

AUTOECOLOGÍA DE LOS CASTAÑARES DE GALICIA (ESPAÑA)

A. BLANCO ¹, A. RUBIO ¹, O. SÁNCHEZ ², R. ELENA ¹, V. GÓMEZ ¹,
D. GRAÑA ¹

¹ Dpto. Silvopascicultura. E.T.S. Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. España

² INIA-CIFOR. Ctra. La Coruña, Km 7. Apdo. 8111. 28040 Madrid. España

ablanco@montes.upm.es

RESUMEN

A partir de un muestreo estratificado llevado a cabo en 22 parcelas repartidas sobre las áreas actuales de *Castanea sativa* Miller en Galicia (España), se han establecido los valores paramétricos centrales y marginales que definen los hábitats fisiográfico, climático y edáfico de esta especie en la región. Así, se ha encontrado que los castañares se encuentran preferentemente entre los 400 y 750 m de altitud, con precipitaciones medias en torno a los 1.300 mm y, generalmente, sobre Cambisoles y Luvisoles distrícos. También, se ha obtenido una ecuación de pronóstico que predice las condiciones de espesura de los castañares en función de algunos parámetros del biotopo, resultando que los mejores castañares se encuentran en estaciones con escasa sequía estival, orientaciones de umbría y suelos con C/N próxima a 13. Finalmente, se ha efectuado un análisis comparativo entre los hábitats del castaño y los hábitats de otras especies arbóreas de la región, hallándose que el castaño presenta menor amplitud ecológica que el roble, pino gallego y pino insigne.

PALABRAS CLAVE: *Castanea sativa*
Hábitat central
Hábitat marginal
Biotopos
Autoecología
Selvicultura
Galicia.

INTRODUCCIÓN

El castaño (*Castanea sativa* Miller) es una especie todavía mal conocida, no sólo en Galicia, sino en el conjunto del territorio nacional, y ello pese a su doble condición de especie forestal y agrícola.

Recibido: 7-2-00

Aceptado para su publicación: 25-7-00

La superficie forestal ocupada por el castaño en España varía notablemente en función de la fuente consultada. El I Inventario Forestal Nacional (ICONA, 1980) la fija en 126.558 ha. El II Inventario Forestal Nacional, consultadas las cifras globales en el Anuario de Estadística Agraria de 1997 (MAPA, 1997), la estima en 94.968 ha, pero la Encuesta de Estructura Forestal de 1986, también consultado en dicho Anuario, establece que la superficie nacional forestal en monte alto de castaño es de 84.280 ha. Incluso, otras estimaciones (Moreno *et al.*, 1998) evalúan la superficie ocupada por castaño en 137.657 ha. La disparidad de las cifras queda justificada por dos hechos: por un lado el doble aprovechamiento forestal y frutero que presenta el castaño, lo que hace que sus superficies puedan ser consideradas forestales y agrícolas según los trabajos, y por otro lado que, en numerosas ocasiones, la distribución de la especie corresponde a presencias muy dispersas y, en consecuencia, de difícil evaluación superficial.

Para la Comunidad Autónoma de Galicia, y según la Encuesta de Estructura Forestal de 1986, incluida en el Anuario de Estadística Agraria de 1997 (MAPA, 1997), la superficie forestal ocupada por castaños en monte alto (cuyo objetivo prioritario es la producción de castaña) en Galicia es de 21.156 ha, hallándose repartidas en las cuatro provincias gallegas, aunque fundamentalmente en las de Lugo (67 %) y Orense (28 %). Según esta misma fuente, dicha superficie supone algo más de la cuarta parte de toda la superficie en monte alto del castaño en España (84.280 ha), si bien la producción frutera gallega (4.093 t) casi alcanza el 50 % de la producción nacional total (10.075 t). Sin embargo, otros autores antes mencionados (Moreno *et al.*, 1998) elevan dicho porcentaje hasta el 70 %. Para los territorios gallegos el anuario no aporta cifras de la superficie de castaños en monte bajo, si bien el II Inventario Forestal Nacional evalúa en 15.646 los m³ de madera de castaño, sin que se pueda saber si proceden de monte alto, ya que en Galicia no son raros los castaños productores de fruto cuyas vigorosas ramas son esporádicamente cortadas con fines madereros, o si proceden de la reducida superficie que ocupan los castaños en monte bajo.

En todo caso, si se compara la cifra citada de superficie de castañar en Galicia (21.156 ha), con la superficie arbolada total de esta Comunidad, que el II Inventario Forestal Nacional (ICONA, 1993) estima en 1.045.376 ha, aquella representa sólo el 2 % de esta última. Independientemente de otras consideraciones, todo parece indicar que es una especie todavía con un gran potencial de expansión en la región.

Mediante el Real Decreto 378/1993, la Administración está ofreciendo la posibilidad de reforestar tierras agrarias marginales con distintas especies. Dicho Real Decreto incluye en el Anexo 2 a *Castanea sativa* como especie forestal cuya plantación tendrá como finalidad doble la restauración y la creación de ecosistemas forestales permanentes; para ello, recibe un trato bastante favorecedor en cuanto a las ayudas máximas que se pueden percibir por gastos de forestación, primas de mantenimiento y primas compensatorias. Sin embargo, cuando se intenta argumentar técnicamente la viabilidad de las especies forestales en estas tierras marginales, el técnico forestal carece de información precisa, con datos cuantificados, sobre las características del medio en el que puede vivir el castaño. Es decir, los requerimientos ecológicos de *Castanea sativa* son todavía mal conocidos, de forma general en el conjunto de la Península y, más concretamente, a nivel regional.

Las exigencias climáticas del castaño en la Península Ibérica han sido vagamente acotadas (Ceballos y Ruiz de la Torre, 1971; Malato-Beliz, 1987; García y Outeriño, 1997) y la caracterización edáfica es todavía muy imprecisa. Se sabe que el castaño prefiere los sustratos silíceos, aunque tolera los calizos cuando el clima facilita el lavado de las bases,

así como que rehúye los terrenos compactos y excesivamente húmedos (Ceballos y Ruiz de la Torre, 1971; Berrocal *et al.*, 1997; García y Outeriño, 1997). No obstante, a nivel regional van surgiendo estudios que profundizan en los requerimientos edáficos de la especie, tipificando los valores de los principales indicadores edáficos, a la vez que climáticos y fisiográficos, y relacionándolos con la calidad de sus masas (Blanco, 1985; Rubio, 1993a, 1993b; Blanco y Rubio, 1996; Rubio, 1997; Rubio *et al.*, 1997a, 1997b; Rubio *et al.*, 1999).

El presente trabajo se dirige a dar respuesta a muchas de las incógnitas ecológicas de las que todavía adolece la especie en Galicia, tratando de cuantificar sus principales requerimientos respecto al hábitat (fisiografía, clima y suelo), sus características selvícolas y, finalmente, efectuando un análisis comparativo con otras especies forestales de su ámbito geográfico que arroje luz sobre una hipotética competencia del castaño con las mismas. Asimismo, este trabajo se enmarca en un proyecto más amplio cuyo objetivo es conocer la autoecología del castaño en el conjunto de España.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El territorio ocupado por *Castanea sativa* Miller en la Comunidad Autónoma de Galicia se encuadra entre los 43° 41' y 41° 58' de latitud N y los 8° 49' y 6° 50' de longitud E. Las masas más extensas se localizan en la provincia de Lugo (14.235 ha): en el sector central de la montaña lucense (Baleira, Incio, Negüeira de Muñiz, Samos, Becerreá), en el sector meridional de dicha montaña lucense (Folgoso de Caurel, Quiroga), meseta lucense (Paradela, Saviñao, Guntín, Taboada, Chantada, Monterroso, Antas de Ulla) y en el norte de la provincia (Cercido, Alfoz, Mondoñedo y Riobarba). También hay frecuentes castaños en la provincia de Orense (6.010 ha): en el extremo este de la provincia (Rubiá, O Barco, Vilamartín, A Rúa, Larouco, O Bolo, Viana, Gudiña, Verín), riberas del Sil (Castro Caldelas, Parada de Sil) y en el entorno de Celanova. En la provincia de Pontevedra (911 ha) sólo abundan en el ángulo noreste de la provincia (Lalín, Dozón y Rodeiro) y quedan algunos castaños muy aislados, en general muy degradados, en zonas de Pontearreas, Cerdedo y Mondariz. Y prácticamente se dan por desaparecidos en la provincia de A Coruña (escasos vestigios en las Fragas del Eume, Arzúa y Melide).

En este sentido conviene llamar la atención sobre la aparente disminución de la superficie ocupada por los castaños en Galicia, desde la realización del I Inventario Forestal Nacional (ICONA, 1980), hasta la fecha en que se confecciona el Anuario de Estadística Agraria de 1997 (datos referidos a 1995): en el primero de estos documentos se da una superficie de 28.689 ha, mientras que en el segundo la superficie ha quedado mermada a 21.156 ha. Esta disminución pudiera ser debida a la tendencia a la baja que se viene observando desde que, a finales del siglo pasado y principios de éste, la enfermedad de la tinta, causada por el patógeno *Phytophthora* sp., comenzara a provocar fuertes estragos en la superficie castaneícola de Galicia (Fernández, 1984); pero también es factible atribuirla a desajustes originados por los diferentes conceptos manejados en ambas fuentes estadísticas (concretamente, a la consideración, siempre opinable, de ciertos castaños como uso agrícola o forestal).

