

EMPLEO DE DIVERSAS DIMENSIONES DE LA PLANTA EN LA PREDICCIÓN DE SU PESO Y
MASA FOLIAR. APLICACIÓN A CISTUS LADANIFER L.*

(RELATIONSHIP BETWEEN TOTAL AND LEAF WEIGHT AND PLANT SIZE IN PLANTS OF
CISTUS LADANIFER L.)

por

A. Martínez Teruel¹, A.G. Gómez Castro², J. Gallego Barrera², M.D. Mejías
Rivas¹ y M. Sánchez Rodríguez

1. Cátedra de agricultura y economía agraria. Facultad de veterinaria.
Murcia (España).
2. Cátedra de agricultura y economía agraria. Facultad de veterinaria.
Córdoba (España).

Palabras clave. Botánica aplicada. Cistáceas. Cistus ladanifer. Predicción
del peso. Hojas.

Keywords: Applied Botanics. Cistaceae. Cistus ladanifer. Plant weight es-
timation. Leaf mass prediction.

Summary

Regression equations between several plant measures and total or fo-
liar weight of plants of Cistus ladanifer were fitted. Although multipara-
meter equations account for most of observed variation in total weight,
the monoparametric ones are of more practical value, and specially stem
diameter ($Y = 1.0010 X^{2.067}$; $r^2 = 0.896$; $P < 0.001$) therefore is preferred.
Foliar predictions are less accurate. The best predictor of foliar mass is
plant volume ($r^2 = 0.739$).

Resumen

El empleo del diámetro del tallo de C. ladanifer se ha mostrado supe-
rior al de otras dimensiones, para predecir el peso de las plantas.

* Trabajo financiado por la CAICYT.

Recibido para publicación el 12-4-1985.

La ecuación más conveniente es: $Y = 1.010 X^{2.067}$; ($r^2 = 0.896$, $P < 0.001$).

La predicción del peso de la masa foliar, por planta, se obtiene mejor a partir del volumen de la copa ($r^2 = 0.739$, $P < 0.001$).

Aunque el empleo de varias dimensiones de la mata, para establecer ecuaciones de predicción, mejora la bondad del ajuste, es preferible utilizar una sola, por ser más fácil de obtener en el campo.

Introducción

En trabajos anteriores se ha determinado la irregular influencia de diferentes factores edafotopográficos sobre las dimensiones de la planta (Martínez Teruel y col., 1986). De otro lado, hemos comprobado la estrecha relación existente entre los valores de dichas dimensiones (1986), así como entre éstas y la proporción de hojas y tallos (1986), y hemos sentado las bases para la elaboración de ecuaciones de regresión, para la predicción del rendimiento, en las que parece preferible el empleo de una sola variable. En el presente trabajo se pretende determinar cuál es la dimensión, o combinación de dimensiones, más adecuada para la predicción del peso de las plantas de Cistus ladanifer.

Material y métodos

Sobre 340 especímenes de jara negra (C. ladanifer), seleccionados al azar, en 28 zonas de sierra, al norte de la provincia de Córdoba, se han obtenido las medidas de distintos atributos (altura y diámetro del tallo y copa), según especificaciones expresadas en otro lugar (Martínez Teruel y col. 1984) y, solas o combinadas, se han empleado para el ajuste de coeficientes de correlación y ecuaciones de regresión útiles en la predicción del peso de la planta y su masa foliar.

Resultados y discusión

La descripción estadística de la población considerada se expone en la tabla I, en la que se incluyen los extremos entre los que han fluctuado las muestras obtenidas. Debe destacarse que el estudio comprende plantas

entre 2.29 y 0.55 m de altura, lo que prácticamente abarca el desarrollo posible de esta especie (Martín Bolaños y Guinea, 1954).

En la tabla II se muestran los coeficientes de correlación correspondientes al mejor ajuste (que también se incluye) entre cada variable, o grupo de ellas, y el peso de la planta. Debe destacarse que, en general, los valores de r son elevados, lo que permite explicar entre el 58.9 y el 95.4 % de la variación observada en el peso, a partir de una o más variables independientes. La única variable que ha mostrado un coeficiente de correlación relativamente bajo ha sido la altura, ya que las demás justifican al menos el 81% de la variación observada en el peso total (figura 1).

