

Ernesto Viéitez Cortizo
María Luisa Viéitez Madriñán
Francisco Viéitez Madriñán

O CASTIÑEIRO:

BIOLOXÍA E PATOLOXÍA



PONENCIA DE PATRIMONIO NATURAL



CONSELLO
DA CULTURA
GALEGA

O CASTIÑEIRO:

BIOLOXÍA E PATOLOXÍA

O CASTIÑEIRO:

BIOLOXÍA E PATOLOXÍA

ERNESTO VIÉITEZ CORTIZO
CATEDRÁTICO DE FISIOLOXÍA VEXETAL
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

M^a. LUISA VIÉITEZ MADRIÑÁN
PROFESORA TITULAR DE FISIOLOXÍA VEXETAL
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

FRANCISCO JAVIER VIÉITEZ MADRIÑÁN
CIENTÍFICO TITULAR
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓNS AGROBIOLÓXICAS DE GALICIA. CSIC



Consello da Cultura Galega
Santiago de Compostela, 1999

VIÉITEZ CORTIZO, Ernesto

O castiñeiro : bioloxía e patoloxía / Ernesto Viéitez Cortizo, M.^a Luisa Viéitez Madriñán, Francisco Javier Viéitez Madriñán. — Santiago de Compostela : Consello da Cultura Galega, Ponencia de Patrimonio Natural, 1999. — XII, 274 p. : il. ; 24 cm

DL C. 1087-2000 . — ISBN 84-95415-08-9

1. Castiñeiros. I. Consello da Cultura Galega. Ponencia de Patrimonio Natural. III. Título. 634.35

Edita:

© Consello da Cultura Galega

Realiza:

Lúdica 7, S.L.

Deseño de Portada:

M. Janeiro

ISBN: 84-95415-08-9

D.L.: C. 1087-2000

AGRADECEMENTOS

A nosa maior gratitude a todas aquelas persoas e institucións que, dalgún xeito, nos facilitaron información nuns casos ou nos axudaron na obtención de datos de campo noutros, nos permitiron a non sempre sinxela tarefa de confecciona-los distintos capítulos que compoñen este libro.

Dun xeito singular desexamos darlle as grazias ó noso bo e querido amigo Carlos Quesada Porto, que ten alma de artista, porque non podía ser menos quen pertence a unha cumprida familia de artistas, na que a arte é cotián sentir. Ademais é un fondo amante da natureza, que tantas veces o puxo en contacto co castiñeiro, ó que quere e pinta co maior dos acertos. Foi este amor á máis querida árbore dos galegos o que o levou a se-lo noso constante animador. Especialmente naqueles momentos –que non foron poucos– en que o desalento case puido connosco. Entón o seu alento fixo posible que chegásemos ó final.

Ó Consello da Cultura Galega o noso agradecemento por facer realidade a publicación deste libro.

OS AUTORES

LEMBRANZA

Da miña dona

Da nosa nai

Cando este libro entraba na fase final da súa elaboración, unha morte, anunciada pero que nos parecía máis afastada, truncou a súa vida e con ela a esperanza de facer realidade o seu anhelado desexo de ve-lo publicado, que para ela foi motivo de ilusionada esperanza. Un esforzo común ó que ela non foi allea e ó que en máis dunha ocasión tamén achegou os seus sempre acertados comentarios e consellos. Para ela o noso recordo, o do esposo e fillos, ó que unímo-las nosas oracións.

OS AUTORES

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	V
LEMBRANZA	VII
O CASTIÑEIRO EN GALICIA.	1
A PRESENCIA DO CASTIÑEIRO NO MUNDO	7
Sistemática	7
O castiñeiro como árbore antiga.	15
A área do castiñeiro no mundo	20
O castiñeiro en España.	22
A lonxevidade do castiñeiro	24
Castiñeiros famosos	25
<i>O castiñeiro dos Cen Cabalos</i>	25
<i>O castiñeiro de Rozabales e outros</i>	29
<i>Os castiñeiros de Catasós</i>	32
AS ESIXENCIAS ECOLÓXICAS DO CASTIÑEIRO	35
O BOSQUE DO CASTIÑEIRO	41
O CRECEMENTO DO CASTIÑEIRO.	47
Creceamento talar.	51
Creceamento das cepas	56
As micorrizas do castiñeiro	57
Fungos ectomicorrícicos de <i>Castanea sativa</i>	58
A PRODUCTIVIDADE DO CASTIÑEIRO	61
Os nutrientes do solo e o creceamento do castiñeiro	63
A fertilización do castiñeiro	65
A madeira do castiñeiro	66
OS CASTIÑEIROS DEMOUCADOS.	71
AS FOLLAS DO CASTIÑEIRO	75
Anatomía da folla	77
A ultraestructura das células da folla do castiñeiro	79

Os tricomas das follas do castiñeiro	80
O aparello glandular	82
<i>Características morfolóxicas</i>	84
<i>Efecto do cultivo in vitro sobre a densidade glandular</i>	87
O aparello estomático	88
COMPOSICIÓN QUÍMICA DA FOLLA DO CASTIÑEIRO	91
A FLORACIÓN E FRUCTIFICACIÓN DO CASTIÑEIRO	95
Fructificación do castiñeiro	97
Castañas e marróns	101
Principais variedades de marróns e castañas	103
COMO SE MULTIPLICA O CASTIÑEIRO	109
A vida sexual	109
Os métodos vexetativos	111
Os acodos	112
<i>Acodo alto</i>	112
<i>A etiolización e mailo sombreado como factores de rizoxénese</i>	115
<i>Acodo baixo ou aporcado</i>	117
Levantamento dos barbados	121
Coidado dos barbados	122
A rizoxénese do castiñeiro durante o aporcado	124
Envarado	125
ENXERTOS E CASTIÑEIRO	129
Enxertos convencionais	132
<i>Enxertos xuvenís</i>	137
<i>Enxertos sobre castañas xerminadas</i>	137
Enxertos en hipocotilos	138
Como realizar enxertos sobre hipocotilos	141
A RIZOXÉNESE ADVENTICIA NO CASTIÑEIRO	143
Nivel hormonal, cofactores, promotores e enraizamento	143
Cofactores de enraizamento	144
Pretratamento das plantas nai	146
Almacenamento en frío e enraizamento	147
Substancias de crecemento das varas de castiñeiro	148
Inhibidores de enraizamento no castiñeiro	150
Etiolación e enraizamento	156

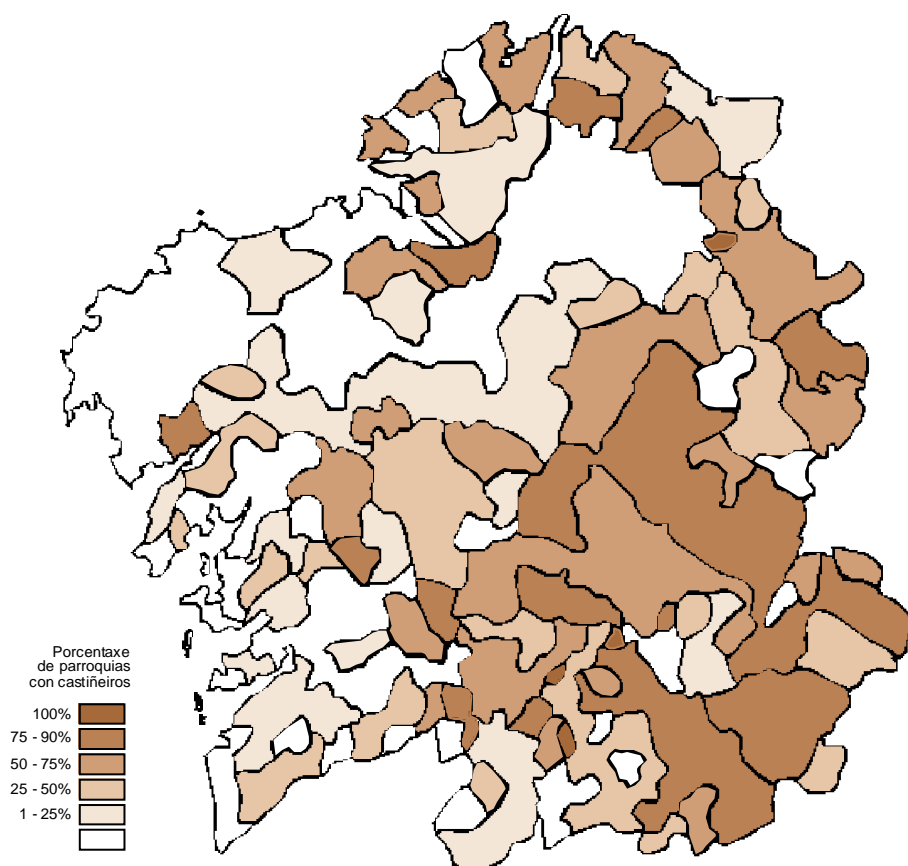
<i>Transporte do estímulo da etiolación</i>	159
A estrutura anatómica e o enraizamento	160
A condición xuvenil e o enraizamento	162
Rexuvenecemento das varas	164
A MICROPROPAGACIÓN DO CASTIÑEIRO	165
Métodos de micropropagación	166
Micropropagación vía proliferación de xermolos axilares.	166
1. Establecemento dos cultivos	167
2. Etapa de multiplicación	169
3. Etapa de enraizamento	169
4. Etapa de aclimatación	171
Micropropagación vía xemas adventicias	171
Micropropagación vía embrionaxe somática	172
AS GRANDES ENFERMIDADES DO CASTIÑEIRO	181
O declive do castiñeiro europeo	182
A enfermidade da tinta do castiñeiro	182
A enfermidade da tinta en Europa	186
A tinta en España	186
A enfermidade da tinta en Galicia	190
Comportamento do axente da enfermidade da tinta.	191
Factores que afectan a <i>Phytophthora cinnamomi</i>	193
<i>Antagonismo microbiano</i>	193
<i>A supervivencia dos propágulos</i>	194
<i>Solos supresivos e solos conductivos</i>	195
<i>Antagonistas microbianos</i>	196
Tratamentos químicos	197
<i>Funxicidas sistémicos</i>	199
<i>Resistencia ós funxicidas sistémicos</i>	202
A ENFERMIDADE DO CANCRO DO CASTIÑEIRO	203
A enfermidade do cancro do castiñeiro en Europa.	208
OUTRAS ENFERMIDADES DO CASTIÑEIRO	215
Insectos que atacan ó castiñeiro	216
A HIBRIDACIÓN DO CASTIÑEIRO	221
O control biolóxico de <i>Phytophthora</i>	225
Ectomicorrizas e a enfermidade da tinta	226

CASTIÑEIROS RESISTENTES.	229
Probas de resistencia á enfermidade da tinta	233
Inoculación de castañas	237
Inoculación do calo	237
A HIPOVIRULENCIA	239
Características da hipovirulencia	240
Como se transmite a hipovirulencia	242
Base molecular da hipovirulencia.	246
Loita biolóxica contra o cancro	251
BIBLIOGRAFÍA.	255

O CASTIÑEIRO EN GALICIA

Galicia foi e é terra de castiñeiros. En tempos pasados, o castiñeiro era un compoñente importante do seu bosque planocaducifolio. En toda Galicia o castiñeiro foi moi abundante e formacións pechadas eran frecuentes tanto na zona litoral coma na media e no interior.

Fernando Molina (1984), referíndose á importancia que tiña o castiñeiro en Galicia na Idade Media, menciona o *Itinerario y Costumbres de España*, que a principios do século XVI escribiu Fernando de Colón, salientando a existencia de grandes áreas de castañais no litoral galego e que amplamente se estendían por toda a rexión galaica. A mediados do século XVIII, o *Catastro de Ensenada*, que dá ampla información da agricultura e dos bosques galegos, permite deducir que no litoral deixaran de abundar as masas de castiñeiros. Para Fernando Molina isto podía interpretarse no sentido de que xa comezara a regresión do castiñeiro en Galicia, na que Bouhier (1979) estimaba que había un 62% de parroquias con soutos máis ben de pequenas dimensións; suxerindo como posibles causas deste fenómeno unha enfermidade, que Elorrieta (1949) relacionou coa “tinta”. Non faltou a acción do home, que ante o temor a que os seus castiñeiros morresen, unido ó alto prezo da súa madeira, non dubidaría en cortalos. Só o descoñecemento do axente produtor da enfermidade da “tinta” fixo que non se considerase a súa existencia ata que no ano 1917 foi identificado como o fungo *Phytophthora cinnamomi* polo italiano L. Petri. Parece razoable aceptar a existencia do mesmo nos solos galegos do litoral naqueles tempos e que as condicións climáticas favoreceron a súa expansión, destruindo a maioría dos castiñeiros do litoral. Posteriormente, o dano foise estendendo á zona media de Galicia, tal como recoñeceu Madoz a mediados do século XIX; para continuar a súa penetración ata a Galicia



Distribución do castiñeiro en Galicia a mediados do século XIX, segundo Abel Bouhier (1979)

Oriental, atopando nas partes interiores das provincias de Lugo e Ourense o actual refuxio das principais masas de castiñeiros da rexión. Nas serras dos Ancares e do Courel están as maiores formacións pechadas de castiñeiros existentes en Galicia. De feito, corresponden na súa maioría a árbores demoucadadas, o que evidencia a intervención da man do home na súa explotación madeireira e fructícola. A primeira para ser cortada en quendas que poden oscilar entre os 15 e os 25 anos, para a produción de madeira de calidade, e en quendas menores cando se trata de produci-la de pequenas dimensións ou para postes e estacas.

O panorama actual do castiñeiro en Galicia é o da súa existencia esporádica e illada na zona litoral e máis abundantemente na media, onde se aprecia unha recuperación desta especie. Case sempre se trata de castiñeiros procedentes de sementes; as máis das veces en terreos cultivados, ou nos seus límites, amosando bos crecementos, como un intento de recuperar un pasado perdido; capaz

de demostra-la súa capacidade de crecemento rápido, máis ca suficiente para amosa-la súa potencialidade productora de madeira e de froito, nun futuro esperanzador para o castiñeiro.

