNEIL, D.L.; KLINAC, D.J.; KNOWLES, R.D. & SEDCOLE, J.R.; 1998. Relationships of chestnut species and New Zealand chestnut selections using nut characters. *Euphytica* 99: 27-33.
- PEREIRA-LORENZO, S. & FERNÁNDEZ-LORENZO, J.; 1997a. Propagation of chestnut cultivars by grafting: Methods, rootstocks and plant quality. *J. Hort. Sci.* 72(5) 731-739.
- PEREIRA-LORENZO, S. Y FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; 1997b. *Los cultivares autóctonos de castaño (Castanea sativa Mill.) en Galicia*. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- PEREIRA-LORENZO, S.; FERNÁNDEZ-LORENZO, J. & MORENO-GONZÁLEZ, J.; 1996a. Variability and grouping of Northwestern Spanish Chestnut cultivars. I. Morphological traits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121(2): 183-189.
- PEREIRA-LORENZO, S.; FERNÁNDEZ-LORENZO, J. & MORENO-GONZÁLEZ, J.; 1996b Variability and grouping of Northwestern Spanish Chestnut cultivars. II. Isoenzyme traits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121(2): 190-197.
- PEREIRA-LORENZO, S.; RAMOS-CABRER, A.M.; DÍAZ-HERNÁNDEZ, B.; ASCASIBAR-ERRASTI, J. Y SAU, F.; 2001. Spanish chestnut cultivars. *Hort. Sci.* 36(2): 344-347.
- RAMOS-CABRER, A.M.; PEREIRA-TABOADA, A. Y PEREIRA-LORENZO, S.; 2003. Características morfológicas e isoenzimáticas de los principales cultivares de castaño (*Castanea sativa* Mill.) de El Bierzo (Castilla-León) y Guadalupe (Extremadura). *Monografías INIA: Agrícola* 14: 1-103.
- RAO, C.R.; 1973. *Linear statistical inference and its applications*. John Willey y Sons, Inc. New York.
- SAS INSTITUTE INC.; 2004. *SAS/STAT, 9.1 User's Guide*. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- VIÉITEZ CORTIZO, E.; VIÉITEZ MADRIÑÁN, M.L. Y VIÉITEZ MADRIÑÁN, F.J.; 1996. *El castaño*. Caixa Ourense. León.
- XUNTA DE GALICIA; 2001. *O Monte Galego en cifras*. Consellería de Medio Ambiente. Xunta de Galicia.