Con el empleo exclusivo de una sola variable, corresponden los mejores valores de r al diámetro del tallo y, aunque Julander (1937) no lo consideró viable para estos fines, por la dificultad de conseguir determinarlo con uniformidad, son numerosos los autores (Ferguson y Marsden, 1977) que confirman su eficacia y relación, mediante ecuaciones lineales o potenciales, con el peso de la planta, lo que confirma los resultados del presente trabajo, si bien, de acuerdo con la mayoría de ellos, es la forma potencial la que mejor expresa este tipo de relación (Crete y Beddard, 1975; Gray y Schlesinger, 1981; Provenza y Urness, 1981; Telfer, 1969; Tovar, 1978). La altura, sin embargo, se ha mostrado como el peor elemento de estimación del peso, ya que sólo el 59% de la variación observada en éste puede explicarse por las variaciones registradas en ella; y aunque Barnes (1976) y Harrington (1979) la consideran la mejor variable independiente para la predicción, Provenza y Urness (1981) consiguen mejores resultados a partir del diámetro del tallo. Sin embargo, no debe olvidarse, de acuerdo con Jensen y Scotter (1977), que cuando los animales ramonean las plantas, la altura puede ser más eficaz, ya que el diámetro del tallo basal no contabiliza la fracción consumida, aunque bien es cierto que el diámetro en el punto de utilización puede permitir descartar la masa ingerida (Gómez Castro y col., 1986) y de esta forma corregir la estimación.

La mejor predicción del rendimiento a partir de cualquiera de los diámetros (máximo, mínimo o medio) de la copa, se consigue también a través de ecuaciones potenciales (así mismo es bastante adecuada la línea recta), que permiten justificar, al menos, el 80% de la variación observada en el peso, lo que concuerda con la generalidad de la bibliografía, aunque esta medida no es muy frecuentemente empleada, por las dificultades que presenta su apreciación y, por ello, aun en los casos en que su utilidad supera a la del diámetro del tallo, éste puede resultar preferible, (Cavalcante de Oliveira, 1980).

El área cubierta es también un aceptable indicador del peso de la

planta (Ludwig y col., 1975) y ha sido obtenida a partir del polígono de proyección (Daubenmire, 1968; Payne, 1974) con buenas correlaciones lineales, aunque su delimitación es dificultosa, por lo que es preferible el empleo del área del círculo de la copa (Barnes, 1976), especialmente el medio, que también se correlaciona con buenos resultados ($r^2 = 0.9$) con el peso de la planta (Murray y Jacobson, 1982), así como la elipse derivada de dicha proyección (Rittenhouse y Sneva, 1977); todos ellos, en general, mediante una línea recta, aunque también pueden obtenerse buenos resultados con la curva potencial, lo que confirma lo encontrado en este trabajo.

Cuando la superficie de la proyección ortogonal de la copa se combina con la altura, la información es más completa, ya que ello puede aproximarse al volumen de la planta, que lógicamente debe presentar mejor correlación con el peso. Sin embargo, aunque Ludwig y col. (1975) lo estiman buen criterio de predicción, Harrington (1979) sólo consiguió mejorar en dos de las ocho especies por él consideradas. En el presente estudio, el empleo de esta variable independiente permite la explicación del 88 al 91% de la variación, lo que es algo más elevado que lo que se registra en la bibliografía, para esta relación, generalmente mediante ajustes lineales (Andrew y col., 1979; Murray y Jacobson, 1982; Uresk y col., 1977).

Otras combinaciones de variables, como diámetro del tallo y altura (Graetz, 1978) han sido también empleadas en diversas formas (Schuster, 1965); y en este trabajo, como producto de ambas, también considerando el diámetro al cuadrado, o suma de éste con la altura, se obtienen buenas correlaciones, mediante ecuaciones potenciales de regresión, en coincidencia con lo observado por otros investigadores (Bobek y Bergstrom, 1978).