Diseño del muestreo

Para la planificación del muestreo de los castaños se ha partido del Mapa Forestal de Ceballos (1966), superponiendo sus áreas sobre la clasificación biogeoclimática peninsular y balear de Elena (1996) que, en base a datos fisiográficos, climáticos y litológicos, divide el territorio nacional en siete Ecorregiones y, cada una, en una serie de menores clases territoriales. Así pues, toda Galicia se encuentra dentro de la 1.^a Ecorregión (Cantábrico-Galaica), la cual, se divide en 32 clases territoriales. En concreto, los castaños gallegos los hallamos en 20 clases territoriales que, según el dendrograma clasificador, quedan agrupadas en cinco grandes estratos. A fin de mantener una densidad de puntos de muestreo similar a la de otros estudios regionales anteriores y que, a la vez, fuera suficientemente elevado para posteriores análisis estadísticos, se fijó un número total de 22 parcelas, proporcionalmente distribuidas teniendo en cuenta la extensión de la superficie de las masas de castaño en cada estrato. El reparto de parcelas se hizo de la siguiente manera: siete parcelas para el estrato 1, cinco parcelas para el estrato 2, cinco parcelas para el estrato 3, tres para el estrato 4 y otras dos para el estrato 5. En la Fig. 1 se muestra el reparto geográfico de los castaños gallegos según el mapa forestal de Ceballos, así como la ubicación de las parcelas de muestreo y el estrato al que pertenecen.

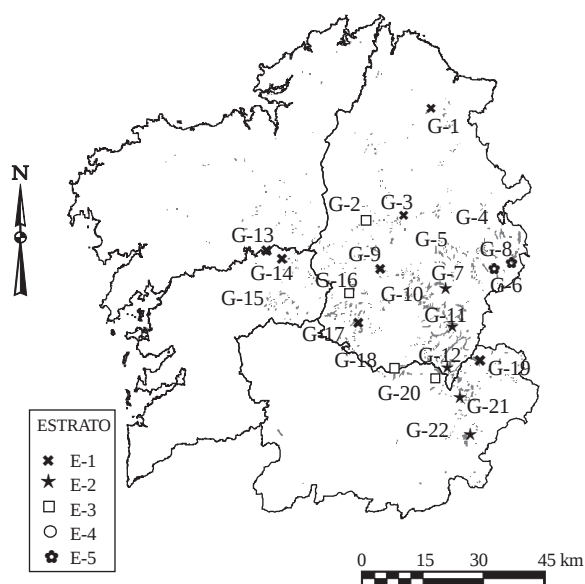


Fig. 1.—Distribución de los castaños en Galicia. Localización de las parcelas y estratos correspondientes

Distribution map of chestnut forests in Galicia. Sample plots according to strata

En cada punto de muestreo se fijó una parcela circular con un radio máximo de 18 m y mínimo de 8 m, en función de la densidad del arbolado, y en ella se recogieron datos de las características bióticas y abióticas del medio. Posteriormente, en gabinete, se recaba-

ron también una serie de datos abióticos (relativos al clima) referenciándolos a las localizaciones de las parcelas.

Parámetros selvícolas

Las características bióticas del medio se refirieron a aspectos selvícolas de las masas. Para ello se efectuaron una serie de medidas dasométricas que, en principio, se concretaron en los nueve parámetros que se señalan a continuación: forma fundamental de masa (monte alto, monte bajo o monte mixto) (FORMA); densidad de pies, en número de pies por hectárea (DENP); densidad de cepas, en número de cepas por hectárea (DENC); área basimétrica en m²/ha (ABAS), obtenida en función del diámetro normal de todos los pies mayores de 5 cm de diámetro; altura total, en m, de los pies dominantes (ALTD); fracción de cabida cubierta del castaño (FCCP), en tanto por ciento; fracción de cabida cubierta de todo el arbolado (FCCT), en tanto por ciento; regeneración por brinzales (estimada como abundante: 1, escasa: 2 y nula: 3) (REG); y uso de la explotación (fruto o madera) (USO). Posteriormente, tratando de hallar parámetros definidores de las masas, se completó el estudio con el cálculo del índice de Hart (Hart, 1928) por número de cepas (HARTC), que evalúa la espesura de una masa:

$$I = 100 \cdot A/H \text{ (I disminuye a medida que la espesura aumenta)}$$

H: altura dominante de la vegetación

A: espaciamiento medio del arbolado, dado por la expresión $A^2 = 20000/(N \cdot \sqrt{3})$

N: n.º de cepas por hectárea

Así pues, el número total de parámetros estudiados ascendió a 10.

Parámetros del biotopo

Las características abióticas recabadas en las parcelas se refirieron a la fisiografía y al suelo. Con ellos y con los datos procedentes de las estaciones meteorológicas más cercanas, convenientemente interpolados a cada parcela (Sánchez Palomares *et al.*, 1999), se han elaborado un total de 34 parámetros ecológicos relacionados con la estructura fisiográfica, climática y edáfica del biotopo.

Los parámetros con los que se ha caracterizado fisiográficamente los castaños gallegos han sido: altitud (ALT); pendiente (PND) medida con un clinómetro; e insolación (INS), con la que se evalúa la cantidad de radiación solar que incide en el terreno en función de su pendiente y orientación (Gandullo, 1974).

El régimen pluviométrico se evaluó mediante la precipitación anual (PT), la de primavera (PP), de verano (PV), de otoño (PO) y la de invierno (PI). El régimen térmico con la temperatura media anual (TMA), temperatura media del mes más cálido (TMC), temperatura media del mes más frío (TMF), oscilación térmica (OSC) (como diferencia entre TMC y TMF), y la suma de las 12 evapotranspiraciones potenciales mensuales (ETP) (Thornthwaite, 1948). El régimen hídrico se analizó mediante la suma de superávit (SUP) y suma de déficit (DEF), el índice hídrico (IH) (Thornthwaite y Mather, 1955, 1957), la duración de la sequía (DSQ) y la intensidad de la sequía (ISQ) (Walter y Lieth, 1960).

En cada parcela de muestreo se procedió al estudio de un perfil del suelo, identificando los distintos horizontes edáficos, anotando su color y tomando una muestra representativa de cada uno de ellos. En el laboratorio se efectuaron los análisis físicos y químicos necesarios de cada horizonte para la clasificación de los suelos (F.A.O., 1989) y para la elaboración de los parámetros definidores del hábitat edáfico, análogamente a lo realizado en trabajos similares (Gandullo *et al.*, 1991; Rubio y Gandullo, 1994).

Como parámetros edáficos físicos definidos para el conjunto de cada perfil se han considerado: tierra fina en tierra natural (TF), arena (ARE), limo (LIM) y arcilla en tierra fina (ARC), de acuerdo con los límites establecidos por el Soil Conservation Service del USDA (1975), además de la clase de permeabilidad (PER) en una escala de 1 a 5 (Gandullo, 1994) y la humedad equivalente (HE) (Sánchez y Blanco, 1985). El valor de cada parámetro se ha obtenido calculando la media ponderada con el espesor de los respectivos horizontes, en los 125 cm superiores del perfil. La capacidad de retención de agua (CRA) (Gandullo, 1994), se ha obtenido por suma de los valores parciales de CRA de cada horizonte del perfil.

Como parámetros edáficos químicos se han considerado: materia orgánica (MO) (Walkley, 1946), acidez actual (PHA) (valor del pH en H₂O, en proporción 1:2,5) y acidez de cambio (PHK) (valor del pH en KCl, en proporción 1:2,5). Los valores medios en cada perfil se han obtenido ponderando con el espesor de cada horizonte y aplicando el criterio de Russel y Moore (1968) de los pesos decrecientes con la profundidad. Además, y sólo con los datos de los 25 cm superiores, se han calculado los parámetros: materia orgánica superficial (MOS), nitrógeno superficial (NS) (Bremner, 1965) y relación carbono/nitrógeno superficial (CNS).

El funcionamiento hídrico del perfil a lo largo de los meses del año en función de las características del clima y del suelo se evaluó mediante los siguientes parámetros edafoclimáticos (Thorntwaite y Mather 1957): la evapotranspiración real máxima posible (ETRM), la sequía fisiológica (SF) y el drenaje calculado del suelo (DRJ), este último para evaluar el agua que drena verticalmente hacia profundidades extraedafológicas.

Tratamiento de datos

Con los valores de los ocho parámetros selvícolas y 34 abióticos seleccionados en las 22 parcelas, se procedió a evaluar los siguientes estadísticos: media, varianza, desviación estándar, valor máximo, valor mínimo, sesgo, curtosis y coeficiente de variación (%).

Asimismo, respecto a los parámetros abióticos, se elaboraron unos esquemas gráficos en los que, para cada parámetro, se señalan los valores mínimo (límite inferior, LI) y máximo (límite superior, LS) absolutos, así como el valor medio (M) del mismo. También aparecen los límites que definen el intervalo formado por el 80 % de las parcelas estudiadas (umbral inferior, UI y umbral superior, US) y que excluyen el 10 % de aquellas en las que el parámetro toma los valores mayores aparecidos y el otro 10 % en las que alcanza los valores mínimos (Gandullo, 1972; Gandullo *et al.*, 1974, 1983, 1991). El área definida por el 80 % de los casos se ha denominado hábitat central de los castaños estudiados (UI-US). Las áreas que circunscriben los límites de dicho hábitat central y los extremos absolutos, se definen como hábitats marginales de dichos castaños (LI-UI y US-LS).