A enfermidade da tinta deixou de se-la ameaza do castiñeiro, obedecendo a un comportamento cíclico da mesma. A aparente recuperación espontánea do castiñeiro parece ser un feito confirmado, ante unha diminución da virulencia do fungo produtor da mesma. Como tamén hai que asumir que a produción de castiñeiros resistentes á tinta se fixo relativamente importante desde o ano 1960. A esta produción controlada pola man do home habería que suma-la produción espontánea ou natural que tivo lugar debido á introdución de castiñeiros asiáticos, principalmente xaponeses (*C. crenata*). En zonas onde se plantaron estes castiñeiros, nas primeiras décadas do século XX, é notable ve-lo aumento significativo de castiñeiros espontáneos, as máis das veces aproveitados como árbores de froito, debido á súa precocidade na produción de castañas e ó feito de fructificaren ós poucos anos. Precocidade na produción e na maduración das castañas son dúas calidades atractivas para o mercado das mesmas, a pesar da súa calidade gustativa inferior, fronte ós tipos de castañas producidas polos proxenitores europeos (*C. sativa*).

Galicia, despois de Asturias, é a segunda rexión española que ten maior superficie de castañas.

Para as provincias de Lugo e Ourense, as de maior importancia castañeira de Galicia, unha superficie de 28.689 ha que, para os castiñeiros de froito, se distribúe así:

Lugo: 14.480 ha, das que 5.700 corresponden ó sector central da montaña lucense (Baleira, O Incio, Nogueira de Muñiz, Samos e Becerreá).

2.230 ha situadas no sector meridional (Folgozo do Courel e Quiroga).

6.000 ha na meseta lucense (Paradela, O Saviñao, Guntín, Taboada, Chantada, Monterroso e Antas de Ulla) e no norte de Lugo (Cerdido, Alfoz, Mondoñedo e Riobarba).

Para a provincia de Ourense consígnase unha superficie de 14.209 ha para os castiñeiros de froito, que se distribúe así:

6.160 ha no extremo leste (Rubiá, O Barco, Vilamartín, A Rúa, Larouco, O Bolo, Viana e A Gudiña).

8.000 ha nas ribeiras do río Sil (Castro Caldelas, Parada de Sil, a cubeta de Paderne de Allariz e Maceda, Vilar de Barrio, Laza, Celanova e Bande).

Os castiñeiros forman parte da mesma esencia de Galicia. Renunciar a eles é nega-la propia identidade galega. Castiñeiros de Catasós (Lalín)
(E. Viéitez C.)

Da provincia de Pontevedra non atopamos datos referentes á superficie actual que ocupa o castiñeiro. Moi abundante a finais do século pasado e comezos do XX, hoxe redúcese practicamente ó partido xudicial de Lalín nos seus concellos de Dozón, Rodeiro, A Golada, Cruces e Lalín, onde chega a formar bosquetes de relativa importancia. No resto da provincia o castiñeiro aparece illado, máis ben como árbore de froito, observando que hai un crecente número de castiñeiros.



A masa de castiñeiros en Galicia, concéntrase nos límites de Galicia con León e Asturias, aparecendo despois masas escasamente significativas na parte central, un 4-12% da superficie agrícola utilizada, fronte ó 10-26% no sector central da montaña lucense, o 12-32% no sector meridional e o 5-23% na zona oriental da provincia de Ourense.

En Galicia a actividade forestal adquire unha notable relevancia, onde ocupa unha superficie de aproximadamente o 67% (Gonzalo Fernández, 1993). O castiñeiro ten unha senlleira importancia dentro da diversidade forestal desta rexión polo seu significado ecolóxico, social e cultural; a importancia da súa madeira, clasificada como nobre, da que a UE é crecentemente deficitaria; os seus froitos, dos que Galicia é o primeiro produtor de España, superan o 50% do total; a produción de fungos comestibles resultante das micorrizas ectotróficas do castiñeiro; a mellora da fertilidade do solo; o seu impacto na vida da fauna silvestre, da que os froitos do castiñeiro forman parte da súa cadea trófica. Son todos eles aspectos que apoian a importancia do castiñeiro e a necesidade de potencialo como elemento mellorador do contexto ecolóxico, reclamado cada vez con maior insistencia por unha sociedade cada vez máis sensibilizada co seu contorno natural.

As pesimistas expectativas da produción das tradicionais madeiras nobres tropicais están creando a necesidade de potencia-la produción doutras madeiras nobres, entre as que a do castiñeiro ocupa un lugar privilexiado tanto pola calidade e fermosura coma pola longa duración.

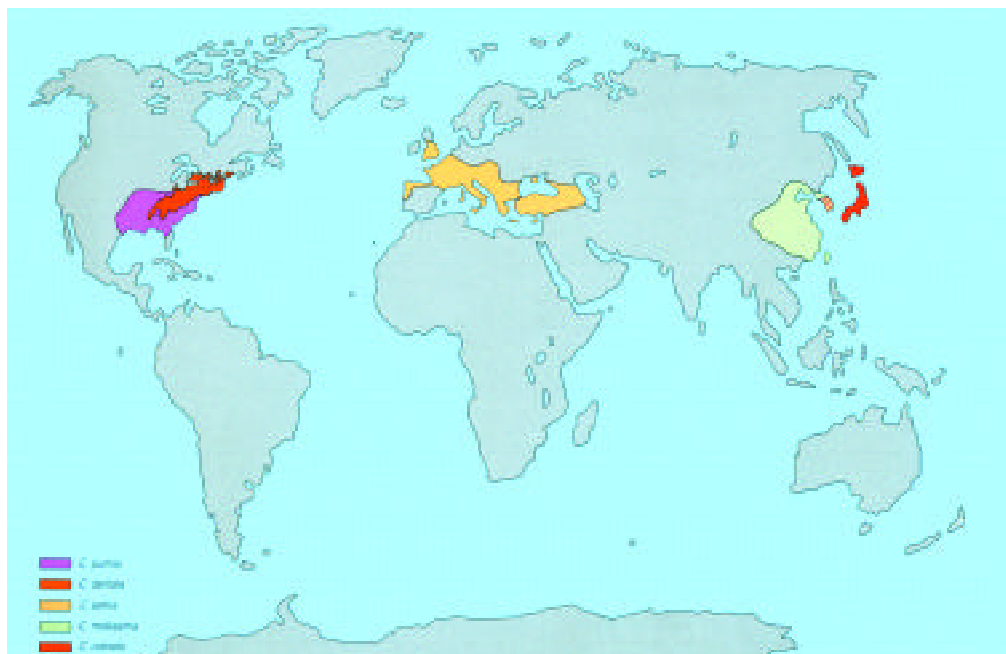
A reordenación do sector agrario nos países da Europa Comunitaria implica o abandono de grandes superficies que tradicionalmente se dedicaron á agricultura. As boas condicións do castiñeiro fan que sexa un dos cultivos idóneos para estas terras, aumentando así a súa superficie forestal, neste caso co moi grande valor ecolóxico, económico, cultural e paisaxístico que supón o castiñeiro.

Este aproveitamento dos terreos excedentarios de cultivo agrícola nos países comunitarios, especialmente no caso de España, obrigará á administración a incrementa-la produción de castiñeiros para poder atende-las crecentes demandas que o aproveitamento forestal destes terreos levará consigo.

A PRESENCIA DO CASTIÑEIRO NO MUNDO

SISTEMÁTICA

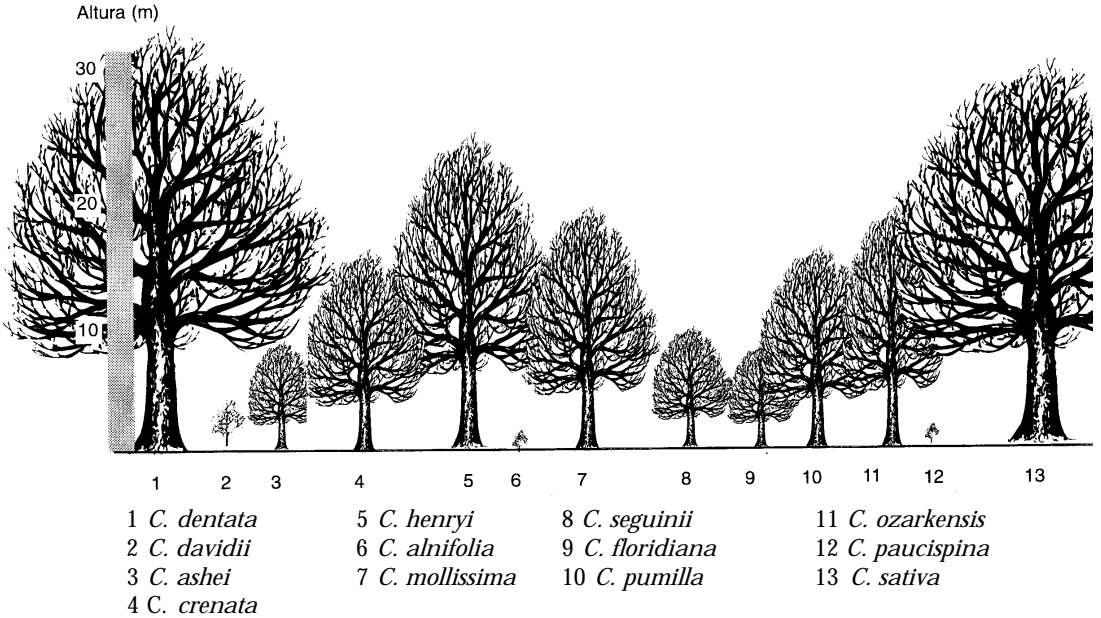
O castiñeiro está incluído no xénero *Castanea Miller*, forma part da familia *Fagaceae*, á que tamén pertencen os xéneros *Fagus*, *Quercus* e *Castanopsis*. Árbores nobres como castiñeiros, carballos e faias aparecen nunha mesma familia botánica.



Das trece especies de castiñeiros que hai no mundo, cinco están en Asia Oriental (*Castanea henryi*, *Castanea mollissima*, *Castanea crenata*, *Castanea seguini* e *Castanea davidii*); sete en

América do Norte (*Castanea dentata*, *Castanea ozarkensis*, *Castanea pumila*, *Castanea floridiana*, *Castanea paucispina*, *Castanea alnifolia* e *Castanea ashei*). En Europa hai unha soa especie de castiñeiro (*Castanea sativa*), que é o castiñeiro común ou castiñeiro europeo.

CASTANEA SATIVA, Miller (1768); *Fagus castanea* L., Lamk (1783); *Castanea vesca*, Gaertn (1788); *Castanea vesca*, Karsten (1882).



Altura máxima dos
castiñeiros

(Modificado de Bazzigher e
col., 1982)

Árbore de 15-20 metros, que pode chegar ós 30 de altura e a 6-10 metros de circunferencia ou mesmo ós 22 metros. O seu porte cambia segundo as condicións de crecemento. Presenta un tronco esvelto cando medra en formacións pechadas, podéndose erixir maxestosamente, coa copa pouco ramificada; constitúe unha das maiores especies arbóreas do país. Pero cando medra illado, o seu tronco é máis ou menos sinuoso, moi ramificado e forma unha copa de tendencia esférica, conferíndolle un aspecto distinto ó anterior. A acción antrópica, motivada polo aproveitamento das pólas para a produción de leña, madeira e de castañas, deu lugar a un castiñeiro demoucado típico de certas rexións como Galicia.

As pólas novas son de cor avermellada ou castaña olivácea; angulosas cando medran vigorosamente e redondas se o fan de vagar, provistas de pelos disciformes, ás veces de aspecto purpúreo.



Finalmente fanse glabras, coa casca gris verdosa, con lenticelas alongadas esbrancuxadas ou grisáceas.

O castiñeiro do país ten a copa máis ou menos esférica (F. J. Viéitez M.)