También el empleo conjunto del diámetro de la copa y la altura de la planta permite obtener buenas determinaciones del peso, lo que confirma en su totalidad los hallazgos de Rittenhouse y Sneva (1977), aunque los resultados de Andrew y col. (1979) y Calcavante de Oliveira y col. (1980) son notablemente menos favorables al empleo de esta combinación de variables.

La combinación del diámetro del tallo, altura y diámetros de la copa permite explicar, mediante ecuaciones potenciales, hasta el 95% de la variación observada en el peso total, si bien estas cuatro variables, en conjunto, no han sido consideradas en la bibliografía, aunque algunos autores (Dean y col., 1981) las incluyen, con otras variables, en ecuaciones más complejas.

Con respecto a la aplicación de los mencionados caracteres medibles y sus combinaciones, en la predicción del peso foliar, los resultados obtenidos se presentan en la tabla III. En ella puede observarse que los valo-

res del coeficiente de correlación son más bajos que para la predicción del peso total de la planta; lo que, sin duda, refleja la mayor labilidad del componente foliáceo, que sólo permite la justificación, como máximo, de un 74% de su variación, sobre la base de las variables independientes. Ello coincide por lo apreciado por Telfer (1969) y Gray y Schlesinger (1981), respecto al diámetro, y por Uresk y col. (1977) y Andrew y col. (1979), respecto a la altura y diámetro de la copa, aunque los coeficientes de correlación son más elevados en este trabajo, sin que se hayan registrado citas bibliográficas referentes a la predicción de la fitomasa foliar a partir de otras variables independientes o combinaciones de ellas.

El estudio general de las tablas II y III pone de manifiesto la estrecha dependencia entre el peso de la planta y la mayoría de las variables independientes consideradas; dependencia que es menos marcada, aunque en cualquier caso altamente significativa, para el peso de las hojas correspondiente a los distintos valores de las variables consideradas. En general, la ecuación que de modo más común expresa estas relaciones es la potencial ($y = aX^b$). Solamente es mejor la línea recta, cuando se utilizan los círculos máximo y medio de la copa, o igual, cuando se emplean el diámetro al cuadrado más la altura o diámetro medio de la copa; lo que está en línea con los hallazgos de Landsberg (1973).

Mediante el análisis multivariante de componentes principales (tabla IV) se comprueba que el diámetro del tallo y el medio de la copa son los elementos que alcanzan superior valor en el coeficiente del primer factor, lo que les confiere una gran utilidad para emplearlos en la predicción del peso, mientras que la altura, por su menor participación, reviste menos interés, como se desprende de los bajos coeficientes de determinación derivados de las ecuaciones ajustadas con ella, como única variable independiente.

Un examen más detenido de los coeficientes de correlación (tabla V) permite poner de manifiesto que a medida que se incrementa el número de variables, o se emplea cuadráticamente alguna de ellas o, en otros términos, se complica la ecuación de regresión, se consiguen mejores coeficientes de correlación. Así, cuando sólo se emplea una variable, los valores de r no superan 0.896 (lo que incluye el empleo cuadrático de dichas variables). La inclusión de una nueva permite llevar el límite máximo de r hasta 0.902, que alcanza valores de 0.921 al utilizar una de ellas en forma cuadrática. Todavía la inclusión de una nueva variable, y aún dos, permite mejoras adicionales, hasta conseguir valores máximos de r , de 0.954. Un análisis crítico de estos resultados sugiere que las mejoras de ajuste obtenidas no deben considerarse de interés, al menos desde el punto de

vista de la rentabilidad del trabajo empleado, ya que combinando cuatro variables sólo se consigue un 6% adicional de determinación, lo que parece despreciable y, a todas luces, no rentable en la extensión de estos estudios a escala de campo; especialmente, si se tiene en cuenta que la variable aislada que proporciona una mejor correlación con el peso es el diámetro del tallo, cuya medida puede obtenerse en forma bastante objetiva mediante un procedimiento sencillo que consume escaso tiempo, y que las restantes dimensiones (altura, diámetro de la copa) se prestan en menor medida a la exacta precisión de sus límites extremos. Todo ello confirma la hipótesis formulada en un trabajo anterior, en el que, a consecuencia de la elevada correlación existente entre las variables consideradas en el presente, se estimaba que su determinación conjunta, a efectos de predicción del peso, no podría representar otra cosa que una intensificación del muestreo (Martínez Teruel y col., 1986) y, por ello, es más aconsejable el desarrollo de ecuaciones de predicción del peso con una sola variable independiente.