Con los parámetros selvícolas se ha realizado un primer análisis bivariable de correlación para seleccionar aquel o aquellos que pueden ser considerados como mejores índices definidores de las características selvícolas de los castaños gallegos. Posteriormente, di-

cho índice fue contrastado con los parámetros del hábitat (fisiográficos, climáticos y edáficos) con el fin de estudiar las relaciones lineales existentes, y tratar de plasmarlas en forma de una ecuación de predicción.

En algunos casos, el análisis bivariable de correlación *índice/parámetro* sufre algunas matizaciones con el fin de mejorar dicha correlación. Tal es el caso en que uno de los valores extremos del índice selvícola no se corresponde con uno de los valores extremos (*a, b*) del parámetro analizado, si no con algún valor intermedio (*k*); en este caso, el análisis de correlación se efectúa entre *índice / [parámetro-k]*, siendo $k = (a + b)/2$ (Gandullo *et al.*, 1991; Rubio y Gandullo, 1994).

El análisis bivariable planteado, aun cuando interesante, adolece de tres defectos importantes: la redundancia de información como consecuencia de las correlaciones existentes entre muchos de los parámetros abióticos, el posible ocultamiento de la influencia de algunos otros y la distorsión ecológico-estadística que puede crear la propia actuación antrópica.

Así pues, para determinar qué parámetros ecológicos pueden ser considerados mejores predictores del estado selvícola se ha realizado un análisis multivariable de regresión paso a paso. Las técnicas de regresión describen la función que mejor ajusta los datos de una variable dependiente (indicador selvícola) frente a una serie de variables regresoras (variables ambientales), si bien por lo general no se puede obtener una única respuesta totalmente satisfactoria (Snedecor y Cochran, 1984), especialmente si las variables ambientales están fuertemente correlacionadas y resulta difícil separar su efecto conjunto (Potvin y Roff, 1993). Estudios previos (Blanco *et al.*, 1989; Gandullo *et al.*, 1991; Rubio y Gandullo, 1994) apuntan al método ascendente de regresión múltiple paso a paso como el método más indicado para abordar este tipo de cuestiones en las que intervienen parámetros selvícolas como variable dependiente. Al final del proceso se obtiene una ecuación de regresión múltiple, también denominada ecuación de predicción o de pronóstico lineal, que presenta la mejor predicción posible de la variable dependiente a partir de las variables regresoras utilizadas en el modelo.

Finalmente, se ha evaluado la *fragilidad/agresividad* del castaño frente a otras especies de su ámbito ecológico siguiendo el criterio de Gandullo y Sánchez Palomares (1994), según el cual, los porcentajes de solapes entre hábitats centrales de dos especies A y B, si se miden con respecto al hábitat central de la especie A, indican la *fragilidad* de esta especie frente a B y, si se miden con respecto al hábitat central de la especie B, indican la *agresividad* de A frente a B. Para completar el análisis anterior, se ha calculado la *valencia textural* del castaño, definida como el porcentaje del triángulo textural de suelos ocupado por los valores de textura correspondientes al hábitat central de la especie (Gandullo, 1998).

Todos los análisis estadísticos han sido realizados con el programa STATGRAPHICS plus versión 2.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hábitat del castaño

Del examen de la Tabla 1 se desprende que el conjunto de parámetros abióticos se ajusta bastante bien a la distribución normal, con la excepción de OSC (tanto en sesgo como en curtosis) y, en menor proporción, ETP y PHK.

TABLA 1

MEDIA (X), DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Sx), MÁXIMO (Máx), MÍNIMO (Mín), SESGO (Sesgo), CURTOSIS (Curt) Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV) DE LOS PARÁMETROS ECOLÓGICOS DE LOS CASTAÑARES

Mean (x), standard deviation (Sx), maximum (Máx), minimum (Mín), skewness (Sesgo), kurtosis (Curt) and coefficient of variation (CV) of chestnut stand ecological

Parámetro	x	Sx	Máx	Mín	Sesgo	Curt	CV (%)
ALT (m)	578	177	1.000	180	0,10	0,77	30,6
PND (%)	32	14	57	13	0,25	-1,30	45,6
INS	0,80	0,22	1,12	0,41	-0,07	-1,19	27,1
PI (mm)	482	41	562	395	0,04	0,39	8,5
PP (mm)	315	24	358	275	0,42	-0,75	7,9
PV (mm)	129	11	154	108	-0,10	-0,43	8,9
PO (mm)	334	26	382	296	0,59	-0,79	8,0
PT (mm)	1.262	96	1.439	1.111	0,49	-0,61	7,6
TMA (°C)	11,52	0,75	12,70	9,42	-1,03	1,64	6,4
TMC (°C)	18,36	0,57	19,30	16,80	-0,93	1,69	3,0
TMF (°C)	5,43	1,03	8,00	2,90	-0,02	1,70	19,0
OSC (°C)	12,93	0,84	13,90	10,10	-1,89	5,06	6,5
ETP (mm)	669	19	691	614	-1,26	2,06	2,8
SUP (mm)	775	92	937	592	0,05	-0,31	11,8
DEF (mm)	183	23	229	139	0,18	-0,64	12,5
IH	99,7	16,4	134,5	72,1	0,32	-0,41	16,4
DSQ (n.º meses)	0,95	0,46	1,66	0,00	-0,15	-0,97	48,7
ISQ	0,01	0,01	0,02	0,00	0,65	-0,99	114,3
TF (%)	43,9	18,2	79,8	18,0	0,59	-0,53	41,7
ARE (%)	46,5	15,7	69,6	17,9	0,09	-1,09	33,7
LIM (%)	39,8	13,9	67,7	18,3	0,14	-0,84	34,9
ARC (%)	13,6	4,4	25,0	7,9	1,03	0,95	32,7
PER	3,8	0,7	5,0	2,2	-0,09	-0,21	18,7
HE (%)	23,5	4,6	31,2	15,8	-0,21	-1,09	19,7
CRA (mm)	112	48	249	49,01	1,12	1,72	43,0
MO (%)	3,44	1,70	7,40	0,88	0,73	-0,02	49,3
MOS (%)	5,08	2,42	9,89	1,59	0,47	-0,46	47,5
NS (%)	0,26	0,13	0,53	0,07	0,61	-0,15	48,9
CNS	11,56	2,13	16,50	8,12	0,63	0,23	18,5
PHA	4,80	0,29	5,54	4,43	0,81	0,93	5,9
PHK	4,03	0,23	4,68	3,62	0,70	2,48	5,6
ETRM (mm)	571	33	625	517	-0,05	-0,97	5,9
SF (mm)	98	32	171	43	0,51	-0,31	33,0
DRJ (mm)	690	94	852	512	0,09	-0,43	13,7

(N.º de muestras = 22). Las variables sin unidades son adimensionales.

Parameters (N = 22). Variables without units are adimensional.

Ello da una validez estadística al criterio de definir el hábitat central como el intervalo comprendido entre el 80 % de los valores centrales y el marginal con el mismo valor del 10 %, tanto para los extremos inferiores como superiores.

El valor del coeficiente de variación de ISQ se dispara por encima de 100. Pero ello es, simplemente, porque este parámetro oscila entre 0,00 y 0,03 en todas las parcelas; es decir, la variación absoluta es mínima.

El hábitat central del castaño, definido cuantitativamente en la Tabla 2, y extraído a partir de sus manifestaciones presenciales, puede considerarse como el área potencial mínima de esta especie en Galicia. La aparición del castaño en las regiones consideradas

TABLA 2
VALORES PARAMÉTRICOS QUE DEFINEN EL HÁBITAT DEL CASTAÑO
EN GALICIA

Habitat parametric values of chestnut stands in Galicia

Parámetro	LI	UI	M	US	LS
ALT (m)	180	400	578	750	1.000
PND (%)	13	15	32	55	57
INS	0,41	0,54	0,80	1,12	1,12
PI (mm)	395	442	482,1	546	562
PP (mm)	275	283	315,3	354	358
PV (mm)	108	115	129,8	141	154
PO (mm)	296	310	334,8	380	382
PT (mm)	1.111	1.143	1.262,0	1.420	1.439
TMA (°C)	9,4	10,6	11,52	12,2	12,7
TMC (°C)	16,8	17,7	18,36	19,1	19,3
TMF (°C)	2,9	4,4	5,43	6,3	8,0
OSC (°C)	10,1	12,1	12,93	13,8	13,9
ETP (mm)	614,1	646,9	669,6	689,9	691,7
SUP (mm)	592,7	683,0	775,7	909,3	937,0
DEF (mm)	139,4	156,5	183,3	214,3	229,2
IH	72,1	79,1	99,7	119,8	134,5
DSQ (n.º meses)	0,00	0,44	0,95	1,50	1,66
ISQ	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03
TF (%)	18,09	24,48	43,95	73,47	79,86
ARE (%)	17,9	26,7	46,57	68,5	69,7
LIM (%)	18,4	22,8	39,84	56,4	67,7
ARC (%)	7,9	8,7	13,59	18,3	25,1
PER	2,25	3,00	3,86	5,00	5,00
HE (%)	15,8	17,2	23,49	28,8	31,2
CRA (mm)	49,0	58,6	112,47	168,6	249,4
MO (%)	0,88	1,47	3,44	6,08	7,40
MOS (%)	1,59	1,84	5,08	7,97	9,89
NS (%)	0,07	0,10	0,26	0,43	0,53
CNS	8,1	8,8	11,56	14,5	16,5
PHA	4,43	4,45	4,80	5,09	5,54
PHK	3,05	3,62	4,03	4,23	4,68
ETRM (mm)	517,3	521,4	571,15	615,7	625,5
SF (mm)	43,4	67,3	98,47	141,2	171,7
DRJ (mm)	512,3	597,7	690,85	837,7	852,6

LI: límite inferior; UI: umbral inferior; M: media; US: umbral superior; LS: límite superior.