Troncos con casca gris, ás veces esbrancuxada, máis ou menos escura, continua nos castiñeiros novos. Co crecemento comezan a fender, debido á formación do peridermo interno e á aparición dun retidoma grosso, persistente, de cor castaña escura e que cos anos se fai profundamente fisurado lonxitudinalmente



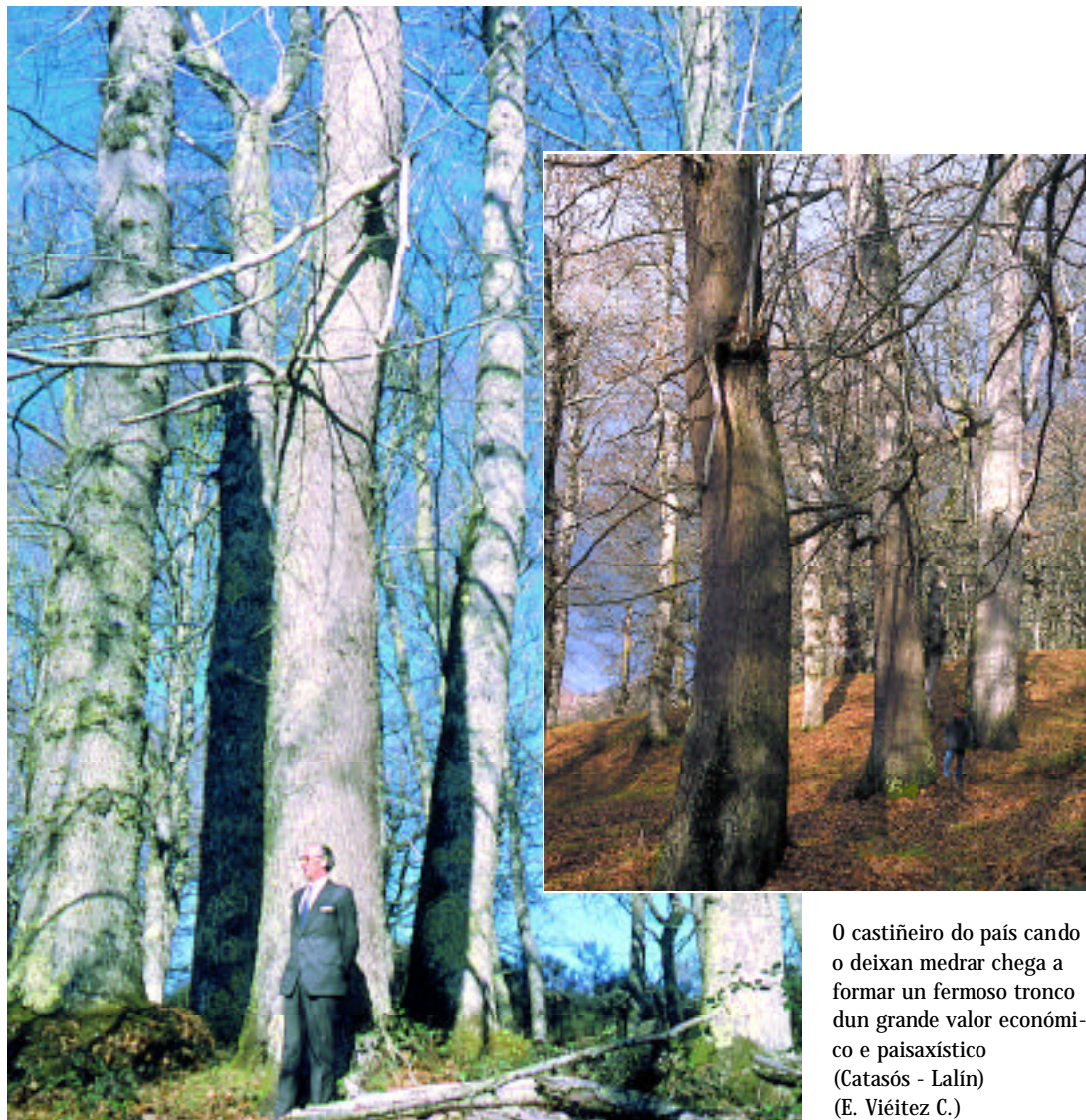
Castiñeiro demoucado
centenario na zona de
Escairón (Lugo)
(E. Viéitez C.)

en sentido vertical, ás veces en espiral, chegando a darlle unha singular beleza ó tronco.

O castiñeiro europeo medra ben ata os 70-80 anos, máis lentamente despois e pode vivir varios séculos. Fructifica ós 12-18 anos cando medra illado e ós 20-25 nos bosques. Castañas de cor variable segundo a variedade, marrón-castaño máis ou menos claro, brillantes ó saíren dos ourizos. Base placentaria estrelada; netamente diferente da dos castiñeiros chineses ou xaponeses.

O castiñeiro europeo presenta unha notable variedade nos caracteres morfolóxicos. Naqueles países onde foron introducidos castiñeiros chineses e xaponeses, as frecuentes hibridacións espontáneas entre os mesmos contribuíron á aparición de castiñeiros con características morfolóxicas moi variables, facendo difícil a súa tipificación.

Independentemente das múltiples formas de castiñeiros híbridos, o castiñeiro europeo presenta numerosas variedades culturais, que cita Camus (1929) na súa obra sobre o castiñeiro. Exemplos dos mesmos son a var. *fastigiata*, de porte de ciprés, con frecuencia cultivada en xardíns; var. *aureo-maculata*, var. *argenteo-variegata*, var. *purpurea*, coas follas púrpuras no verán e cobreadas no outono; var. *cochleata*, de follas crispadas, ampolada en forma de culler; var. *heterophylla*, de follas laciniadas; var. *dissecta* e var.



O castiñeiro do país cando o deixan medrar chega a formar un fermoso tronco dun grande valor económico e paisaxístico (Catasós - Lalín) (E. Viéitez C.)

quercifolia. Todas estas variedades utilízanse como ornamentais en xardinería.

Outro exemplo de diversidade de castiñeiro europeo témolo na que denominamos var. *Nana*, descuberta por E. Viéitez hai uns anos. Foi producida por unha mutación espontánea de *Castanea sativa*. Apareceu entre varios milleiros de plántulas nun sementeiro das parcelas de experimentación do Instituto de Investigacións Agrobiolóxicas de Galicia, (CSIC) de Santiago de Compostela. É unha variedade ornamental de mata baixa hemisférica que ós 30-35 anos non supera 1,5 metros de altura. A mutación afectoulle tanto ó fenotipo coma ás características fisiolóxicas-histolóxicas, presentando

un fácil enraizamento das súas varas, o que non fai o castiñeiro europeo. Carece de inhibidores de enraizamento. Non dá flores.



Variedade Nana de castiñeiro do país ós doce anos

CASTANEA DENTATA, Borkausen (1800); *Fagus wangenheim* (1780); *Fagus castanea dentata*, Harshall (1789); *Castanea vesca wida* (1890); *Castanea vesca americana* (1803); *Castanea americana*, Rafinesque (1836); *Castanea vulgaris*, var. *americana*, A. DC. (1864); *Castanea vulgaris*, var. *americana*, Sargent (1989).

Árbore que chega ós 30-35 m, troncos erguidos, dereitos de 1-1,13 m de diámetro, podendo chegar a 3,5 m, casca do tronco de 2-2,5 cm de grosor, de cor castaña escura ou grisácea, dividida en canles estreitas, con frecuencia interrompidas, que se separan na superficie en pequenas escamas delgadas. Follas oblongo-lanceoladas, agudas longamente acuminadas no ápice, atenuadas ou cuneiformes na base; longas, 15-25 cm de longo por 4-5,5 cm de ancho, delgadas en estado adulto (con frecuencia máis delgadas cás de *C. sativa*) e máis brillantes, pero firmes, verde escuro e glabras no revés; un verde un pouco máis pálido polo envés, glabras ou con escasos pelos tectores ó longo dos nervios no envés; beiras grosamente dentadas-serradas, cos dentes ascendentes, agudos, un pouco arqueados; pecíolo robusto, pulverulento ou glabro, de 1-1,5 cm de longo; con frecuencia avermellado sobre todo cando é novo. Froito pouco diferente do de *Castanea sativa*, pero máis curvado, longamente atenuado no ápice, moi tormentoso. As castañas son máis doces cás de *C. sativa*.



Para algúns botánicos *C. dentata* non é máis ca unha variedade de *C. sativa*, do que difire polas súas xemas máis agudas; as súas follas máis delgadas, máis estreitas, atenuadas na base e glabras polo envés; os seus froitos máis puntiagudos, co pericarpio máis tomentoso por fóra, e as castañas máis doces. Fructifica ós 25 anos.

CASTANEA CRENATA, Sieb. et Zucc (1846); *Fagus castanea*, Thunb (1784); *Castanea vesca*, Blume (1825); *Castanea vesca pubi* -

O "Great Smokey Mountain", en Carolina do Norte, nos Estados Unidos, un testemuño do castiñeiro americano (*C. dentata*) (Cortesía de The American Chestnut Foundation)

nervis, Hasskl (1844); *C. chinensis*, Hasskl (1844); *C. stricta*, Sieb et Zucc (1846); *C. japonica*, Bennie (1850); *C. vulgaris*, var. *elongata subdentata*, A. DC. (1868); *C. vulgaris*, Franch et Savat; *C. pubinervis*, Sarent (1896); *C. vulgaris*, versión *japonica*, Shirasawa (1900); *C. sativa*, var. *pubinervis marina* (1900); *C. pubinervis*, Schneider (1904).

O castiñeiro xaponés. Posúe numerosas variedades, non menos de dezanove, das cales destaca, polas súas castañas grandes, a variedade *Tamba*, na que, pola súa vez, se distinguen: *Tamba gury*, *Tamba lun gury*, *Tamba guri okuté*, *guri noki* e *guri noki-osaya*.

É unha árbore menos vigorosa e máis baixa ca *Castanea dentata* e ca *Castanea sativa*, chegando ata os 15 metros. Tronco de 3-5 m de circunferencia, coa casca marrón, fisurada lonxitudinalmente, bastante profunda. As follas son oblongo-lanceoladas; longas de 9-15 cm e 3-3,5 cm de ancho, redondeadas na base e acuminadas no ápice; moi brillantes no anverso das follas adultas, co envés glabrescente. Son máis estreitas cás follas de *Castanea sativa*, sinuosas-creneladas e non dentadas-serradas, coa base obtusa ou subcordada, non cuniforme e o nervio medio peloso na superficie inferior. Os froitos máis redondeados no ápice e cicatrices placentarias groso-granuladas. Florece ós 2-4 anos.

CASTANEA MOLLISSIMA, Blume (1850); *Castanea vesca*, Bunge (1833); *Castanea bungeana*, Blume (1850); *Castanea vulgaris*, Hance (1872); *Castanea vulgaris*, var. *yunnannensis*, Franchet (1899); *Castanea sativa*, Skan (1899); *Castanea sativa alfa typica* Seemen (1900); *Castanea dulclouxii*, Dode (1908); *Castanea crenata*, Henry (1909); *Castanea sativa*, variedade *mollissima*, Pomponini (1910).

Árbore que chega ós 20-25 m en China. Tronco de 1-2 m de circunferencia; casca fisurada, ramas novas pubescentes esbrancuxadas. Follas elípticas, anchas, ovaladas, atenuadas e redondeadas; ás veces asimétricas na base, brevemente acuminadas no ápice, con frecuencia bastante ríxidas. Lonxitude 14-20 cm, ás veces 25 cm, ancho 5-7 cm, raras veces 9 cm, moi variables de medida e de forma, follas novas moi sedoso-esbrancuxadas no envés, as superiores co revés verde escuro. Superficie glabra excepto no nervio medio, cara inferior máis pálida, moi esbrancuxada. As follas máis vellas con envés glabrescente, castaño-avermelladas brillantes, con frecuencia glabras na base, sedosas no ápice, de 2-3 cm de diámetro. Cicatriz placentaria grande, rugosa pero non tanto coma en *C. crenata*.

O CASTIÑEIRO COMO ÁRBORE ANTIGA

O xénero *Castanea*, o castiñeiro, existiu antigamente en rexións de América setentrional, de onde desapareceu. Atopouse nas rexións árticas de Europa e Asia, un pouco ó norte da súa actual área de dispersión xeográfica.

Trátase dun xénero sumamente vello, moito máis có xénero *Homo*. Para Rutter (1987), o castiñeiro diferenciouse dos outros xéneros da mesma familia, carballos e faias, hai 43 millóns de anos. É un dos fósiles máis frecuentes que apareceron no parque nacional de Yellowstone (EE UU); onde adoitan aparecer troncos de castiñeiros petrificados, mesturados con outros de magnolios, loureiros e metasequoias. É un xénero que sobreviviu a moitos desastres do pasado, aínda que no caso do castiñeiro americano, *Castanea dentata*, practicamente desapareceu recentemente arrasado pola enfermidade do cancro do castiñeiro, considerada polos fitopatólogos como unha das máis destrutivas sufrida polo mundo.

O xénero *Castanea* actualmente atópase en América setentrional, Europa, Asia setentrional, China, Corea e Xapón. Procede de especies cunha área de dispersión, durante o Terciario, que era moi grande; moito maior cá que actualmente presenta o castiñeiro no mundo. Camus (1929) menciona abundante información paleobotánica sobre o castiñeiro. A pesar dos anos transcorridos desde que publicou a súa maxistral obra, moitos dos seus datos son de vixente actualidade, polo que non dubidamos en facer uso dos mesmos.

Entre os fósiles da flora ártica de Gronlandia setentrional e de Alaska, pertencentes ó Terciario medio, no Eoceno, Camus menciona a presenza de restos dun castiñeiro, o *Castanea ungeri* Herr, que se considera como antepasado do actual castiñeiro, *Castanea sativa* Mill. Dato interesante daquel castiñeiro é a súa notable afinidade con *Castanea pumila*, de Norteamérica. En Asia, ó norte da área actual dos castiñeiros, o chinés *Castanea mollissima* e o xaponés *Castanea crenata*, apareceron fósiles dos seus antepasados.

En Europa, no Terciario de Silesia, mencionouse o xénero *Castanea*. No depósito de Bournemunth, pertencente ó Eoceno, apareceron uns fósiles de castiñeiro, parecidos ó *Castanea pumila*, atopado no Mioceno de Armisan. No ámbar de Samland atopáronse inflorescencias de castiñeiro e no depósito de Atanekerluk apareceron unhas follas que lembraron ás de *Castanea sativa*.

Hai tendencia a admitir que as formas do castiñeiro do Terciario que máis se parecen ó actual *C. sativa* son *Castanea kubin - yi* e *Castanea ungeri* Herr, cuns restos fósiles que foron atopados en

terreos do Terciario de Francia meridional, Croacia, Hungría e Italia.

O arrefriado do clima, motivado polas glaciacións, obrigou ó castiñeiro a facerse máis meridional, refuxiándose naquelas zonas da conca mediterránea nas que non foi destruído na época glacial. Ó final do período Cuaternario, ó se face-lo clima máis favorable, o castiñeiro recuperou unha parte da súa primitiva área potencial, pero dunha maneira moi lenta, debido a que o peso das castañas non permitiu a súa diseminación a grandes distancias. Só despois de longos anos logrou chegar ata os seus actuais límites setentrionais, moi inferiores ós que tiña antes das glaciacións.

O castiñeiro europeo, ¿é indíxena ou foi introducido polo home? É unha pregunta común a moitos países do noso continente que forman a área de distribución xeográfica do castiñeiro. Escribiuse moito sobre a dúbida que suscita a resposta a esta pregunta. Non semella fácil atopar unha resposta que satisfaga a tódolos estudiosos do castiñeiro.

Elorrieta (1949) considera que moito antes da fundación do Imperio Romano eran coñecidos os castañas de Grecia, Italia e das rexións norte e noroeste de España e non entende facilmente que con anterioridade se puidera difundir-lo castiñeiro por cultivo artificial en tan grande escala. Considera que as castañas, polo seu volume e difícil conservación, non podían ser exportadas a grandes distancias en boas condicións para a sementeira, nas longas viaxes a que obrigaban daquela as dificultades e os medios de transporte en uso.