En este sentido, y como se desprende del análisis de la tabla V, la predicción de la masa foliar no resulta prácticamente mejorada por la inclusión de nuevas variables, lo que apoya la conclusión anterior.

En resumen, se puede concluir que la apreciación del diámetro del tallo, mejor que otras variables o combinaciones de ellas, es preferible para su aplicación en la elaboración de ecuaciones de regresión para el peso de la planta, aunque no quizás para la cuantificación de la masa foliar.

Agradecimiento

A D^a Antonia Escobar de la Torre, por su valiosa colaboración.

Bibliografía.

- Andrew, M.H. y col. 1979. Aust. Rang. J., 1: 225-231.
Barnes, D.L. 1976. Proc. Grassld. Soc. S.Afr., 11: 65-71.
Bobek, B. y R. Bergstrom. 1978. J. Rang. Mgmt., 31: 456-458.
Cavalcante de Oliveira, M. y col. 1980. Pes. Amd., 7: 3-5.
Crete, M. y J. Beddard. 1975. J. Wildl. Mgmt., 39: 368-373.
Daubenmire, R. 1968. Plant communities. A textbook of plant synecology. Har. Row., N.Y.

- Dean, S. y col. 1981. J. Rang. Mgmt., 34: 224-227.
- Ferguson, R.B. y M.A. Marsden. 1977. J. Rang. Mgmt., 30: 231-236.
- Gómez Castro, A.G. y col. Arch. Zootec. (en prensa).
- Gómez Castro, A.G. y col. Arch. Zootec. (en prensa).
- Graetz, R.D. 1978. Aust. Rang. J., 1:117-125.
- Gray, J.F. y W.H. Schlesinger. 1981. Amer. J. Bot., 68: 24-33.
- Harrington, G. Aust. J. Bot., 27: 135-143.
- Jensen, C.H. y G.W. Scotter. 1977. J. Rang. Mgmt., 30: 64-67.
- Julander, O. 1937. Trans. N. Anim. Wildl. Conf., 2: 276-287.
- Landsberg, J.J. 1973. Exp. Agric., 13: 273-286.
- Ludwig, J.A. y col. 1975. Amer. Midl. Natur., 94: 451-461.
- Martín Bolaños, M. y E. Guinea. 1954. Jarales y jaras (Cistografía hispánica). Minst. Agric. Madrid.
- Martínez Teruel, A. 1984. Tesis doctoral. Facultad de veterinaria, Universidad de Córdoba.España.
- Martínez Teruel, A. y col. Arch. Zootec. (en prensa).
- Martínez Teruel, A. y col. Arch. Zootec. (en prensa).
- Murray, R.B. y M.Q. Jacobson. 1982. J. Rang. Mgmt., 35: 456-464.
- Payne, G.F. 1974. J. Rang. Mgmt., 25: 403-404.
- Provenza, F.D. y P.T. Urness. 1981. J. Rang. Mgmt., 34: 215-217.
- Rittenhousee, L.R. y F.A. Sneva. J. Rang. Mgmt., 30: 68-70.
- Shuster, J.L. 1965. J. Rang. Mgmt., 18: 220-222.
- Telfer, E.S. 1969. J. Wildl. Mgmt., 33: 917-921.
- Tovar Andrada, J.J. 1978. Tesina de licenciatura. Facultad de veterinaria. Universidad de Córdoba.España.
- Uresk, D.W. y col. 1977. J. Rang. Mgmt. 30: 311-314.