LI: lower limit; UI: lower threshold; M: mean; US: upper threshold; LS: upper limit.

como marginales podría deberse a una serie de compensaciones entre factores ecológicos, o incluso a parámetros que escapan de los límites de este trabajo. En la Fig. 2 se muestra el diagrama representativo del hábitat fisiográfico y climático de los castañares gallegos y en la Fig. 3 el hábitat edáfico y edafoclimático. Del análisis detallado de dichos diagramas se desprenden las siguientes consideraciones:

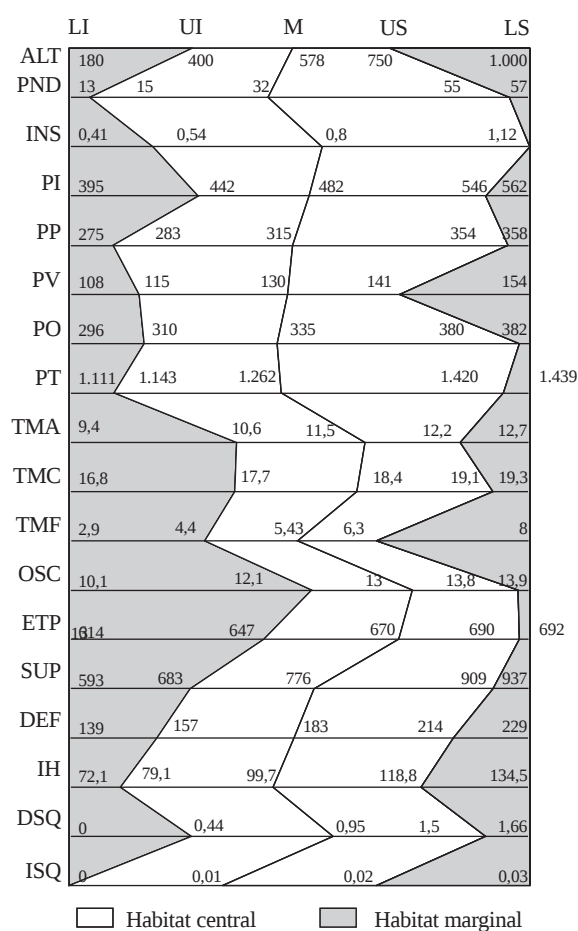


Fig. 2.—Hábitat central y marginal correspondiente a la fisiografía y clima de *Castanea sativa* en Galicia

*Central and marginal habitat concerning to the physiography and climate of *Castanea sativa* stands in Galicia*

(LI: límite inferior; UI: umbral inferior; M: media; US: umbral superior; LS: límite superior).
(LI: lower limit; UI: lower threshold; M: mean; US: upper threshold; LS: upper limit).

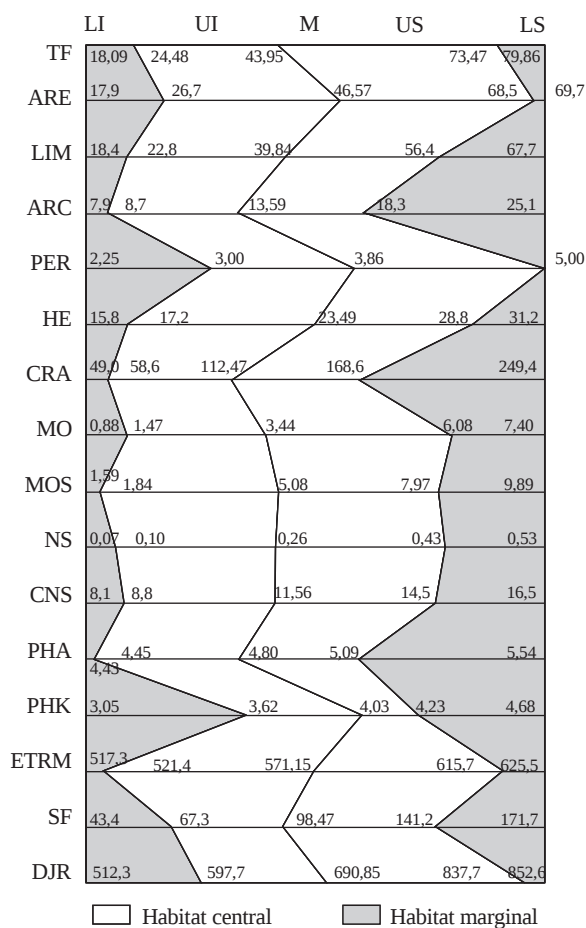


Fig. 3.—Hábitat central y marginal edáfico de *Castanea sativa* en Galicia
*Central and marginal edaphic habitat of *Castanea sativa* stands in Galicia*

(LI: límite inferior; UI: umbral inferior; M: media; US: umbral superior; LS: límite superior).
 (LI: lower limit; UI: lower threshold; M: mean; US: upper threshold; LS: upper limit).

Hábitat fisiográfico

La mayor parte de las masas estudiadas están situadas en cotas comprendidas entre 400 y 750 m. Las pendientes son muy variadas, así, la tercera parte se encuentra en terrenos ondulados con pendiente inferior al 20 % y la tercera parte en zonas abruptas con pendiente superior al 40 %.

Hay un claro predominio de las localizaciones de umbría. Así, las dos terceras partes de las estaciones poseen un valor del parámetro «insolación» inferior a 0,90 y sólo tres

parcelas pueden considerarse claramente de solana con un valor de insolación de 1,12. Esto parece contradecir el frecuentemente aludido carácter mesotérmico de la especie (Ceballos y Ruiz de la Torre, 1971), pero, si como se ha mencionado, las dos terceras partes de su área se sitúan en pendientes inferiores al 40 %, el carácter umbrófilo de la especie en Galicia queda atenuado por las implicaciones térmicas de la topografía (Gandullo, 1997).

Hábitat climático

La situación de las parcelas, en la Galicia interior y en cotas moderadas, conduce a un clima bastante homogéneo en todas ellas: húmedo pero no excesivamente lluvioso (precipitación media anual, 1.262 mm), con lluvias relativamente repartidas, aunque con una pequeña sequía estival (un mes); de inviernos frescos pero no fríos (temperatura media del mes más frío, 5,4 °C) y de veranos templados (temperatura media del mes más cálido, 18,4 °C). La clasificación de Allué (1990) conduce al clima VI(V), nemoral genuino, en el 64 % de los casos y al clima VI(IV)₂, nemoromediterráneo, en el resto. Según la clasificación de Thornthwaite y Mather (1955), la evapotranspiración potencial sitúa la totalidad de las parcelas en el clima mesotérmico y el índice hídrico anual define un 45 % de las parcelas como de clima perhúmedo y un 55 % como de clima húmedo. Según el criterio de Austin Miller (1950), el 40 % de las parcelas (todas las situadas a menos de 475 m de altitud) pertenecen al clima templado-cálido con todos los meses temperatura media igual o superior a 6 °C, y el resto se encuentran en el templado-frío. Por último, los climodiagramas de Walter y Lieth (1960) definen una sequía estival del orden de un mes de duración pero con una intensidad de la sequedad muy escasa que, como mucho, alcanza el 0,03.

Hábitat edáfico

Los suelos están edificados sobre granito (14 %), sobre gneis (36 %) y sobre esquistos metamórficos más o menos pizarrosos. En los dos primeros casos, la textura más corriente es la franco-arenosa, pero sobre esquistos y pizarras la textura es más fina y predominan las tierras francas y franco-limosas. Los suelos resultantes son de naturaleza silíceas; la presencia de carbonatos, es nula.

De acuerdo con la clasificación de Wilde (1946), el 68 % de los suelos son fuertemente ácidos, con valores medios de pH comprendidos entre 4,7 y 5,5. Solamente una parcela supera dicho valor y el resto definen suelos muy fuertemente ácidos. En consecuencia lógica, los tantos de saturación del complejo adsorbente son bajos: solamente el horizonte superficial de la parcela moderadamente ácida supera el 50 %, siendo muy frecuentes los valores por debajo del 25 %.

A pesar de lo anterior, debido a la facilidad de mineralización de los residuos del castaño y a las labores que los propietarios aplican a las parcelas, el suelo mantiene unas bajas relaciones C/N, definiendo un humus de tipo mull oligotrófico; sólo en dos ocasiones supera el valor de 15, definiendo un humus de tipo moder. El mismo motivo conduce a unos valores de materia orgánica generalmente modestos, siendo raro que superen el 6 % en el horizonte superficial.

Como, en general, la pedregosidad es bastante abundante (en ningún caso el porcentaje medio de tierra fina supera el 80 %), los suelos presentan una capacidad de retención de agua que, normalmente, es escasa o moderada, pues sólo en tres ocasiones supera los 150 mm. Sin embargo, la escasa sequía meteorológica conduce a una sequía fisiológica que, generalmente, está por debajo de los 100 mm y a una evapotranspiración real máxima por encima de los 500 mm de agua.

Según la clasificación F.A.O. (1.998), los suelos pertenecen a tres Grupos distintos: Cambisoles, Luvisoles y Umbrisoles (Tabla 3). Dominan claramente los Cambisoles y el subgrupo más abundante es el dístrico (Fig. 4).