Distinguir entre a área primitiva do castiñeiro en Europa e a actual non é fácil. O intenso cultivo a que foi sometido o castiñeiro complicou moito a resposta.

Pitte (1986) chega a afirmar que en Europa occidental non existiron poboacións de castiñeiros sen a intervención do home e que, probablemente, en estado natural existiu como unha especie froiteira diseminada nos bosques franceses, pero non como unha especie social como é o carballo.

Por outra banda, non hai dúbida de que o cultivo do castiñeiro procede de Oriente Próximo, concretamente de Transcaucasia, sendo primeiro os gregos, e os romanos despois, os que contribuíron grandemente á expansión do castiñeiro, particularmente a través do vasto imperio romano.

Hai quen admite que a expansión da vide en Europa supuxo a do castiñeiro e para cultivala cumprían paos ou estacas de madeira desta árbore. Foi durante a Idade Media cando se produciron grandes

plantacións de castiñeiros, nas rexións vinícolas de Francia e Italia. Sen embargo, Camus (1929) fálanos da existencia de exemplares milenarios anteriores á época romana. O famoso castiñeiro de Sant'Alfi (Catania) podería ser un destes exemplos, coa súa lonxevidade de 3.000 ou máis anos.

Bourgeois (1992) indica que o pole do castiñeiro (*C. sativa*) se pode atopar no Mioceno sobre a casca do carballo, que desapareceu da maioría das rexións de Europa, empuxado polas glaciacións cara ó sur, onde se refuxiou ata a fin do Cuaternario. As análises polínicas de materiais anteriores ó século XVI e as actuais fan pensar que o castiñeiro non era abundante antes desta época.

Esta autora apoia os seus argumentos, en boa parte, no feito de que os galos veneraban o carballo como árbore alimentaria. Se o castiñeiro, considerado como “árbore do pan”, fora abundante nestas zonas, o lóxico sería pensar que fose obxecto de culto. Para Pitte (1986), a ausencia de culto ó castiñeiro sería unha proba de que non era corrente esta árbore. Córsega, que ten unha poboación de castiñeiros importante, tampouco se libra da dúbida sobre a súa orixe, aínda que Litardiere e Malcuit (1926) o consideran autóctono.

En Italia, onde o castiñeiro é moi abundante, considérase espontáneo en certas rexións. É posible atopar poboacións puras na Toscana e en Sicilia. No Tirol forma bosques pechados nos vales do Estch e de Eisach, así como ó lado de Fiume e Castel Nuovo. En Alemaña o castiñeiro ten aparencia de ser espontáneo nalgunhas abas da Selva Negra, no Palatinado e no Hardt preto de Dúrkeim, en Neustadt. Non hai reparos en consideralo espontáneo en Moravia, Corinthia, Istria, Croacia, Eslovenia, Bosnia occidental, Dalmacia e Transilvania (Camus, l.c.).

A pesar da gran vinculación do castiñeiro coa cultura galega, coa mesma Galicia, xurdiron dúbidas sobre o seu carácter autóctono nesta rexión.

Castiñeiros e carballos, irmandados taxonomicamente, parecen separarse cando se considera o carácter autóctono destas árbores. Non parece existi-la menor dúbida de que os carballos son indíxenas na nosa terra; mentres que algúns autores queren facer do castiñeiro unha árbore que lle debe a súa presenza en Galicia á dominación romana; deixando sen disipar unhas dúbidas que curiosamente tamén xorden en moitos dos países europeos da área do castiñeiro.

En Asia Menor, que é considerada como o berce do castiñeiro, non faltan os que afirman que tamén foi introducido polos romanos,

igual que fixeron nos outros países europeos da área do castiñeiro; a pesar da existencia no seu día de formacións tan densas coma pechadas, cunha orixe que non se explica senón admitindo que son indíxenas.

Os romanos contribuíron ó espallamento do castiñeiro fomentando grandemente o seu cultivo e con iso a súa expansión. Quizais vendo que medraba ben nos países que ían conquistando, tiraban ensinanzas para mellora-la súa explotación. Pero estes feitos non se poden considerar como excluíntes do carácter autóctono do castiñeiro en Galicia, cunha cultura, costumes e tradicións ós que aparece unido desde tempos inmemoriais.

Os que consideran que en Galicia o castiñeiro non é un componente do bosque autóctono, senón que foi introducido polos romanos, apoian as súas afirmacións fundamentalmente nos resultados de análises polínicas. Estas poderían ser obxectables por diversos motivos. Un, foron as primeiras que se fixeron en España (Bellot e Viéitez, 1945). Igual ca outras identificacións paleobotánicas, a do pole fosilizado implica un certo grao de incerteza. O grao de fiabilidade destas probas é directamente proporcional ó grao de probabilidade da súa corrección.

O carácter non autóctono do castiñeiro en Galicia sería consecuencia da ausencia do seu pole nuns espectros polínicos, nos que aparecen principalmente carballos, bidueiros e amieiros, e non o castiñeiro. Aínda que tecnicamente a análise polínica fose irreprochable, pode dar resultados erróneos (Erdtman, 1943).

Carballo, bidueiro, amieiro, piñeiro, etc., son especies anemófilas productoras de grandes cantidades de pole, que é espaxado a moita distancia polo vento. Así, por exemplo, unha teca dun estame de *Quercus sessiliflora* produce 41.000 grans de pole; *Fagus silvatica*, 12.000; *Acer plantanoides*, 8.000; *Rumex acetosa*, 180.000; *Secale cereale*, 43.000; un estróbilo masculino de *Pinus silvestris*, 158.000; *Pinus nigra*, 1.480.000; *Picea excelsa*, 590.000.

En mostras de turba tomadas na illa Faroe, Jansen e Rasmussen (1922) atoparon pole de *Alnus*, *Betula*, *Corylus*, *Pinus* e *Tillia*. Árbores que non medran nestas illas nin existiron durante a época posglacial. Admitiuse que o pole puido proceder de Escocia, a 420 km, ou de Islandia, a 430 km. Malsmton (1923) indica que o pole de *Picea* chega ata 700-1.000 km desde a súa orixe.

Nas illas Chatham, ó leste de Nova Zelandia, o pole de *Podocarpus* e *Dacrydium* representaba o 1-2% do pole contado, aínda que actualmente non existen estas árbores nestas illas (Erdtman,

1943). Isto fai pensar que proceden de Nova Zelandia, a máis de 700 km de distancia. O mesmo autor cita na Península do Labrador moitos grans de pole de *Pinus banksiana* e *Picea mariana*, que non existían nesta península, admitindo que procedía de América, a 1.000 km ou máis de distancia.

Nos diagramas polínicos de sedimentos do Cuaternario da Terra Chá (Lugo), realizados por Ronnie, Rego e Aira Rodríguez (1992), a presenza do pole de cereais e da nogueira, castiñeiro e piñeiro galego é interpretada como signo da antropización do medio, que sitúan nun momento anterior ó 3000 - 2500 B.P.

As análises polínicas realizadas en Galicia por Von Muwick (1985) permítenlle chegar á conclusión de que, entre os principais taxóns compoñentes do bosque do Holoceno galego, hai que situalo carballo e maila abeleira. O castiñeiro, os cereais e o piñeiro considéranos sinantrópicos, indicadores da actividade humana, situando ó castiñeiro en torno ós 1510 B.P. Díaz Losada e os seus colaboradores (1990) sitúan a fase de cultivo do castiñeiro cara ó 1580 B.P., coincidente coa máxima deforestación e cultivo do piñeiro.

Zoller (1961) estima que en Suíza a antigüidade do castiñeiro pode calcularse sobre 2.000 - 4.000 anos B.P. No Neolítico hai achados de pole de castiñeiro no Lago d'Orixio (Suíza), pero acéptaos como impurezas. Sen embargo, considéranos como representativos a principios da Idade de Ferro.

Máis dun autor salienta a dificultade de interpretación da análise polínica aplicada ó castiñeiro. Paillet (1994) destaca, en primeiro lugar, o feito de que o castiñeiro non aparece fielmente representado no pole dos sedimentos laustres e de turbeiras. Este autor, xuntamente con Winkler Janford (1991), comprobou que a porcentaxe de pole de castiñeiro atopado nestas circunstancias representa moi por debaixo a poboación real de castiñeiros nos bosques máis próximos, situados en terras altas.

A efectos da análise polínica aplicada ó castiñeiro, Paillet (1994) estima conveniente calibrar as poboacións desta árbore nunha escala que fluctuase desde 1-2%, que correspondería ó transporte a longa distancia, e 10-15% do castiñeiro como dominante do bosque na área productora do pole.

Os resultados de Foster e Zebrik (1993), que son un bo exemplo do emprego da análise polínica na reconstrución da ecoloxía do castiñeiro nos bosques prehistóricos, claramente destacan como esta árbore aparece mellor representada nos depósitos formados debaixo dos castañais de áreas pequenas ca nas grandes áreas.

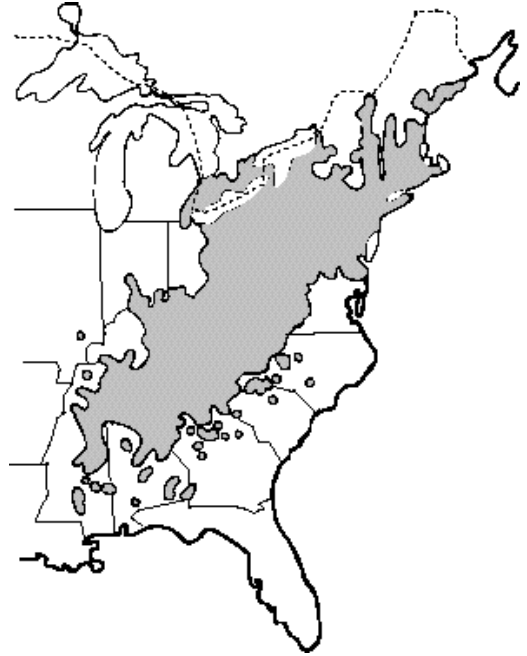
estados, constituíndo unha das especies máis importantes dos montes Apalaches antes de ser arrasado polo cancro do castiñeiro. A superficie ocupada polo castiñeiro americano era de, aproximadamente, 1.000.000 km² (Bazzigher et al., 1982).

O castiñeiro americano penetra en Canadá, onde ocupa unha pequena área comprendida entre os lagos Eire, Huron Saint Clair e Ontario. Pódese considerar como unha prolongación da área do castiñeiro norteamericano, do estado de Nova York.

Castanea mollissima, ou castiñeiro chinés, estende a súa área xeográfica de dispersión desde Corea ata Laos, aproximadamente entre os paralelos 42° e 21°. En China é onde ten a súa maior representación, medrando espontaneamente ou cultivado, desde as provincias de Hebei e Shanxi, no norte, ata as de Yunnan, Guangxi e Guangdong, no sur. O límite occidental da área do castiñeiro en China vén marcado polas provincias de Shanxi, Henan, Hubei, Hunan, Guizhon e Yunan. A parte oriental fórmana as provincias de Shandong, Jiangsu, Zehijian, Fuijan e Guangdong. Aproveítano polos seus froitos e maila madeira aínda que o consideran unha árbore sagrada e plántano nos pagodes. En China tamén hai *C. Henryi*, usado para producir madeira.

Castanea crenata, ou castiñeiro xaponés, en Xapón é espontáneo entre os paralelos 30° sur e os 40° norte. Particularmente denso nas zonas montañosas das provincias centrais, sen chegar a formar verdadeiros bosques na illa de Honshu; tamén se atopa nas illas de Shikoku e Kyushu, onde é cultivado o mesmo ca no resto de Xapón.

Este castiñeiro penetra en Corea do Norte e en China Oriental.



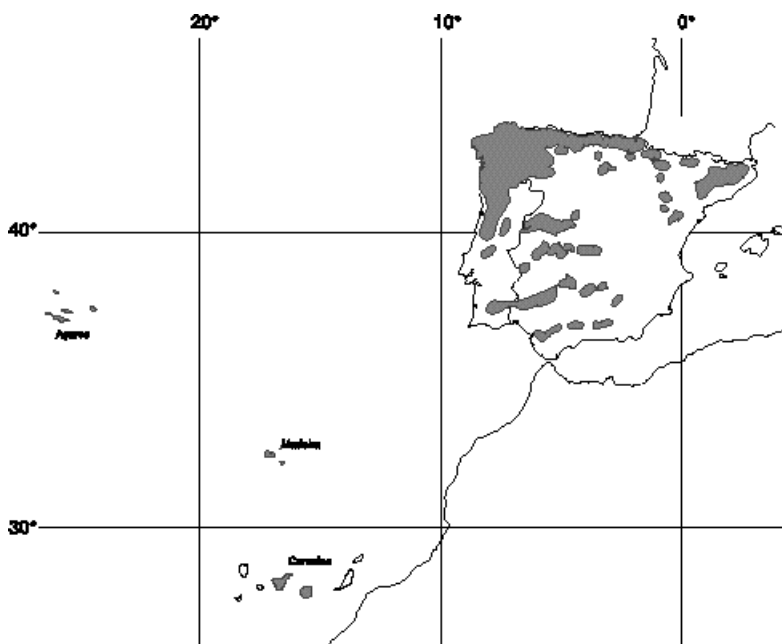
Área do castiñeiro americano (*Castanea dentata*) en Norteamérica e Canadá



O CASTIÑEIRO EN ESPAÑA

As principais zonas de castañaís en España redúcense a catro grandes núcleos, dos cales o máis importante chega desde o val de Baztán, en Navarra e no río Bidasoa, por todo o litoral norte e noroeste, ata o río Miño, con ramificacións nas comarcas limítrofes de León e Zamora. No centro esténdese polas provincias de Ávila, Cáceres e Salamanca, cunhas formacións de castiñeiros que chegan ós sopés do sur de Gredos, seguindo o curso do río Tiétar e do val do Jerte. Finalmente, acaban enlazando cos castañaís das serras do Piornal e de Gata. En Andalucía atópanse dous núcleos diferenciados: Serra Morena (provincias de Córdoba, Sevilla e Huelva), coas 600 ha de castañaís de froito da Serra de Aracena; e o núcleo no Sistema Penibético, en manchas na Serranía de Ronda e en Serra Nevada (Valle de Lanjarón, provincia de Granada), onde os castiñeiros medran entre os 900 e os 1.400 m de altitude.