Tabla I. Características de las plantas: descripción estadística.

	Peso verde total (g)	Peso hojas vedes (g)	Peso hojas desechadas(g)	Diámetro ta- llo (mm)
Nº de muestras	340.00	340.00	340.00	340.00
Medias	181.30	51.95	24.04	18.84
Errores medias	21.26	4.60	2.19	0.56
Desv. típicas	199.72	43.23	20.57	5.29
Errores desv. típicas	15.01	3.25	1.55	0.40
Coef. var. porc.	110.16	83.20	85.56	48.80
Errores C.V.P.	15.33	9.66	10.10	4.46
Sumatorios totales	61642.80	17664.20	8172.80	3684.40
Plusvariantes	1155.00	237.30	111.20	28.10
Minusvariantes	8.40	3.80	1.50	3.50
Rangos	1146.60	233.50	109.70	24.60

Tabla I. (Continuación).

	Altura (cm)	Diámetro mayor copa (cm)	Diámetro menor copa (cm)	Diámetro medio copa (cm)
Nº de muestras	340.00	340.00	340.00	340.00
Medias	115.30	34.39	22.97	28.68
Errores medias	3.45	1.95	1.36	1.62
Desv. típicas	32.37	18.31	12.82	15.25
Errores desv. típicas	2.43	1.38	0.96	1.15
Coef. var. porc.	28.07	53.26	55.80	53.18
Errores c.v.p.	2.27	5.01	5.34	5.00
Sumatorios totales	39203.00	11691.00	7811.00	9751.00
Plusvariantes	229.00	103.00	67.00	79.00
Minusvariantes	55.00	8.00	4.00	6.50
Rangos	174.00	95.00	63.00	72.50

Tabla II. Curvas de ajuste de las distintas variables con el peso total que tienen el valor del coeficiente de correlación (r) más elevado

Variable independiente	Ecuación	r	r ²	s.e.
Altura (A)	$Y = 7.913 e^{0,023x}$	0.768	0.589	P < 0.001
Diámetro tallo (DT)	$Y = 1.010 x^{2.067}$	0.947	0.896	P < 0.001
Diám. máximo copa (DMC)	$Y = 0.361 x^{1.686}$	0.901	0.811	P < 0.001
Diám. mínimo copa (DMiC)	$Y = 0.923 x^{1.609}$	0.920	0.846	P < 0.001
Diám. medio copa (DMeC)	$Y = 161.01 + 11.94x$	0.928	0.861	P < 0.001
	$Y = 0.425 x^{1.731}$	0.928	0.861	P < 0.001
Área máxima copa	$Y = 18.14 + 1.37x$	0.933	0.870	P < 0.001
Área mínima copa	$Y = 7.141 x^{0.805}$	0.920	0.846	P < 0.001
Área media copa	$Y = 11.9 + 2.05x$	0.938	0.879	P < 0.001
Volumen máximo copa	$Y = 9.823 x^{0.715}$	0.938	0.878	P < 0.001
Volumen mínimo copa	$Y = 20.184 x^{0.706}$	0.947	0.896	P < 0.001
Volumen medio copa	$Y = 12.578 x^{0.753}$	0.956	0.913	P < 0.001
Diámetro tallo x altura	$Y = 0.170 x^{1.286}$	0.950	0.902	P < 0.001
(Diam. tallo) ² x altura	$Y = 2.150 x^{0.848}$	0.960	0.921	P < 0.001
(Diam. tallo) ² + altura	$Y = -99.25 + 1.08x$	0.948	0.898	P < 0.001
	$Y = 0.014 x^{1.663}$	0.948	0.898	P < 0.001
D.copa máximo x altura	$Y = 6.269 x^{1.277}$	0.945	0.893	P < 0.001
D.mínimo copa x altura	$Y = 2.636 x^{1.215}$	0.950	0.902	P < 0.001
D. medio copa x altura	$Y = 1.579 x^{1.282}$	0.957	0.915	P < 0,001
DT x DMC x A	$Y = 6.211 x^{0.830}$	0.970	0.940	P < 0,001
DT x DMiC x A	$Y = 9.420 x^{0.809}$	0.976	0.952	P < 0,001
DT x DMeC x A	$Y = 7.234 x^{0.830}$	0.977	0.954	P < 0.001

MARTÍNEZ ET AL.: PREDICCIÓN DE PESO Y MASA FOLIAR EN C. LADANIFER.