TABLA 3
TIPOS DE SUELO Y NÚMERO DE PARCELAS MUESTREADAS
Soil type and sample plots

Grupo	N.º parcelas	Porcentaje
Cambisoles	11	50
Luvisoles	7	32
Umbrisoles	4	18

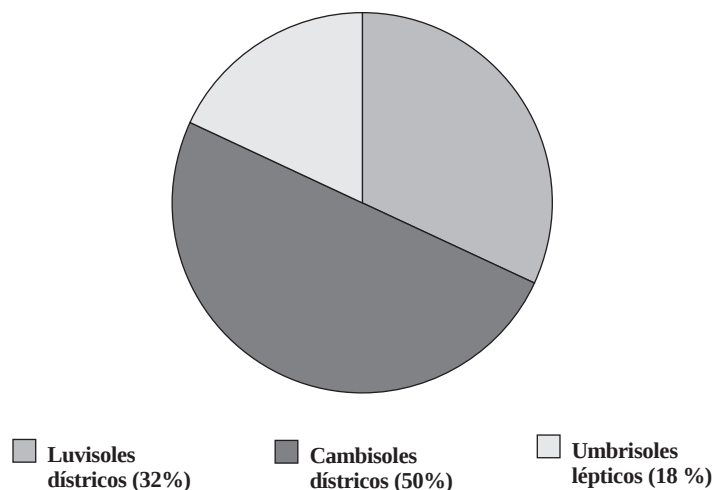


Fig. 4.—Diagrama de los tipos y unidades de suelo (FAO, 1998) más frecuentes en los castañares gallegos
Diagram of main soil and unity types (FAO, 1998) for chestnut stands in Galicia

Los cuatro umbrisoles tienen carácter léptico, con horizonte R a menos de 100 cm de profundidad; uno de ellos tiene, además, carácter estágnico. Todos los luvisoles son dístricos, dos de ellos son, además, lépticos, cuatro crómicos y uno tiene carácter férrico. Análogamente, todos los cambisoles tienen carácter dístrico; tres de ellos son, además, lépticos y en otros seis aparece, asimismo, el carácter crómico. Según la clasificación de suelos forestales española (Gandullo, 1994), catorce parcelas tienen suelos pardo ácidos; seis, suelos argilúvicos, una, suelo ferriargilúvico, y otra, pseudogley primario. Los subgrupos humíferos aparecen en tres de los suelos argilúvicos, en el suelo ferriargilúvico, en el pseudogley y en uno de los pardo ácidos; el subgrupo subhúmico aparece en tres suelos pardo ácidos. Asimismo, aparece el subgrupo lítico (menos del 50 % de tierra fina a menos de 50 cm de profundidad) en ocho suelos pardo ácidos y en dos suelos argilúvicos, y el subgrupo rojizo en un suelo pardo ácido, en un suelo argilúvico y en el ferriargilúvico.

Características selvícolas

Habida cuenta de que la mayor parte de los castaños estudiados presentaron la forma de monte alto (más del 90 %) y estaban destinados a la producción de fruto (sólo dos de las parcelas estudiadas se destinaban a madera), se consideró que los parámetros FORMA y USO no eran estadísticamente útiles, por lo que se eliminaron del proceso de datos.

El análisis de los estadísticos correspondientes a los parámetros selvícolas restantes (Tabla 4) indica que la mayoría de ellos presentan unos coeficientes de variación moderados y bastante similares, excepto DENP, DENC y ABAS; destaca, asimismo, los

TABLA 4
MEDIA, DESVIACIÓN ESTÁNDAR, MÁXIMO, MÍNIMO, SESGO, CURTOSIS Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS SELVÍCOLAS DE LOS CASTAÑARES

Mean, standard deviation, maximum, minimum, skewness, kurtosis and coefficient of variation of chestnut stand silvicultural parameters

Estadístico	DENP	DENC	ABAS	ALTD	FCCP	FCCT	REG
Media	360,46	277,27	128,59	17,36	71,36	73,64	2
Desviación estándar	307,59	215,72	117,14	3,53	18,59	20,13	0,76
Máximo	1.300	720	514,73	25,0	90	100	1
Mínimo	80	70	25,12	10,0	40	40	3
Sesgo	1,636	1,325	2,214	0,206	-0,707	-0,667	0,000
Curtosis	2,774	0,261	5,446	0,155	-0,848	-0,828	-1,150
Coef. variación (%)	85,34	77,80	91,10	20,31	26,05	27,34	37,80

(N.º de muestras = 22). (N= 22).

* DENP = densidad de pies (n.º pies/h); DENC = densidad de cepas (n.º cepas/h); ABAS = área basimétrica (m²/h); ALTD = altura total dominante (m); FCCP = fracción de cabida cubierta del castaño (%); FCCT = fracción de cabida cubierta total (%); REG = regeneración por brinzales (1, abundante; 2, escasa; 3, nula).

altos valores de sesgo y curtosis en DENP y ABAS. Así pues, estos últimos se alejan considerablemente de la distribución normal por lo que se creyó aconsejable no utilizarlos en los análisis estadísticos posteriores conjuntamente con las otras variables. No obstante, conviene señalar que, si se eliminan del análisis las dos parcelas dedicadas a madera, la bondad de los estadísticos mejora ostensiblemente.

Ello no es de extrañar porque es bastante normal que predominen las parcelas con pocos pies y ejemplares de gran diámetro (en una parcela se ha llegado a medir un pie de 8,20 m de diámetro normal y 14 m de altura, después de haber sido sometido a innumerables podas y desmoches). Ésa es la causa de que, a veces, los valores del área basimétrica se disparen, en clara diferencia con una parcela de monte bajo donde dicha área basimétrica ronda los 25 m²/h.

El comportamiento errático de DENC hay que atribuirlo a las mismas causas, aunque en este caso, el hecho de estar considerando cepas en vez de pies, parece corregir algo la dispersión de los datos. Esto sugiere que el número de cepas posee más relación con las condiciones de la estación que el número de pies, posiblemente porque éstos son una consecuencia de la variabilidad en las podas y desmoches.

El parámetro que «mejor» comportamiento muestra (menores coeficientes de variación sesgo y curtosis) es ALTD, lo que permite aseverar que la mayoría de los castaños gallegos poseen una altura total dominante en torno a los 17 m y sólo en algunos casos desciende hasta 10 m o alcanza los 25 m.

FCCP y FCCT siguen comportamientos muy semejantes entre sí, con valores similares, tanto los medios como los extremos, lo que significa que estos castaños, además de presentar un elevado grado de cobertura aérea, son masas prácticamente puras ¹.

La intensidad de la regeneración (REG) es variable, existiendo algunas parcelas con abundantes plántulas y otras sin regeneración ninguna, aunque en la mayoría de ellas se detecta algo de regeneración.

Relación entre los caracteres selvícolas y el biotopo

Las correlaciones bivariantes entre los cinco parámetros selvícolas (una vez eliminados DENP y ABAS) se reflejan en la Tabla 5. De dicha Tabla se desprende que el parámetro FCCT es el mejor relacionado significativamente con todos los demás por lo que, en principio, parece el más indicado para contrastarlo con los parámetros definidores del biotopo. Pero ello implicaría prescindir completamente del parámetro ALTD (no correlacionado significativamente con el anterior) que es muy definitorio del aspecto de los castaños gallegos que, según las zonas y los propietarios, son sometidos a enorme variedad de podas y desmoches de sus pies fruteros. Por otra parte, estos tratamientos tienden a abrir la copa y a originar valores altos de la fracción de cabida cubierta. Tratando de solventar los problemas anteriores, se consideró conveniente el cálculo, para cada parcela, del índice de Hart por número de cepas (HARTC), ya que este parámetro, al ser una función de DENC y ALTD, integra mejor el concepto tridimensional de medición de la espesura.

¹ Paradójicamente, en el II Inventario Forestal Nacional los castaños gallegos aparecen agrupados con otras especies, como si no fueran susceptibles de análisis diferenciado.

TABLA 5
COEFICIENTES DE CORRELACIÓN ENTRE LOS PARÁMETROS SELVÍCOLAS

Correlation coefficients among silvicultural parameters

	DENC	ALTD	FCCP	FCCT	REG
DENC	1,000	n.s.	0,368 °	0,405 °	n.s.
ALTD		1,000	n.s.	n.s.	n.s.
FCCP			1,000	0,979 ***	−0,508 *
FCCT				1,000	−0,532 *
REG					1,000

– Niveles de significación (s): °, s > 90 %; *, s > 95 %; **, s > 99 %; ***, s > 99,9 %; n.s, no significativa.
 – DENC = densidad de cepas (n.º cepas/h); ALTD = altura total dominante (m); FCCP = fracción de cabida cubierta del castaño (%) FCCT = fracción de cabida cubierta total (%); REG = regeneración por brinzales (1, abundante; 2, escasa; 3, nula).

Efectuado un análisis similar de HARTC, con respecto a los cinco parámetros restantes, arrojó los estadísticos y correlaciones significativas que aparecen en las Tablas 6 y 7. El aceptable ajuste de este parámetro a la distribución normal y sus mejores niveles de significación con respecto a los otros cinco, aconsejan elegirle como mejor parámetro definidor de las características selvícolas de los castaños gallegos y, en consecuencia, utilizarlo para su contraste con los parámetros del biotopo.