Área de distribución do castiñeiro (*Castanea sativa*) na Península Ibérica e illas



Segundo Berrocal del Brío e colaboradores (1998), os castañaís españois na actualidade ocupan unhas 126.000 ha (fronte ás 140.000 ha de hai 30 anos), das que cerca da metade son de monte baixo, arredor dun 40% cultivadas para froito e só un 10% a monte alto.

Molina (1984) escribe: a “extensión ocupada en España polo castiñeiro, en masas puras, é de 127.000 ha; sendo a rexión máis poboada Asturias con 48.000 ha, seguida de Galicia con 29.000 ha,

Andalucía con 14.000 ha, Castela e Cataluña con 12.000 ha cada unha”.

En 1984 Fernández Lamuño indicaba que o número total de pés de castiñeiros estimados para Asturias era de 47.544.428 (clase diamétrica a partir de 10 cm), cun volume de madeira con casca de 5.684.444 m³ e un crecemento anual medio de máis de 5.500.000 m³. Ademais, había 1.500.000 castiñeiros demoucados, cun volume de 1.343.985 m³ e un crecemento anual de madeira de 12.725 m³.

O *Segundo Inventario Forestal Nacional (1986-1995)* consigna para Asturias unha superficie de castañaís de 58.433,41 ha.

No País Vasco o castiñeiro practicamente desapareceu da súa paisaxe durante os 70 últimos anos. A súa importancia derivou das castañas que, xunto co leite, foron os alimentos máis comúns da poboación vasca durante longo tempo. O nome en éuscaro do castiñeiro, “Gaztain ondo”, salienta o seu papel na alimentación vasca, xa que o sufixo “ondo” se usa para nomear aquelas árbores susceptibles de produciren froitos comestibles.

Elorrieta (1949), que era vasco e moi bo coñecedor do castiñeiro no seu país, considerou que a principal causa da desaparición das masas frondosas autóctonas no País Vasco había que llela atribuír a factores económicos, como a minería, as ferrerías, a expansión da agricultura e a acción descontrolada do gando, acentuado todo isto polos ímpetus desamortizadores dos bens comunais que percorreron o país.

Na actualidade o castiñeiro reduce a súa presenza a pés soltos, vellos e de pouca vitalidade, pés novos debaixo dos repoboamentos con piñeiro radiata, ou nas beiras dos camiños os xermolos de vellas cepas abandonadas competindo co resto da maleza. O abundante rebrote de cepa dentro dos repoboamentos doutras especies evidencia a resistencia do castiñeiro a desaparecer da paisaxe do País Vasco.

En Navarra, Puertas (1984) sinala que as 50.000 hectáreas que conformaron a primitiva área do castiñeiro se reduciron á décima parte. Atribúelle esta regresión á enfermidade da tinta. Hai que lle engadi-la do cancro do castiñeiro, que no 1982 se detectou de forma virulenta nas concas dos ríos Alzania e Araquil, así como tamén nos montes de Bidasoa, Berroaran e Bertiz-Arana, en pequenas masas puras de castiñeiros, e no val de Baztan.

Cataluña é a rexión que máis atención lle prestou ó cultivo forestal do castiñeiro e desde moi antigo data a constante preocupación dos propietarios para melloraren o seu cultivo e aumenta-los

aproveitamentos, principalmente a produción de doelas e aros, hoxe practicamente en desuso.

O castiñeiro ocupa en Cataluña 21.000 hectáreas, que para Ribot e Mataró (1984) se localizan nesta rexión case exclusivamente nos aveseados da cordilleira Transversal e na zona do Montseny e nas Guillerías, entre os 300 e os 1.000 metros de altitude.

A tradicional explotación dos castañais cataláns é como monte baixo regular, en quendas duns 20 anos e con densidades de plantación de 2.000 a 2.200 pés por hectárea.

O cambio do uso da madeira do castiñeiro, motivado polo abandono da produción clásica de aros e doelas, provocou unha readaptación do cultivo do castiñeiro de monte baixo, alongando as quendas ata os 30-35 anos, previos unha serie de aclareos tendentes a chegar á corta final, cunha densidade duns 500 pés por hectárea, orientados cara á produción de madeira de calidade. Con isto, tras anos de sacrificio cun mercado difícil, logrouse reconverter esta industria introducindo a valiosa madeira de castiñeiro no mercado da construción e da ebanistería.

A LONXEVIDADE DO CASTIÑEIRO

A lonxevidade do castiñeiro é unha das súas propiedades máis notables, podendo chegar a ser milenario. É a árbore de Europa que máis anos pode vivir. No mundo tan só é superada a súa idade por dúas especies: *Pinus aristata*, que cos seus 4.500 anos vive nas Montañas Rochosas, onde é coñecida como “Árbore Patriarca”; e a *Sequoiadendron giganteum*, dos grandes bosques da costa do Océano Pacífico norteamericano, que chega ata os 3.200 anos.

Cos datos que puidemos reunir é posible facer unha lista da lonxevidade de diferentes especies arbóreas, que relacionamos a continuación:

<i>Larix decidua</i>	500 anos
<i>Fagus sylvatica</i>	600 “
<i>Picea abies</i>	600 “
<i>Abies procera</i>	700 “
<i>Olea europea</i>	700 “
<i>Tilia cordata</i>	800 “
<i>Agathis australis</i>	1.200 “
<i>Taxus baccata</i>	1.800 “

<i>Juniperus communis</i>	2.000	anos
<i>Quercus robur</i>	2.000	“
<i>Ficus religiosa</i>	2.500	“
<i>Castanea sativa</i>	3.000	“
<i>Sequoiadendrum giganteum</i>	3.200	“
<i>Pinus aristata</i>	4.500	“

CASTIÑEIROS FAMOSOS

O castiñeiro dos Cen Cabalos

En Europa aínda é posible atopar exemplares de castiñeiros extraordinarios polas súas dimensións, consecuencia da súa lonxevidade. Sen dúbida, o máis notable e famoso de todos eles é o “Castiñeiro dos cen cabalos”. Débelle o seu nome á lenda segundo a cal Juana de Aragón, co gallo dunha visita a Palermo, sorprendida por unha tormenta, gorceuse baixo a copa deste castiñeiro con todo o seu séquito, formado por cen cabaleiros cos seus respectivos cabalos. É o castiñeiro de máis sona de Italia e probablemente do mundo. Está no lugar coñecido por Tre Castagni, en Sant’Alfio, que, situada a 550 m sobre o nivel do mar, é unha deliciosa cidade, a menor da provincia de Catania, cunha envexable arquitectura. Os seus habitantes, desde as terrazas, poden contempla-la costa, desde o estreito de Mesina ata Augusta. Considerada como cidade de viños, dicíase que se se abrisen ó mesmo tempo tódolos barrís a cidade quedaría totalmente asolagada e sería arrastrada ata o mar polo viño envorcado. Os seus habitantes están orgullosos do xigantesco castiñeiro, símbolo da cidade, fundada no XVII. Do seu castiñeiro cóntanse moitas historias sobre santos, raíñas, bos e malos espíritos que se acubillan debaixo das súas pólas.

É a árbore preferida por pintores e gravadores, particularmente estranxeiros; en parte por estar próxima á estrada que conduce ó monte Etna e ser parada obrigada de milleiros de turistas que, movidos polas axencias de viaxes, inclúen este percorrido entre as súas ofertas. A súa fama débese á súa extraordinaria lonxevidade, establecida polos corpos forestais sicilianos nuns tres mil anos, co que se converte no castiñeiro coñecido máis vello do mundo e unha das especies arbóreas de maior lonxevidade. Non faltan autores que incluso lle atribuíron máis anos, como é o caso de P. Pratesi, que lle atribúe de 3.600 a 4.000 anos. Sen embargo, este famoso castiñeiro

é obxecto de controversia por parte de científicos, que non o consideran como un único castiñeiro, senón como un conxunto formado por tres grandes troncos ou fustes, de 12, 20 e 22 metros de circunferencia; as súas copas forman como unha única copa, cunha base que mide 52 metros de circunferencia. A dúbida e a controversia xorden entre os que sosteñen que aqueles grandes troncos proceden doutros tantos castiñeiros e os que, coma os corpos forestais sicilianos, afirman que están orixinados por unha cepa común, polo que se trata dun único castiñeiro representado por tres troncos independentes de grandes dimensións, cunha orixe que para uns se debe a rebentos independentes formados pola cepa común e para outros serían os restos dun gran tronco primitivo oco no seu interior.

Esta polémica vén de moitos anos atrás. Roggero (1931) fala da “grandísima fama deste castiñeiro, que no século XVI se describía así: a súa figura é dunha elipse de 56 m, o seu diámetro maior é de 20 m e o menor de 12 m. No interior, ó lado da entrada, hai construído un cuarto para garda-las castañas. No lado oposto hai un forno onde se pode cocer pan, e arrimada á cara sur do castiñeiro hai unha construción de pedra sen cemento”.

“Castiñeiro dos Cen Cabalos”, en Sant’Alfio (Catania-Sicilia). (Foto Lucio Bertolotti, do libro *Gli alberi monumentali d’Italia*. Edizioni Abete, Roma, 1989)



Roggero, ante a dúbida de se se trataba dun único castiñeiro ou se eran varios unidos nun tronco discontinuo, escavou ó seu arre-

dor un foxo de medio metro de profundidade e descubriu que estaba “enteiro e unido nunha cepa única”.

O testemuño de Roggero parece apoiar a hipótese de que o “Castiñeiro dos cen cabalos” é unha única árbore con tres grandes troncos. Idea que tamén é potenciada polo testemuño achegado hai 200 anos polo pintor, gravador e científico Jean Houel, quen describe o famoso castiñeiro como de tronco único de grandes dimensións, 52 metros de circunferencia, co interior oco.

Sen embargo, para algúns parece difícil aceptar esta hipótese, xa posta en dúbida en tempos de Jean Houel, 1789, porque os tres actuais troncos están ben definidos. Isto non descarta a idea de que poden ter unha cepa común da que xurdiron os xermolos que darían lugar á formación dos tres troncos independentes. Como é ben sabido, o castiñeiro ten unha vitalidade inesgotable e mentres vive segue formando xermolos en número ilimitado. É unha das grandes calidades do castiñeiro, o que Chapa cualificou como inmortal na clausura do Congreso Internacional sobre o Castiñeiro celebrado en Lourizán (Pontevedra) en 1984. Elorrieta (l.c.) reiteradamente fala da “inesgotable vitalidade do castiñeiro”.

No mesmo monte Etna menciónanse outros grandes castiñeiros coma os da Nava, de 22 m, o da Navotta, de 19 m, e os de Santa Ágata con 22 m e 26 m de circunferencia respectivamente. A rexión de Amiata, tamén en Italia, é citada polos seus castiñeiros notables, como o da abadía dos Benedictinos, de 22,75 m de circunferencia, que se fixo famoso porque á súa sombra o papa Pío II escribiu a bula “E castanea nostra”.

O famoso castiñeiro Tortworth, en Earl of Ducie, do condado de Gloucester (Inglaterra), xa era célebre en tempos do rei Estevo, que ascendeu ó trono inglés no 1135. Coñecido no 1150 como The Great Tree (A grande árbore), atribuíuselle unha idade superior ós 1.000 anos. No 1770 o seu tronco medía 17 m de circunferencia e unha das súas ramas principais tiña 8,5 m. Deste castiñeiro Graves escribía, no 1934, que se conservaba en boas condicións. En Inglaterra tamén foron famosos, entre outros, os castiñeiros de Writtle Park, no condado de Essex, que tiña 13,5 m de circunferencia, e o de Schrubland, que medía 14 m.

En Francia, Camus (l.c.) cita numerosos castiñeiros notables, como o de Pont-l'Abbe (Fistera), de 15 m de circunferencia; o de Chavanne (Alta Savoia) mediu 15 m de circunferencia e 30 de altura; e o castiñeiro de Neuvecelle, preto de Evian (Alta Savoia), de 14 m de circunferencia e 25 de alto.



Castiñeiro de Agua Mansa,
na Orotava (Tenerife)

En Hungría mencionouse o castiñeiro Poschendorf, en Wellen, de 13,5 m de circunferencia. Numerosos castiñeiros, cuns troncos que tiñan unha circunferencia que oscilaba entre os 12 e os 16 m, son mencionados igualmente en Francia, Córsega, etc.

Castiñeiros notables polas súas dimensións tamén se atopan noutros países da súa área. En Portugal, Camus (l.c.) menciona na Serra da Garduña un castiñeiro cun tronco que mediu 18 m de circunferencia.

En España este autor salienta a existencia nas illas Canarias dos castiñeiros de San Mateo, con 14 m de circunferencia, e o castiñeiro dos Órganos no bosque de Agua Mansa da Orotava, a 1.000 m de altitude, con 10,80 m no seu perímetro.

A pesar da regresión do castiñeiro en Galicia, aínda é posible atopar exemplares dignos de mención. A maioría son vellos castiñeiros, centenarios,

demoucados, co seu interior oco pola podremia do seu tronco, consecuencia das malas podas a que foi sometido ó ser demoucado. Sen embargo, ás veces atópanse troncos de extraordinarias dimensións, como os castiñeiros de Catasós, en Lalín; o singular de Vereas, en Ourense, cos seus nove troncos talaes que saen dunha cepa de 10 metros; por recordar algúns castiñeiros singulares.