Tabla III. Curvas de ajuste de las distintas variables, para el cálculo de la regresión sobre el peso de las hojas verdes. Son las que tienen el coeficiente r más elevado.

Variable independiente	Ecuación	r	r ²	s.e.
Altura (A)	Y= 0.011 x ^{1.737}	0.600	0.360	P< 0.001
Diámetro tallo (DT)	Y= 1.383 x ^{1.457}	0.813	0.660	P< 0.001
Diám. máximo copa (DMC)	Y= 0.537 x ^{1.253}	0.815	0.664	P< 0.001
Diám. mínimo copa DMiC)	Y= 0.960 x ^{1.235}	0.859	0.737	P< 0.001
Diám. medio copa (DMeC)	Y= 0.573 x ^{1.304}	0.851	0.724	P< 0.001
Área máxima copa	Y= 2.645 x ^{0.627}	0.815	0.664	P< 0.001
Área mínima copa	Y= 4.620 x ^{0.618}	0.859	0.737	P< 0.001
Área media copa	Y= 3.010 x ^{0.652}	0.851	0.724	P< 0.001
Volumen máximo copa	Y= 6.546 x ^{0.540}	0.827	0.683	P< 0.001
Volumen mínimo copa	Y=10.633 x ^{0.527}	0.860	0.739	P< 0.001
Volumen medio copa	Y= 7.682 x ^{0.553}	0.853	0.727	P< 0.001
Diámetro tallo x altura	Y= 0.449 x ^{0.949}	0.792	0.627	P< 0.001
(Diám. tallo) ² x altura	Y= 2.472 x ^{0.588}	0.809	0.654	P< 0.001
(Diám. tallo) ² + altura	Y= 0.086 x ^{1.131}	0.785	0.616	P< 0.001
Diám. máx. copa x altura	Y= 1.571 x ^{0.910}	0.819	0.670	P< 0.001
Diám. mín. copa x altura	Y= 2.461 x ^{0.889}	0.846	0.715	P< 0.001
Diám. med. copa x altura	Y= 1.776 x ^{0.923}	0.839	0.703	P< 0.001
DT x DMC x A	Y= 4.910 x ^{0.589}	0.838	0.702	P< 0.001
DT xDMiC x A	Y= 6.402 x ^{0.584}	0.857	0.734	P< 0.001
DT x DMeC x A	Y= 5.399 x ^{0.593}	0.849	0.720	P< 0.001

MARTÍNEZ ET AL.: PREDICCIÓN DE PESO Y MASA FOLIAR EN C. LADANIFER.

Tabla IV. Análisis multivariante de componentes principales.

Variables	Primer factor (%) 97.45
Peso total	0.999
Peso hojas (verdes)	0.842
Altura	0.729
Diámetro copa medio	0.913
Diámetro tallo	0.921

Tabla V. Influencia del número de variables sobre el valor del coeficiente de determinación obtenido en el mejor ajuste ensayado.

Número de variables	Correlación con peso total		Correlación con peso hojas	
	r^2 mínimo	r^2 máximo	r^2 mínimo	r^2 máximo
1	0.589	0.896	0.360	0.737
1 ²	0.846	0.870	0.664	0.737
2	0.861	0.902	0.627	0.724
1 + 1 ²	0.878	0.921	0.616	0.739
3	0.915	0.952	0.702	0.734
2 + 1 ²	0.956	0.956	0.727	0.727
4	0.954	0.954	0.720	0.720

MARTÍNZ ET AL.: PREDICCIÓN DE PESO Y MASA FOLIAR EN C. LADANIFER.

Figura 1. Representación gráfica de los ajustes para altura, diámetro medio de la copa, diámetro del tallo y combinación de dichas variables.