TABLA 6
MEDIA, DESVIACIÓN ESTÁNDAR, MÁXIMO, MÍNIMO, SESGO, CURTOSIS Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN DEL PARÁMETRO HARTC

Mean, standard deviation, maximum, minimum, skewness, kurtosis and coefficient of variation of HARTC parameter

Media	45,84
Desviación estándar	17,19
Mínimo	21,07
Máximo	80,09
Sesgo	0,259
Curtosis	−0,880
Coefficiente de variación (%)	37,50

* HARTC = índice de Hartc.
 (N.º de muestras = 22). (N = 22).

TABLA 7
COEFICIENTES DE CORRELACIÓN DE HARTC CON EL RESTO DE LOS PARÁMETROS SELVÍCOLAS

Correlation coefficients between HARTC and remain silvicultural parameters

Parámetro	Coef. de correlación
DENC	-0,747 ***
ALTD	-0,587 **
FCCP	-0,587 **
FCCT	-0,606 **
REG	-0,545 **

- Niveles de significación (s): °, s > 90 %; *, s > 95 %; **, s > 99 %; ***, s > 99,9 %; n.s, no significativa.
– HARTC = índice de Hartc.

Así, efectuado el análisis bivariable entre HARTC y dichos parámetros abióticos, las mejores relaciones significativas (nivel de significación superior al 90 %) se obtienen para los parámetros mostrados en la Tabla 8. De dicha Tabla se desprende que las mejores espesuras (es decir, menores valores del índice de Hart) tienden a producirse:

- Donde las precipitaciones estivales son más elevadas, el déficit hídrico menor y también más pequeñas la duración de la sequía y la intensidad de la sequedad. Estas cuatro correlaciones son concordantes y lógicas desde el punto de vista biológico.
- Donde sea menor la oscilación térmica, circunstancia también lógica.

TABLA 8
COEFICIENTES DE CORRELACIÓN ENTRE HARTC Y LOS PARÁMETROS ABIÓTICOS CON MEJOR NIVEL DE SIGNIFICACIÓN

Correlation coefficients among HARTC and biotope parameters with the highest level of signification

Parámetro	Coef. de correlación
PI - 480	-0,482 *
PV	-0,405 °
OSC	0,434 *
SUP - 750	-0,425 *
DEF	0,383 °
DSQ	0,361 °
ISQ	0,488 *
MOS	-0,439 *
NS	-0,381 °
CNS - 13	0,464 *

- Niveles de significación (s): °, s > 90 %; *, s > 95 %; **, s > 99 %; ***, s > 99,9 %; n.s, no significativa.
– HARTC = índice de Hartc.

- Donde sea más elevado el porcentaje húmico superficial y el contenido en nitrógeno y, en consecuencia, una relación C/N próxima a 13 que indique una buena mineralización pero no excesivamente rápida que haga disminuir la cantidad de materia orgánica. (No obstante, dada la capacidad transformadora del suelo de la hojarasca del castaño, esta correlación podría interpretarse también a la inversa, es decir, como un resultado del aumento en espesura del castaño.)
- Donde la precipitación de invierno se aleje de los 480 mm y los superávit hídricos también se alejen de 750 mm (valores en ambos casos próximos a la media de todas las parcelas). Estas dos correlaciones parecen apuntar a las zonas de menos lluvia invernal y las localidades más lluviosas.

En principio, resulta difícil explicar ecológicamente esta última afirmación, pero, como ya se mencionó en el apartado anterior de este trabajo, el análisis bivariable puede presentar tres posibles anomalías:

- a) Enmascaramiento de la influencia de algunos parámetros por causa de fenómenos de compensación.
- b) Redundancia en la información como consecuencia de que algunos parámetros tienen entre sí una correlación lógica, consecuencia de la propia elaboración de los mismos (si hay muchas precipitaciones estivales, el déficit hídrico será menor y menores, también, la duración y la intensidad de la sequía).
- c) Aparición de correlaciones significativas de imposible interpretación ecológica directa por ser consecuencia de relaciones específicas entre parámetros que se dan en el hábitat estudiado.

Estos inconvenientes pueden ser en parte paliados mediante un análisis multivariable aplicado al conjunto de los parámetros del biotopo. El procedimiento descansa en el método de regresión paso a paso, aplicado en sentido ascendente. En la aplicación de dicho método, se ha obtenido la siguiente ecuación de pronóstico:

$$\text{HARTC} = 3,92355 + 1.242,18 \cdot \text{ISQ} + 7,07452 \cdot \text{CNS} - 13 \cdot + \\ + 39,3206 \cdot \text{INS} - 0,70 \cdot + + 0,652163 \cdot \text{TF} - 40 \cdot$$

Esta ecuación predice los valores de espesura de los castaños gallegos en función de cuatro parámetros (ISQ, CNS, INS y TF) que han resultado ser los mejores «predictores» de HARTC, absorbiendo el 63,31 % de la variabilidad, cifra que estimamos sumamente aceptable teniendo en cuenta el peso antrópico que gravita sobre estos castaños.

De dicha ecuación se deduce que las mayores espesuras se producirán en las comarcas con baja intensidad de sequía estival, sobre suelos con relación C/N próxima a 13 y en situaciones de umbría, aunque ello implique cierta pendiente y cierta pedregosidad, pero no una insolación tan baja que vendría determinada por orientaciones de componente norte y pendientes tan abruptas que incluyan suelos de elevada pedregosidad (tierra fina claramente inferior a 40).

Análisis comparativo con otras especies:

Resulta interesante comparar el hábitat de los castaños gallegos con el de otras formaciones arbóreas de esta región. Desgraciadamente no poseemos datos referentes a hábitats de algunas especies, como abedules y eucaliptos, bien porque los estudios que

han llegado hasta nosotros son dispersos e inconexos, no cubriendo la totalidad de Galicia, bien porque, aun siendo rigurosos y de carácter globalizador (Bará *et al.*, 1985), la orientación del trabajo no permite el cálculo de los mismos parámetros que hemos efectuado con los castaños gallegos. Por el contrario, sí se dispone de datos sistemáticos referentes a bosques de *Quercus robur* gracias a la Tesis Doctoral de Díaz-Maroto (1997), de *Pinus pinaster* (Nicolás y Gandullo, 1967) y de *Pinus radiata* (Gandullo *et al.*, 1974). Utilizando todas las parcelas con análisis de suelos completos de la primera obra y seleccionando las parcelas gallegas en las dos siguientes, se puede llegar a elaborar 16 parámetros ecológicos con los que, con la misma metodología explicada líneas atrás, definir los hábitats centrales y marginales de cada una de esas tres especies en Galicia.

El análisis comparativo resultante, entre las cuatro especies, relativo a los hábitats centrales, queda reflejado en la Tabla 9.

TABLA 9

**COMPARACIÓN ENTRE LOS HÁBITATS CENTRALES DE *Castanea sativa*,
Quercus robur, *Pinus pinaster* Y *Pinus radiata***

Comparison among central habitats of Castanea sativa, Quercus robur, Pinus pinaster, y Pinus radiata

Parámetros	<i>C. sativa</i>		<i>Q. robur</i>		<i>P. pinaster</i>		<i>P. radiata</i>	
	UI	US	UI	US	UI	US	UI	US
PND (%)	15	55	0	53	18	35	4	32
INS	0,54	1,12	0,61	1,12	0,84	1,24	0,73	1,12
PT (mm)	1.143	1.420	867	1.715	898	1.596	986	1.895
TMA (°C)	10,6	12,2	9,7	13,0	12,3	15,1	9,4	13,7
ETP (mm)	646,9	689,9	616,7	708,0	682,9	797,0	612,5	728,3
SUP (mm)	683,0	909,3	450,5	1.156,3	469,1	1.046,0	467,6	1.329,0
DEF (mm)	156,5	214,3	112,0	221,3	143,3	369,9	48,7	224,5
IH	79,1	119,8	48,2	158,4	31,3	138,4	55,0	180,2
DSQ (n.º meses)	0,44	1,50	0,00	1,54	0,30	2,69	0,00	1,72
ISQ	0,00	0,02	0,00	0,03	0,00	0,09	0,00	0,01
ARE (%)	26,7	68,5	45,2	76,0	49,9	73,4	29,3	70,3
LIM (%)	22,8	56,4	17,1	39,8	17,9	40,3	21,0	58,8
ARC (%)	8,7	18,3	6,7	16,4	8,2	16,1	7,0	17,0
MO (%)	1,47	6,08	2,43	13,78	3,33	7,69	3,83	12,46
PHA	4,45	5,09	4,59	5,57	4,58	5,13	4,78	5,64

(UI: umbral inferior; US: umbral superior).

(UI: lower threshold; US: upper threshold).

De acuerdo con la metodología de Gandullo y Sánchez Palomares (1994), los porcentajes de solapes entre hábitats centrales de dos especies A y B, si se miden con respecto al hábitat central de la especie A, indican la fragilidad de esta especie frente a B y si se miden con respecto al hábitat central de la especie B, indican la agresividad de A frente a B. Aunque el significado de dichos conceptos es, a nuestro juicio, más complejo,

en el presente trabajo se mantienen dichos términos según expresión de los autores. Así pues, la evaluación de la *fragilidad* y *agresividad* del castaño respecto de las tres especies citadas, se refleja en las Tablas 10 y 11. En ellas se observa que la mayoría de valores de *agresividad* son claramente inferiores a los de *fragilidad*; es decir, tanto el roble como los pinos gallego e insigne son más agresivos frente al castaño que éste frente a los anteriores.