Foi famoso o castiñeiro de Folgueira, na antiga parroquia de San Cirilo de Recarende, de Sobrado do Picato (Lugo), de 16 m de circunferencia, do que Elorrieta (l.c.) publica unha curiosa fotografía amosando un home co seu carro e parella de vacas no buraco do castiñeiro. Inexplicablemente foi abatido nos anos sesenta porque, segundo os paisanos, producía moita sombra nos cultivos de centeo que o rodeaban.

Na parroquia de San Cristovo de Armariz, concello de Nogueira de Ramuín (Ourense), hai un centenario castiñeiro demoucado de 16 m de circunferencia na súa cepa basal. Costounos localizalo a pesar de que posuíamo-la referencia do mesmo. Despois de varias viaxes atopámolo e fotografámolo co seu dono ó carón. A fotografía foi

publicada nun precioso calendario do castiñeiro que para 1996 fixo Caixa Ourense.

O “castiñeiro de Bembibre” foi famoso polas súas dimensións. Cumprían once homes para poder abrazalo, o que equivalía a uns 20 m de circunferencia; estaba no balneario de Bembibre, do concello de Viana do Bolo, na provincia de Ourense. Seguiu a mesma sorte cós outros castiñeiros centenarios famosos polas súas grandes dimensións. Na Guerra Civil foi abatido e con el desapareceu sabe Deus canta historia do balneario ou do propio lugar, narrada unha e mil veces baixo a sombra acolledora do vello castiñeiro. Segundo referencias de D. Antón Fraguas, foi cortado porque desde unha das súas pólas Otero Pedrayo pronunciou un discurso en favor do Estatuto Galego en 1936.



O castiñeiro do balneario de Bembibre (Ourense)

O castiñeiro de Rozabales e outros

Na parroquia de Rozabales, do concello de Manzaneda (Ourense), hai un castiñeiro non demoucado que, neste tipo, puidera ser dos de maior circunferencia que existen en Galicia. Coñécese



Castiñeiro de Rozabales no concello de Manzaneda, Ourense (E. Viéitez C.)

como o castiñeiro dos Pombariños, debido a que adoita ser lugar de parada de numerosos pombos.

Trátase dun precioso castiñeiro cun gran tronco de 13,85 m de circunferencia, ramificado a 1,9 m do nivel do chan. Polo tamaño das catro grandes ramas que formou, pódese pensar que o seu tronco se ramificou hai varios séculos formando unha gran rama, a maior de 8,70 de circunferencia, dirixida ó norte, da que pola súa vez nacen tres ramas secundarias de 6,0, 4,60 e 4,25 m de circunferencia respectivamente. Cara ó leste dirixe outra rama de 6,30 m de circunferencia, que aparece demoucada a uns 5 m, contados desde a parte superior do tronco. As outras ramas están igualmente recortadas, formando un conxunto de singular beleza, que aparece aumentada pola fermosura do centenario ritidoma que forma a casca. Igual que adoita pasar nos castiñeiros de moita idade, a casca forma debuxos de singular beleza, que varían segundo a parte do tronco.

O castiñeiro dos Pombariños é unha árbore pluricentenaria, pódesele adscribir unha idade duns 1.000 anos, co tronco baleirado pola putrefacción da súa madeira, consumada nos seus séculos de existencia. No seu interior apréciase como unha “rama” nova duns 20-25 de diámetro, que realmente é o tronco dun castiñeiro novo que medrou a expensas dos restos do vello castiñeiro ata fundi-las súas raíces no chan e emerxer como unha rama nova no medio da vella copa do milenario castiñeiro.

O castiñeiro dos Pombariños foi doado á Xunta de Galicia polo seu dono, o Dr. Gabino García, para garanti-la súa conservación. A medida merece os máximos eloxios e agardamos que se estenda ós fermosos castiñeiros e a outras especies arbóreas, particularmente carballos pluricentenarios, que polas súas excepcionais características forman parte do noso patrimonio natural.

No verán do 1993 unha das grandes ramas deste castiñeiro, a inferior orientada cara ó SW, apareceu coa follaxe seca. Pensamos que un acto de incultura, como podería se-lo lume intencionado no seu interior oco, sería a causa. Sen embargo, por quen foi propietario deste castiñeiro, o médico de Manzaneda Dr. Gabino García, podemos saber que o causante daqueles danos fora un raio.

Un castiñeiro demoucado, de 12,50 m de circunferencia, localízámolo na beira esquerda da estrada que une Vilariño de Conso con Soutelo (Ourense). Está inmediatamente despois dunha pequena ponte sobre a canalización de carga do Bao, a uns 2 km escasos de Vilariño. As obras de ensanchamento da estrada enterraron parcial-



“Castiñeiro do Redondo”,
Mendoia (A Pobra de
Trives, Ourense)
(E. Viéitez C.)

mente este castiñeiro. É coñecido como o “castiñeiro da Corredoira” e está en perigo de desaparición.

Próximo a Mendoia, do concello da Pobra de Trives (Ourense), está o “castiñeiro do Redondo”, de 11,10 m de circunferencia.

Moitos foron os castiñeiros famosos que desapareceron da paisaxe galega e a mesma sorte acabaron correndo os que perduran como testemuños elocuentes dun pasado do castiñeiro que está intimamente unido á existencia do propio home de entón, ó que lle subministrou todo, desde alimento ata materiais para face-lo seu propio habitáculo, para a súa tarefa agrícola ou para inspirar ó home no seu quefacer cultural e artístico. Estes fermosos castiñeiros centenarios, que loitan por seguir sobrevivindo para manteren viva a historia do seu glorioso pasado, merecen mellor sorte cá destrución que lles agarda se a administración non o remedia, como é a súa obriga.

Xa fóra de Galicia, no concello de Toreno (León), en plena conca mineira de Ponferrada, que ten un castiñeiro no seu escudo, teño referencias do “castiñeiro de Langre”, de 18 m de circunferencia. Recentes manifestacións do secretario do Concello fixéronnos saber que este castiñeiro foi cortado nos últimos anos. Unha vez máis, exemplares de castiñeiros pluriseculares son destruídos sen que a administración evite o que poderíamos considerar como un espolio do noso patrimonio cultural, en actos desgraciadamente irreversibles, privando así dun legado que estamos obrigados a conservar para as xeracións vindeiras.

Os castiñeiros de Catasós

Na parroquia de Catasós, no lugar de Quintela, a 3 km escasos de Lalín (Pontevedra), e á esquerda da estrada N-551, de Santiago de Compostela a Ourense, hai unha formación arbórea de 4 ha formada por carballos (*Quercus robur*) e castiñeiros (*Castanea sativa*). Estes na súa maioría corresponden a árbores enxertadas, altas, non demoucadadas, dedicadas á produción de castañas e madeira en quen-das non inferiores ós 60 anos.

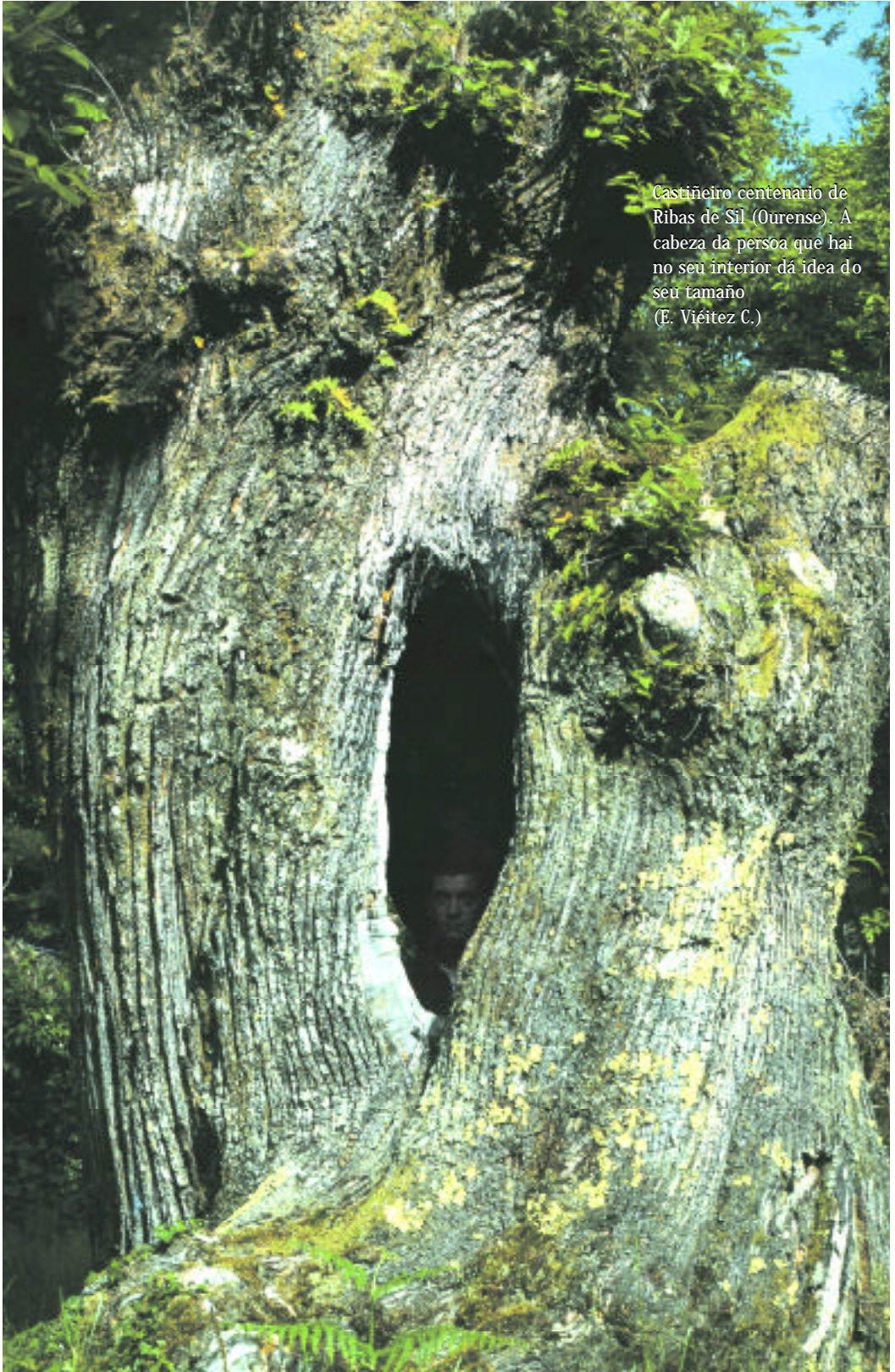
Cara á parte oeste desta formación e a uns 100 m da estrada, nunha pequena valgada, están os famosos “castiñeiros de Catasós” (ou de “Quintela”, nome do seu dono), que forman un grupo de exemplares excepcionais polo seu fermoso fuste erecto de grandes dimensións. A súa altura, nalgúns exemplares, supera os 30 m e o perímetro oscila entre os 3,20 e os 5,40 m. Son os restos dunha formación pechada, densa, de *Castanea sativa*, que, buscando a luz, as súas copas medraron erguidas, configurando fermosísimos troncos dunha senlleira beleza, que aparece exaltada por unha cortiza que forma fermosos debuxos romboidais ou espirais profundas, que revelan os seus moitos anos.

As súas copas son reducidas, non desenvolveron a típica forma semiesférica que ofrece o castiñeiro solitario; a falta de espacia foi a causa. As súas vellas ramas aparecen con frecuencia rotas, pola acción dos anos, do vento e probablemente tamén dos raios. A pesar dos seus anos seguen dando castañas pequenas, pero doces, como castiñeiros silvestres que son. No 1984 o furacán “Hortensia”, famoso pola destrución que deixou tralo seu paso por Galicia, varrén-doa de oeste a leste, derrubou un destes castiñeiros de Catasós, que formaba parte dun singular grupo de cinco que medraron incrivelmente próximos, nuns 25 m². Despois de abatelo aproveitouse a súa madeira. A motoserra deixou ó descuberto un tronco completamente san. Os seus aneis xilemáticos, postos ó descuberto, permitíronnos saber que a súa idade era de case 200 anos.

Os “castiñeiros de Catasós” foron visitados no 1954 polo prestixioso fitopatólogo norteamericano Flippo Gravatt, representante do seu país na FAO das Nacións Unidas. Un dos autores deste libro fixo amizade con el durante unha reunión celebrada en Italia pola Comisión Internacional do Castiñeiro, da que Ernesto Viéitez formou parte. Faláralle tanto destes castiñeiros que o Dr. Gravatt, aproveitando unha viaxe a España, non dubidou en se desprazar ata Lalín para coñece-los “castiñeiros de Catasós”. Acompañáronnos naquela viaxe José Elorrieta e Fernando Molina.

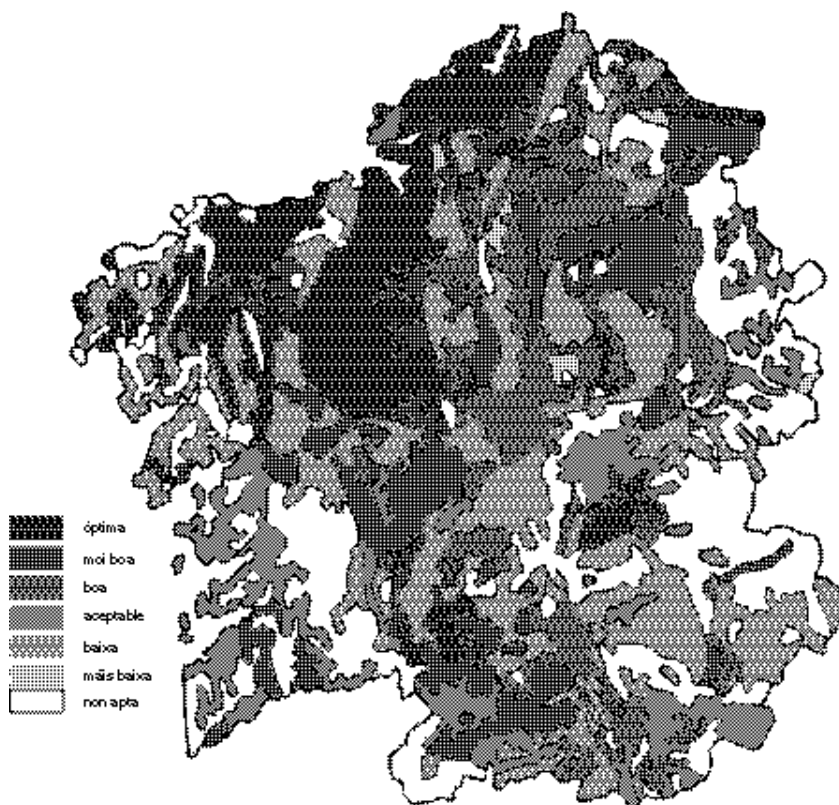
O Dr. Gravatt e José Elorrieta quedaron abraiados cos castiñeiros de Catasós. Fernando Molina xa os coñecía pero sempre era un pracer ver árbores tan fermosas coma aquelas. Ó seu regreso a Roma o científico norteamericano fixo que a FAO se dirixise ó goberno español recomendándolle que arbitrarse as medidas necesarias para evitar que aqueles castiñeiros fosen abatidos.

Conserva-lo patrimonio natural de Galicia, especialmente naqueles casos como é o dos “castiñeiros de Catasós” de Lalín, ou os “castiñeiros de Santán-Perrelos”, do concello de Taboada (Lugo), é unha obriga da Xunta de Galicia, que xa comprou os primeiros para decláralos “Monumento Natural” e así asegurar a súa conservación.



Castiñeiro centenario de Ribas de Sil (Ourense). A cabeza da persoa que hai no seu interior dá idea do seu tamaño (E. Viéitez C.)

AS ESIXENCIAS ECOLÓXICAS DO CASTIÑEIRO



Aptitude do solo para o
castiñeiro en Galicia
(Rosa Calvo)

O castiñeiro é capaz de prosperar ben nunha grande variedade de medios, o que lle proporciona un marcado carácter plástico. Desenvólvese ben sobre solos pardos mesotrofos, pardo ácidos, criptopodsólicos e solos lixiviados. En cambio, soporta mal os solos podsolizados e con marcada hidromorfia. Prospera ben sobre xistos que teñan suficiente profundidade e riqueza en nutrientes, tolerando un 20-30% de coios. Prexudicano texturas limosas finas ou arxilo-areosas, capaces de se colmataren en primavera. As texturas máis favorables para o castiñeiro son limo-areosa, limosa e areoso-arxilo-sa. A profundidade do solo pode compensar, ata certo grao, a pobreza en nutrientes ou nunha baixa capacidade de retención de auga,

cumprindo un mínimo de 40-60 cm de solo facilmente penetrable polas raíces.

O castiñeiro é unha especie acidófila, de marcada amplitude, capaz de prosperar en solos ácidos, cun pH comprendido entre 4,5 e 6,5, e a rocha nai variable, como xistos, granitos, areas limosoeólicas, placas de arxila vermella ou sílice, sobre solos novos e pouco deformados incluso superficiais, con tal de que a rocha nai estea fendida e permita a penetración das raíces. O seu crecemento e o estado sanitario son mellores cando a acidez é dun pH 5,5 e as condicións en nutrientes e auga do solo son favorables.

Prefire as estacións ácidas ás mesoneutrófilas secas, bastante frescas. É calcífugo, presentando clorose foliar e morte despois, cando se produce absorción excesiva de ións Ca^{++} .

Non obstante, o castiñeiro pode aparecer sobre rochas magnéticas ou en solos formados sobre rochas calcarias duras, que na súa maioría carecen de calcio activo.

O castiñeiro, coma tódalas plantas superiores, necesita calcio, por ser un dos elementos esenciais das súas estruturas e funcións. En certos solos ácidos carentes de calcio indúcese unha relación Al/Ca moi elevada que actúa negativamente sobre o crecemento do castiñeiro, particularmente o tronco.

A auga do solo pode actuar negativamente e ser factor de límite para o castiñeiro, cando se acumula a menos de 1 m de profundidade. Este efecto negativo da auga prodúcese directamente, ó provocar asfixia das raíces, ou dun modo indirecto, ó favorecer-lo crecemento dos fungos dos xéneros *Phytophthora* e *Armillaria*, capaces de produci-la morte do castiñeiro. O déficit de auga pode ser igualmente prexudicial e limitador para o castiñeiro, debido a unha porosidade do solo demasiado grande ou a un déficit hídrico estival prolongado. Para un bo desenvolvemento do castiñeiro, ademais doutros

CARACTERÍSTICAS E POTENCIALIDADES DO SOLO PARA O CASTIÑEIRO (segundo Bourgeois, 1992)

Potencialidade	Mala	Mediocre	Media	Boa	Excelente
Humus	dismoder	moder	mull-moder	mull-ácido	mull-mesótrofo
pH	<4 ou >6,5	4,5	4,5 - 5,0	5	5,5 - 6,0
Profundidade	<40 cm	40-50 cm	50-60 cm	60-80 cm	>80 cm
Textura	arxilosa arxilosa- limosa	arxilo- areosa limoso- arxilosa limo fino	areosa- granulosa areoso-arxi- losa	areosa-limosa limoso-areosa	

requirimentos térmicos e nutritivos, cómpre que a reserva de auga útil do solo non sexa inferior ós 100 mm.

Un bo solo para o crecemento do castiñeiro en condicións óptimas debe ser san, lixeiro, non calcario, filtrante, profundo, cunha hidromorfía polo menos de 60 cm e unha acidez media de pH 5,5.

O castiñeiro medra en terreos chans ou montañosos e pode chegar ata os 1.200 m nos Pireneos ou ós 1.400 en Serra Nevada. Alcanza os 1.800 m de altura en Xeorxia, Azerbaidzhan e Abkasia. Prefire as vertentes orientais ó norte, norte-oeste e norte-leste, ou tamén a exposición sur e sur-oeste, e pode ser favorable en climas pouco luminosos. Soporta ben o vento, debido á flexibilidade das súas pólas, que rara vez son rotas polo mesmo.



Castiñeiro novo queimado, formou rebentos na base uns meses máis tarde (F. J. Viéitez M.)

A seca e mailas xeadas, sobre todo as tardías de primavera ou as precoces de outono, aféctanlles ós seus rebentos novos. O castiñeiro adulto, durante o período invernal, soporta ben ata 15 graos centígrados baixo cero.

Como especie heliófila, o castiñeiro non prospera ben nos bosques con cuberta pechada; se ben é capaz de soportar un semiaveseado, desenvólvese mellor cando medra a plena luz. Non obstante, as

plántulas do castiñeiro son capaces de aguantar un aveseo relativo en lugares cun mínimo de luz. O ideal é que o castiñeiro medre durante os primeiros anos baixo unhas condicións que permitan manter protexido o tronco dunha excesiva insolación, que poida producir queimaduras, ata que se desenvolva o ritidoma que o protexe tanto do sol coma das xeadas.

Os efectos negativos da seca ou do frío sobre o castiñeiro aumentan coa latitude e a exposición. O castiñeiro é sensible á seca, especialmente durante os primeiros anos do seu establecemento. A súa plantación tense que face-lo máis axiña posible. Nos climas mornos o ideal sería facelo a final de ano para facilita-lo seu establecemento e evita-los perigos de secas primaverais. As raíces do castiñeiro non paralizan o seu crecemento totalmente no inverno. Cando se planta cedo, en decembro-xaneiro, pódese comprobar como ó cabo de 1-2 meses as raíces reactivaron o seu crecemento e aparecen as acabadas de formar esbrancuxadas, reveladoras da súa actividade, contrastando coas de cor castaña marrón, correspondentes ás raíces vellas. Deste xeito, o castiñeiro desenvólvese ou mellora o seu siste-

O lume queimou a corteza (ritidoma) deste castiñeiro centenario sen que chegase a afectar á follaxe (E. Viéitez C.)



ma radical de tal forma que cando chega o verán ten as raíces ben medradas; isto ante unha seca precoz deféndeo moito mellor cós castiñeiros que se plantaron máis tarde.

O castiñeiro presenta bastante resistencia á acción do lume. Ten que ser intenso e prolongado para que sucumba. Cando é novo, ante un incendio moderado recupérase con notable rapidez. Castiñeiros de 10-15 anos, queimados no mes de xuño, recuperáronse dous meses máis tarde; nas súas ramas queimadas, conservando as follas mortas, agromaron de novo os seus extremos con nova vida, contrastando o verde das follas formadas despois do incendio coas da cor castaña da follaxe morta.

Na base dos troncos dos castiñeiros queimados, poucos meses despois do incendio, apareceron numerosos rebentos que medraban vigorosamente, capaces de perpetua-las plantas nai

nunha inesperada clonación. Este feito reforzouse nos anos seguintes. Só aqueles castiñeiros de escaso vigor, que tiñan os talos débiles, sucumbiron á acción do lume.

Cando se trata de castiñeiros demoucados e vellos podémonos atopar con exemplares que teñen a casca parcialmente carbonizada, pero as ramas conservan verde, viva, a follaxe, porque a intensidade do incendio non chegou a destruí-los tecidos vivos do floema, protexidos polo grosor da cortiza; pódese afirmar que o castiñeiro é unha árbore que non a destrúen con facilidade os incendios, que presenta unha notable resistencia ó lume, que ten que ser intensivo para que os danos causados impidan a recuperación do castiñeiro.



O lume non sempre é prexudicial para o castiñeiro. Con frecuencia atópanse castiñeiros demoucados, ás veces cunha existencia aparentemente agónica, cun interior no que hai mostras evidentes de que foron queimados. Máis dunha vez asóciase este feito a unha falta de sensibilidade por parte dalgunha xente que non valora estes tesouros da Natureza, mais, observando repetidos casos destes castiñeiros queimados no seu interior, chegamos á conclusión de que, ás veces, o lume se fixo con fins curativos ou de protección do cas-

Nas Médulas leonesas atópase unha explotación do castiñeiro en monte baixo, na que o lume se emprega como funxicida para combatala tinta
(E. Viéitez C.)

tiñeiro. O lume foi “controlado” de tal xeito que a súa intensidade fose suficiente como para elimina-los tecidos podrecidos; pero sen chegar a dana-los tecidos meristemáticos vivos. Como é sabido, o lume orixina unha serie de productos de combustión que teñen unha acción funxicida, producindo unha acción protectora das partes vivas do castiñeiro. Os paisanos certamente realizan empiricamente a queima do interior destes castiñeiros, o que non está exento de base científica.

Esta deducción viuse apoiada por feitos similares de protección funxicida empiricamente realizados, en plantacións de castiñeiros explotados en monte baixo na marabillosa zona das Médulas leonesas. As cepas nai dos castiñeiros son queimadas superficialmente durante o inverno para evita-la enfermidade da tinta. O lume destrúe o micelio do fungo produtor da mesma, a *Phytophthora*, sen lle afectar ó castiñeiro, que agroma de novo con maior vigor para permitir, despois, a selección dos talares máis favorables para a súa explotación madeireira.

O BOSQUE DO CASTIÑEIRO

Para o bosque de frondosas, entre as que se inclúe o castiñeiro pódense establecer unha serie de etapas sucesivas do proceso da degradación da súa etapa clímax. Proceso que, de forma continua, se pode diferenciar en diversos estadios caracterizados por estaren integrados por unha serie de especies que se manteñen de forma específica. Estes estadios, independentes das fases iniciais, representan aspectos moi semellantes por converxencia segundo o grao de evolución.

Segundo Ortuño e Ceballos (1977), nos bosques de frondosas é posible establece-lo seu proceso regresivo nas seguintes etapas:

1) *Bosque denso*, representativo do óptimo natural. As especies características pertencen á maior categoría biolóxica, que sexan compatibles coas condicións da localidade.

2) *Bosque aclarado*, no que aínda predominan as especies características, con abundantes arbustos ou especies mesturadas e frecuente predominio de leguminosas na matogueira do sotobosque.

3) *Etapas dos piñeirais*. Practicamente xa non hai as especies representativas nin a súa vexetación asociada. Aparecen piñeiros e matogueira heliofa invasora, integrada case sempre por ericáceas ou cistáceas.

4) *Desaparición do estrato arbóreo*. As especies con el asociadas son gradualmente substituídas por matogueiras, que representan unha etapa máis avanzada da degradación. Predominan as labiadas e as compostas e con frecuencia hai especies espiñosas.

5) *Reducción da cuberta vexetal*, tanto na súa área coma na talla das especies presentes. Aparece un tapiz máis ou menos discontinuo, formado por gramíneas. Escasas especies leñosas en forma de matogueiras insignificantes. Solo erosional, con afloramento da rocha nai, de aspecto esteparario.

6) *Solo desertizado*, representando a fase final da regresión do bosque.

Estas series representan o grao alcanzado na súa regresión do bosque frondoso primitivo. Con independencia deste, as especies presentes en cada unha destas series poden permitir coñecer cal foi o seu punto de partida. Para Ortuño e Ceballos (l.c.), a vexetación clímax en España correspondeulle ó bosque de frondosas caducifolio, marcescente ou perennifolio.

Castanea sativa é unha árbore que se integra nos bosques caducifolios da Europa media e atlántica e mailos que ocupan as montañas meridionais, incluso dalgunha das grandes illas mediterráneas. Estes bosques forman parte da clase *Querc-Fagetea*, descrita por J. Braun-Blanquet e Vlieger no 1937, pero non en tódalas súas manifestacións, pois a clase abarca bosques en que o castiñeiro non pode vivir de forma natural ou faino con moita dificultade. Falta, por exemplo, nos bosques setentrionais e nos continentalizados, de climas duros, con xeadas ata ben entrada a primavera, que, en termos fitosociolóxicos, pertencen á orde *Fagetalia*. Tampouco se integra nos bosques ribeiráns que ocupan os solos de val onde a capa freática está preto da superficie, os bosques da orde *Populetales*: chopeiras, olmedos, salgueirais, arbóreas, freixedos, ameneirais, etc. Tampouco consegue entrar nas carballeiras claramente mediterráneas que se agrupan na orde *Quercetalia pubescentia*, aínda que en todas elas o seu funcionamento caducifolio sexa común co castiñeiro.