Excepción a la afirmación anterior son los parámetros relacionados con la textura del suelo ya que, aquí, la *agresividad* del castaño frente a roble y pino gallego es claramente superior a la de éstas frente al castaño; esto se debe a que el castaño vive sobre suelos de textura más variada que las dos especies citadas que, claramente, parecen restringir su hábitat central a los suelos más arenosos.

Esto último queda también de manifiesto calculando la *valencia textural* de las especies citadas; se define así, al porcentaje del triángulo textural ocupado por el hábitat central de las mismas (Gandullo, 1998). Estos porcentajes son:

- *Castanea sativa*: 6,43
- *Quercus robur*: 4,38
- *Pinus pinaster*: 3,14
- *Pinus radiata*: 7,27

TABLA 10

AGRESIVIDAD DEL CASTAÑO FRENTE A *Q. robur*, *P. pinaster* Y *P. radiata* EN GALICIA, MEDIDA PARA LOS PRINCIPALES PARÁMETROS DEL BIOTOPO (EXPRESADA EN %)

Agressiveness of chestnut as opposed to Q. robur, P. pinaster y P. radiata in Galicia, considering the principal biotope parameters (expressed in %)

Parámetro	<i>Quercus robur</i>	<i>Pinus pinaster</i>	<i>Pinus radiata</i>
ALT (m)	61	20	29
PND (%)	72	100	61
INS	100	70	100
PT (mm)	33	40	30
TMA (°C)	48	0	37
ETP (mm)	47	6	45
SUP (mm)	32	39	26
DEF (mm)	53	6	33
IH	37	38	33
DSQ (n.º meses)	69	44	62
ISQ	67	22	100
ARE (%)	76	79	96
LIM (%)	75	78	89
ARC (%)	79	94	83
MO (%)	32	63	27
PHA	51	93	36

TABLA 11

FRAGILIDAD DEL CASTAÑO FRENTE A *Quercus robur*, *Pinus pinaster* Y *Pinus radiata* EN GALICIA, MEDIDA PARA LOS PRINCIPALES PARÁMETROS DEL BIOTOPO (EXPRESADA EN %)

*Fragility of chestnut as opposed to *Quercus robur*, *Pinus pinaster* y *Pinus radiata* in Galicia, considering the principal biotope parameters (expressed in %)*

Parámetro	<i>Quercus robur</i>	<i>Pinus pinaster</i>	<i>Pinus radiata</i>
ALT (m)	100	20	27
PND (%)	95	42	40
INS	88	48	67
PT (mm)	100	100	100
TMA (°C)	100	0	100
ETP (mm)	100	16	100
SUP (mm)	100	100	100
DEF (mm)	100	22	100
IH	100	100	100
DSQ (n.º meses)	100	100	100
ISQ	100	100	50
ARE (%)	56	44	94
LIM (%)	51	52	100
ARC (%)	80	77	86
MO (%)	79	60	51
PHA	78	80	48

Es de destacar que, salvo en estos parámetros texturales, el roble puede vivir en la casi totalidad de los hábitats donde se ha muestreado el castaño, mientras que el recíproco no es cierto, sobre todo con respecto a los parámetros materia orgánica, precipitación anual, temperatura media anual y sus consecuentes suma de superávit, índice hídrico y evapotranspiración potencial anual, para los cuales, resulta bastante más estricto el hábitat central del castaño.

Análogamente, en la mayor parte de los hábitats del castaño pueden ser viables repoblaciones de pino insignie, salvo en los castañares situados por encima de los 500 m de cota. Tampoco aquí el recíproco es cierto ya que, en muchos casos, la *agresividad* del castaño frente a *Pinus radiata* es inferior a 50.

Los hábitats más disjuntos son los de castaño y pino gallego; incluso, aparece incompatibilidad con el parámetro temperatura media anual y, casi incompatibilidad, con respecto a altitud, evapotranspiración potencial anual y suma de déficits hídricos, siempre dentro de los hábitats centrales.

CONCLUSIONES

Las características más importantes del hábitat de los castaños en Galicia, son:

La mayor parte de las masas de castaño se sitúan en cotas comprendidas entre 400 y 750 m de altitud, con pendientes muy variadas.

Hay un claro predominio de las localizaciones de umbría, si bien, la escasa pendiente en gran número de estaciones, resta significado a este resultado.

Las precipitaciones anuales medias se encuentran en torno a los 1.300 mm, aunque en el conjunto de su hábitat pueden variar de los 1.000 mm a los 1.500 mm; existe un aceptable reparto estacional de las precipitaciones, con, aproximadamente, un mes de sequía estival.

Las temperaturas son, igualmente, bastante homogéneas, de inviernos frescos pero no fríos y de veranos templados.

Los suelos se edifican fundamentalmente sobre metamorfitas (esquistos, gneises y pizarras), aunque también aparecen granitos.

Dichos suelos son, según FAO (1998), mayoritariamente cambisoles dístricos; abundan los luvisoles dístricos y también aparecen umbrisoles lépticos.

Son suelos de fuerte a muy fuertemente ácidos. El pH medio es 4,8. En consecuencia, la saturación del complejo adsorbente es muy baja, abundando los valores inferiores al 25 %.

El tipo de humus predominante es mull oligotrófico, a lo que contribuye la facilidad de mineralización de los residuos del castaño y las labores que los propietarios aplican al terreno.

El contenido de materia orgánica es moderado, con un valor medio de 3,5 %, siendo raro que supere el 6 % en el horizonte superficial.

La capacidad de retención de agua es escasa o moderada (valor medio, 112 mm y, casi siempre, menor de 150 mm), lo que se explica por la abundante pedregosidad de estos suelos. Sin embargo, apenas presentan sequía fisiológica como consecuencia de la escasa sequía meteorológica.

Las principales conclusiones de carácter selvícola son:

La mayor parte de los castaños gallegos presentan la forma de monte alto, se encuentran destinados a la producción de fruto.

La densidad de los castaños, expresada tanto en pies como en cepas por hectárea, es enormemente variable. Otro tanto ocurre con el área basimétrica. En ambos casos hay que atribuirlo a la diferente dedicación (frutero o maderero) y a la variabilidad de las podas y desmoches a que están sometidos. Sin embargo, los castaños dedicados a fruto muestran densidades más homogéneas y, en general, bajas. La espesura, por el contrario, medida por el índice de Hart, muestra valores moderados y mucho menos oscilantes en el conjunto de las masas.

La altura total de los pies dominantes se mantiene sensiblemente constante en torno a los 17 m, si bien, lógicamente, existen excepciones.

Los castaños gallegos son masas casi puras, con fracción de cabida cubierta en torno al 70 %.

La regeneración de los castaños es variable, o poco predecible por las limitaciones de los parámetros estudiados, aunque en general suele observarse presencia de brinzales.

Respecto a los indicadores de calidad de la masa, conviene resaltar lo siguiente:

Las mejores espesuras de castaño, expresadas en función del índice de Hart, se producen en las comarcas con precipitación estival elevada (o, si se prefiere, con baja sequía estival) y escasa oscilación térmica a lo largo del año.

Asimismo, las orientaciones de umbría favorecen mayores espesuras.

Respecto al suelo, unas condiciones de no excesiva pedregosidad y de mineralización medias (relación C/N próxima a 13), contribuyen también a mejorar la espesura del castaño. (Esta última conclusión debe interpretarse con carácter recíproco, es decir, dada la influencia del castaño en la calidad del humus, también sería válido argumentar que la relación C/N próxima a 13 es el resultado de las buenas espesuras de castaño.)

Y, finalmente, respecto a la relación del castaño con otras especies de la región:

Tanto el roble como los pinos gallegos e insigne son, según conceptos de Gandullo y Sánchez Palomares (1994), más *agresivos* frente al castaño que éste frente a los anteriores. Expresado de otro modo, significa que las primeras especies viven en un ámbito ecológico más variado que el del castaño, englobando a gran parte del hábitat de esta última especie.

Según lo anterior, los rangos de precipitación anual y temperatura media anual son mucho más estrictos para el hábitat central del castaño que para el del roble, por lo que esta especie puede vivir en la casi totalidad de los hábitats donde se ha muestreado el castaño.

Igualmente, el pino insigne puede colonizar los hábitats del castaño, a excepción de cotas superiores a los 500 m.

Solamente, en cuanto a los rasgos texturales del suelo, el castaño muestra mayor amplitud que el roble y pino gallego, aceptando suelos de textura variada, mientras que estas últimas especies parecen restringir su hábitat central a los suelos más arenosos.

Los hábitats más disjuntos, resultantes de la comparación de las cuatro especies, corresponden a los del castaño y pino gallego.

En definitiva, desde un enfoque estrictamente ecológico-paramétrico, y de acuerdo con los párrafos anteriores, la defensa de los castaños gallegos también se sustentaría, entre otras muchas medidas, en el control de la expansión del roble y del pino insigne, dado que estas especies son susceptibles de colonizar los mismos hábitats del castaño.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la CICYT en el marco del convenio de colaboración entre dicho organismo y el INIA mediante el proyecto FOA 97-1649. Queremos agradecer la colaboración prestada por el personal de la Dirección General de Montes y Medio Ambiente de la Xunta de Galicia.

SUMMARY

Autoecology of chestnut (*Castanea sativa* Miller) in Galicia (Spain)

A stratified sampling on 22 plots has been carried out on chestnut (*Castanea sativa* Miller) stands in Galicia (Spain). Central and marginal parameters ranges have been established for defining physiographic, climatic and soil habitat diagrams of chestnut stands. Most stands are located between 400 and 750 m elevation, with around 1,300 mm annual rainfall. According to FAO criteria, soil are classified as distric Cambisols and distric Luvisols. Several silvicultural parameters have also been calculated. After their correlation with the

ecological ones, it is concluded that the best Galician chestnut forest sites are located on northern aspects, with low summer drought and around 13 C/N ratio in soils. Finally, a comparative analysis between chestnut habitat and habitat of three other tree species of the region shows that chestnut has less ecological aptitude than pedunculate oak, Maritime pine and Monterrey pine.

KEY WORDS: *Castanea sativa*
Central habitat
Marginal habitat
Biotopes
Autoecology
Silviculture
Galicia

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLUÉ J.L., 1990. Atlas fitoclimático de España.- M.A.P.A.- I.N.I.A. Madrid, 222 pp.
- AUSTIN MILLER A., 1950. Climatology (traducida al castellano con el título Climatología, en 1957). Ediciones Omega. Barcelona, 373 pp.
- BARÁ S., RIGUEIRO A., GIL M.C., MANSILLA P., ALONSO M., 1985. Efectos ecológicos del *Eucalyptus globulus* en Galicia.- I.N.I.A. Madrid. 381 pp.
- BERROCAL M., GALLARDO J.F., CARDEÑOSO J.M., 1997. El castaño. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- BLANCO A., 1985. Estudio comparativo de los hábitats de *Castanea sativa* y *Pinus pinaster* en la Sierra de Gredos. Boletín de la Estación Central de Ecología, 27, 35-45.
- BLANCO A., CASTROVIEJO M., FRAILE J.L., GANDULLO J.M., MUÑOZ L.A., SÁNCHEZ PALOMARES O., 1989. Estudio ecológico del pino canario. ICONA, serie Técnica, 6. Madrid.
- BLANCO A., RUBIO A., 1996. Caracterización del hábitat edáfico de los castaños de Navarra. Comunicaciones del IV Congr. Soc. Española de la Ciencia del Suelo, 333-338. Lérida.
- BREMNER J.M., 1965. Methods of soil analysis. Part 2. 1162-1164. American Society of Agronomy.
- CEBALLOS L., 1966. Mapa forestal de España. Escala 1:400.000. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- CEBALLOS L., RUIZ DE LA TORRE J., 1971. Árboles y arbustos de la España Peninsular. I.F.I.E. y E.T.S.I.M. Madrid.
- DÍAZ-MAROTO J., 1997. Estudio ecológico y dasométrico de las masas de carballo (*Quercus robur* L.) en Galicia. Tesis Doctoral. E.T.S.I. Montes, Madrid. 608 pp.
- ELENA ROSSELLÓ R., 1996. Clasificación biogeoclimática de España peninsular y balear. MAPA. Madrid.
- F.A.O., 1998. World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Reports, 84. Rome.
- FERNÁNDEZ J., 1984. Situación actual y perspectivas de los castaños tradicionales gallegos. Congreso Internacional sobre el castaño, 105-119. Lourizán.
- GANDULLO J.M. (Ed.), 1972. Ecología de los pinares españoles. III. *Pinus halepensis* Mill. INIA. Madrid.
- GANDULLO J.M., 1974. Ensayo de evaluación cuantitativa de la insolación en función de la orientación y de la pendiente del terreno. An. INIA, ser. Recursos Naturales, 1: 95-107.
- GANDULLO J.M., 1994. Climatología y ciencia del suelo. Fundación Conde del Valle de Salazar. E.T.S.I. Montes. Madrid.
- GANDULLO J.M., 1997. Implicaciones térmicas de la topografía: ensayo de un parámetro termotopográfico. Invest. Agr.: Sist. Recur. For., Vol. 6 (1 y 2): 7-15.
- GANDULLO J.M., 1998. Valencia textural de las especies forestales. Edafología. Revista de la S.E.C.S. n.º 5, pp. 41-46.
- GANDULLO J.M., BAÑARES A., BLANCO A., CASTROVIEJO M., FERNÁNDEZ A., MUÑOZ L., SÁNCHEZ PALOMARES O., SERRADA R., 1991. Estudio ecológico de la Laurisilva Canaria. ICONA, Colección Técnica. Madrid.
- GANDULLO J.M., GONZÁLEZ ALONSO S., SÁNCHEZ PALOMARES O., 1974. Ecología de los pinares españoles IV. *Pinus radiata* D. Don. Monografías INIA, n.º 13. Madrid, 187 pp.
- GANDULLO J.M., SÁNCHEZ PALOMARES O., 1994. Estaciones ecológicas de los pinares españoles. I.C.O.N.A. Madrid. 188 pp.
- GANDULLO J.M., SÁNCHEZ PALOMARES O., GONZÁLEZ ALONSO S., 1983. Estudio ecológico de las tierras altas de Asturias y Cantabria. Monografías INIA, n.º 49. Madrid.

- GARCÍA J.M., OUTEIRIÑO A., 1997. Recuperación de alternativas agroforestales tradicionales: aptitud para el cultivo del castaño de los suelos de la comarca de Monterrei (Galicia, España). Actas del I Congreso Forestal Hispano-Luso, tomo VI, 45-50. Pamplona.
- HART H.M.F., 1928. Stamtal en dunning; een orienteerend onderzoek naar de beste plantwijdte en dunningswijze voor den djati. Veenman & Zonen. Wageningen.
- ICONA, 1980. Las frondosas en el Primer Inventario Forestal Nacional. ICONA. Madrid.
- ICONA, 1993. II Inventario Forestal Nacional: La Coruña, Lugo, Orense y Pontevedra. ICONA. Madrid.
- MALATO-BELIZ J., 1987. O castanheiro na Economia e na Paisagem. Edição da Câmara Municipal de Castelo de Vide. Castelo de Vide.
- MAPA, 1997. Anuario de Estadística Agraria. 1997. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid.
- MORENO C.M., FERNÁNDEZ G., ORTUÑO S., 1998. Economía del castaño (*Castanea sativa* Mill.) en España. Revista Forestal Española, 18, 11-21.
- NICOLÁS A., GANDULLO J.M., 1967. Estudio ecológico de los pinares españoles. I. *Pinus pinaster* Ait. -I.F.I.E.- Madrid, 311 pp.
- POTVIN C., ROFF D.A., 1993. Distribution-free and robust statistical methods: viable alternatives to parametric statistics? Ecology, 74(6): 1671-1628.
- SNEDECOR G.W., COCHRAN W.G., 1984. Métodos estadísticos. CECSA. México DF.
- RUBIO A., 1993a. Estudio ecológico de los castaños de Extremadura. Tesis Doctoral. E.T.S.I. Montes. Univ. Politécnica de Madrid (inédita). Madrid.
- RUBIO A., 1993b. Caracterización del hábitat edáfico de los castaños extremeños. Actas del Congreso Forestal Español, tomo I, 423-428. Lourizán.
- RUBIO A., 1997. Ecología y aprovechamientos de los castaños en Extremadura. Montes, 48, 39-44.
- RUBIO A., BLANCO A., SÁNCHEZ O., 1997a. Aportaciones al estudio ecológico de los castaños navarros: Suelos, clima y fisiografía. Edafología, 3-2, 479-490.
- RUBIO A., ESCUDERO A., GANDULLO J.M., 1997b. Sweet chestnut silviculture in an ecological extreme of its range in the West of Spain (Extremadura). Ann. Sci. For., 54, 667-680.
- RUBIO A., GANDULLO J.M., 1994. Análisis ecológico comparativo de los castaños de Extremadura y de la región cántabro-astur (España). Invest. Agr. Sist. Recur. For., Vol. 3, 111-124.
- RUBIO A., GAVILÁN R.G., ESCUDERO A., 1999. Are soil characteristics and understory composition controlled by forest management? Forest Ecology and Management, 113, 191-200.
- RUBIO A., BLANCO A., 1999. Soil habitat of chestnut wood stands in Catalonia (Spain). 6th International Meeting on Soils with Mediterranean Type of Climate. Actas del Congreso Barcelona, p 191-193.
- RUSSELL J.S., MOORE A.W., 1968. Comparison of different depth weightings in the numerical analysis of anisotropic soil profile data. Proc. 9th. Int. C. Soil Sci., 4, 205-213.
- SÁNCHEZ PALOMARES O., BLANCO A., 1985. Un modelo de estimación del equivalente de humedad de los suelos. Montes, 4, 26-30.
- SÁNCHEZ PALOMARES O., SÁNCHEZ SERRANO F., CARRETERO CARRERO M.^a P., 1999. Modelos y cartografía de estimaciones climáticas termopluriométricas para la España peninsular. INIA, col. Fuera de Serie. Madrid.
- SOIL CONSERVATION SERVICE, 1975. Soil taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Handbook n.º 436. Soil Survey Staff. U.S. Department of Agriculture. Washintong, DC.
- THORNTHWAITE C.W., 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geogr. Rev., 38: 55-94.
- THORNTHWAITE C.W., MATHER J.R., 1955. The water balance. Climatology, 8: 1-104.
- THORNTHWAITE C.W., MATHER J.R., 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balances. Centerton. New Jersey.
- WALKLEY A., 1946. A critical examination of a rapid method of determining organic carbon in soils-effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. Soil Sci., 63, 251-263.
- WALTER H., LIETH H., 1960. Klimadiagramm Wetatlas. Veb. Gustav Fischer. Jena
- WILDE S.A., 1946. Forest soils and forest growth. Chronica Botanica Comp. Waltham. Mass.