Atopa o castiñeiro o seu óptimo nos bosques caducifolios de climas atlánticos ou eurosiberianos continentais non extremados, sobre substratos ácidos. Este óptimo correspóndelle á orde *Quercetalia roborea*. Orde definida no 1931 por R. Tüxen, precisamente para agrupar bosques caducifolios desenvolvidos sobre solos oligotrofos con maior relación con climas atlánticos e eurosiberianos así como aqueles ambientes chuviosos durante o verán da rexión mediterránea. Rivas (1975) considera *Castanea sativa* característica de *Quercetalia roboris*. Dentro desta orde, de forma máis estricta, o castiñeiro prospera nos bosques das alianzas *Quercion robori-petraeae* e *Quercion robori-pyrenaeae*, nos que, en conxunto, non é moi frecuente nin abundante. Son os seus acompañantes habituais: *Quercus robur*, *Quercus petraea* e *Betula pubescens*, entre as árbores, e *Pteridium aquilinum*, *Melampyrum pratense*, *Lonicera periclymenum*, *Polypodium vulgare*, *Stellaria holostea*, etc., no sotobosque.

Na Península Ibérica intégrase na *Quercion robori-pyrenaicae*, de forma espontánea nas asociacións do norte eurosiberiano e cultivada no resto. Particularmente, en Galicia é frecuente nas carballeiras de

Quercus robur con *Ilex aquifolium*, *Betula celtiberica*, *Corylus avellana*, *Erica arborea*, *Blechnum spicant*, *Vaccinium myrtillus*, etc., as atlánticas *Ilex aquifolium*, *Hedera helix* e as indicadoras de meridionalidade *Teucrium scorodonia*, *Solidago virgaurea*, *Cytisus scoparius*, *Luzula forsteri* (Izco et al., 1990).

Para Bellot (1968) os bosques de castiñeiros son comunidades discutibles, derivadas de cultivo, forman parte en Galicia das dúas alianzas de *Quercetalia robori-petraeae* Tx., 1931; tanto en *Quercion robori-petraeae* coma en *Quercion pyrenaicae* Riv. God. atópanse nos bosques de castiñeiro, sen embargo é baixo esta última alianza onde adquiren maior desenvolvemento e están en estado de case clímax, sobre todo nalgunhas escarpadas pendentes na provincia de Ourense.



Unha característica dos bosques de castiñeiros, xa sinalada por diversos autores, é a presenza de especies ruderais no sotobosque dos castañaís de Galicia, poden incluírse nas dúas alianzas, tanto en *Quercion robori petraeae* coma en *Quercion pyrenaicae*, pero onde alcanzan un grao de desenvolvemento extraordinario é na zona de ecotonía entre ámbalas alianzas.

Bellot (l.c.) só viu castañaís clímax nas abruptas pendentes de Belesar, nas beiras do Miño, fronte a Chantada, na provincia de Lugo. Estes castañaís teñen inclinación de máis de 50%, orientación NE, sobre

A localidade de Seceda, cualificada de "Valor natural", atópase no courel lucense, rodeado do bosque do castiñeiro. Foi recuperada pola Dirección Xeral de Turismo (Cortesía de J.M. Crecente)

unha rocha nai de granito porfídico con feldespato potásico e a unha altitude de aproximadamente 400 metros. A altura da vexetación é de + 15 metros. Presentan un sotobosque sen rozar, cunha cobertura, tanto no estrato arbóreo coma no arbustivo, do 90 ó 100 por 100.

O mesmo Bellot (l.c.) considera que en Galicia moi poucas poboacións de castiñeiros teñen orixe natural, sendo case todas resultado ou ben de cultivo ou, poucas veces, da degradación do bosque natural pola eliminación das especies non útiles, en beneficio do castiñeiro. Iso é o que ocorre en Italia, segundo Lüdi.

Tamén no Pireneo, na rexión do alto Vallespir, segundo Susplugas, ocorre o mesmo. Nesta rexión, o autor citado considera os castañais derivados de *Quercion pubescentis-petraeae* Br.-Bl., 1931. Esta diversidade de alianzas proba que os castañais son cultivos naturais ou seminaturais, nos que penetran as especies das alianzas clímax: *Quercion robori-petraeae* (Malcuit, 1929) Br.-Bl., 1932, *Quercion pyrenaicae* Riv. God., 1946 ou *Quercion pubescenti-petraeae* Br.-Bl., 1931.

Na Europa atlántica máis setentrional (Bretaña) a flora acompañante xa denota esa condición coa presenza de *Fagus sylvatica*, *Populus tremula*, *Quercus petraea*, *Carpinus betulus* e *Mespilus germanica*, ademais das especies comúns a tódolos bosques da orde.

Nas illas Británicas o castiñeiro ten un comportamento relativamente amplo no que a substrato se refire e bastante estreito no que atinxe ás condicións climáticas, as cales se manteñen dentro dos límites de suavidade das localidades non setentrionais. Dentro da peculiar nomenclatura fitosociolóxica británica, *Castanea sativa* intégrase en bosques de *Quercion robori-petraea*, acompañada de *Quercus petraea*, *Q. robur*, *Corylus avellana*, *Tilia platiphylos*, *Ulmus glabra*, *Acer pseudoplatanus*, *Acer campestre*, etc., se os solos son ricos. Sobre solos ácidos son os seus acompañantes *Quercus robur*, *Q. petraea*, *Betula pendula*, *Corylus avellana*, etc., e se os solos son moi ácidos e pobres en nutrientes caracteriza a comunidade *Deschampsia flexuosa*.

Cara ó leste, nos Apeninos Centrais, a *Castanea sativa* intégrase en carballeiras de *Quercus cerris*, onde habitan a maior parte das especies citadas como comúns na orde. Excepcionalmente, nos montes da Laga (Italia central) *Fagus sylvatica* entra de forma esporádica nos castañais.

Na Europa central noroccidental, en Alemaña, o castiñeiro intégrase en bosques caducifolios nos que se aprecia a continentalidade pola presenza de especies como *Fagus sylvatica*, *Carpinus betulus*, *Pinus sylvestris*, *Populus tremula*, etc., aínda que non faltan especies arbóreas de climas máis benignos, como *Corylus avellana* e *Frangula alnus* (Oberdofes, 1992).

Estes bosques intégranse fitosocioloxicamente na alianza *Quercion roboris-petrea*, orde *Quercetalia robori-petraeae*; a mesma orde que agrupa o resto dos bosques con castiñeiros de Europa.

No piso montano da Europa Central déixase nota-la continentización do clima polos acompañantes de *Castanea sativa*: *Larix decidua*, *Fagus sylvatica*, *Picea abies*, *Abies alba*, etc., e a súa integración na alianza *Luzulo-Fagion*. No piso cuíño dos países centroeuropeos meridionais os acompañantes arbóreos son xa de tendencia mediterránea, como *Quercus pubescens*, pero os bosques nos que se integra aínda pertencen á alianza *Quercion robori-petraeae* (Ellenberg, 1988).

É moi particular o comportamento da especie nas montañas de Córsega. Bioxeograficamente a súa posición aí é claramente sucesoria e ten un comportamento anómalo, discrepante co habitual no resto da súa área. Á parte da presenza esporádica en bosques de altura, por encima dos mil metros, acompañando a *Fagus sylvatica* e a *Pinus nigra* subsp. *laricio*, por debaixo dos 800 m o castiñeiro chega a formar bosques densos nos que son moi frecuentes especies esclerófilas de folla perenne. Destacan entre as perennifolias *Quercus ilex* e *Arbutus unedo*, e máis árbores caducifolias mediterráneas como *Fraxinus ornus* e *Alnus cordata*; o sotobosque é tipicamente mediterráneo. O encadramento destas comunidades é incerto, a medio camiño entre a clase *Querco-Fagetea* e a mediterránea *Quercetea ilicis*.

Para Izco (c.p.) os cultivos de castiñeiro non son bosques en sentido natural. Carecen da estrutura, a composición florística, dinamismo e adecuación espontánea ás condicións ambientais locais para que poidan ser considerados bosques en sentido estricto. Como cultivos arbóreos que son, o home buscou para eles os medios menos afastados das súas apetencias naturais; esa é a razón de tantos castañaís en ambientes mornos e chuviosos de tantas montañas mediterráneas, por exemplo, onde ocupan espazos cun dominio climático que é un bosque caducifolio no que *Castanea sativa* se poderá integrar ou non –xeralmente non– pero sempre moi diferente do castañaíl cultivado. Por esta razón, polo rexeitamento do castañaíl cultivado como asociación forestal, en ningún caso se puido integrar no esquema fitosociolóxico de comunidades espontáneas.

O CRECEMENTO DO CASTIÑEIRO



Sempre se dixo que o castiñeiro era unha árbore de crecemento lento e que plantala era facelo para os netos ou que quen o facía non chegaría a gozar da súa sombra. Crenzas que tiveron a orixe máis na extraordinaria lonxevidade do castiñeiro, cunha idade que chega a contarse por séculos e incluso milenios, ca en datos experimentais fiables sobre o seu crecemento.

A idea do crecemento lento do castiñeiro tamén aparece en publicacións de organismos oficiais. Concepto recollido de referencias non contrastadas que se foron transmitindo dun modo empírico; pero nada máis lonxe da verdade ca aquela afirmación.

Non faltaron experiencias que demostraron que o castiñeiro non é árbore de crecemento lento, senón que se podía considerar como especie de crecemento rápido, desde o momento en que as

En plantacións densas, o castiñeiro forma esveltos fustais que por entresacas sucesivas acaba orixinando grandes exemplares (E. Viéitez C.)

súas producións exceden os 10 m³/ha/a, cifra que comprobamos que se supera facilmente e que algún autor como Bourgeois (1992) sitúa nos 16 m³/ha/a para os castiñeiros de Bretaña. De 15 m³/ha/a, en San Esteban de Trevejo na Alta Estremadura (Gallardo e col., 1998) ou 18,5 m³/ha/a, en La Honfría (Salamanca) (Berrocal e col., 1998).

Os coñecementos actualizados sobre o crecemento do castiñeiro foron recollidos na primeira conclusión do Congreso Internacional do Castiñeiro, celebrado en Lourizán (Pontevedra) no mes de outubro do 1984, que literalmente di:

El castaño constituye una riqueza que juega un importante papel sociológico, ecológico, forestal y agronómico. Esta frondosa, productora de madera y de fruto, es susceptible de cultivo extensivo e intensivo presentando la capacidad comprobada de árbol de crecimiento rápido.

Crecedemento do clon resistente á enfermidade da tinta, 431, no seu cuarto ano (E. Viéitez C.)



Deste modo rematábase unha crenza mantida moitos anos, para dar lugar a unha nova imaxe do castiñeiro, como especie cada vez máis revalorizada a nivel silvícola e fructícola. Xuntamente con

outras especies como carballos, nogueiras ou cerdeiras, ten que ser tido en conta, nunha época en que a sociedade reclama uns repoboamentos que satisfagan as súas esixencias socioculturais, turísticas, ecolóxicas e de produción de madeiras nobres, cun déficit que é cada vez maior, por mor do incremento da demanda e a diminución preocupante dos bosques tropicais, que constitúen as principais fontes mundiais de produción de madeiras de calidade.

O crecemento do castiñeiro varía segundo estea illado ou integrado en formacións máis ou menos pechadas, ou en rebentos de cepas, cortadas a nivel do chan, dando lugar ós chamados talaes, que se explotan en rotacións sucesivas do monte baixo, ou tamén en rebentos que se forman sobre castiñeiros demoucados, recepados a uns 2 metros, como é habitual en Galicia. O castiñeiro illado, en estacións boas, en Galicia chega a medrar tres cm

anuais de diámetro. Excepcionalmente ata 4 cm nos primeiros anos dos híbridos de castiñeiros europeos e asiáticos. Medras entre 2 e 3 cm anuais pódense considerar normais. Elorrieta (1949) indica que o castiñeiro medra ata os noventa anos. Con esta afirmación quizais se refira a que a partir desa idade o castiñeiro non é rendible.

Puidemos comprobar como en castiñeiros de 150 a 200 anos, que medraran libremente, con fermosos fustes duns 25 m de altura, o corte transversal na base do tronco amosaba a madeira sa e podíanse contar perfectamente os aneis xilemáticos indicadores da súa idade.



Castiñeiro pluricentenario co interior oco pola putrefacción (F. J. Viéitez)

¿Cando e como se produce ou comeza a putrefacción do tronco do castiñeiro? En condicións sanitarias boas parece difícil responder a esta pregunta. Todo fai supor que poden pasar varios séculos manténdose san o tronco do castiñeiro. A súa putrefacción e baleiramento poden ser consecuencia do ataque dalgún fungo parásito que non chegado a provoca-la morte do castiñeiro, como poderían ser *Phytophthora*, *Coryneum* ou *Diplodia*. O baleiramento de “abaixo arriba”, que tería a súa orixe remota nas raíces atacadas por estes patóxenos, non é o principal causante da putrefacción interior do tronco do castiñeiro.

A putrefacción interior do tronco e o posterior baleiramento teñen a súa causa no modo de realiza-la corta das ramas que nacen sobre o tronco demoucado. As superficies orixinadas tralo cortado das pólas que nacen na parte recepada do tronco constitúen unha vía de penetración de fungos saprobios que inician a putrefacción do interior do castiñeiro. Este proceso realízase de “arriba abaixo” á conta do xilema morto ou madeira, que queda rodeado dos tecidos vivos periféricos formados por elementos floemáticos e os meristemáticos xeradores da casca e do ritidoma.

En Galicia é frecuente atopar castiñeiros pluriseculares, demoucados, que tiñan queimado o seu interior baleiro, revelador dun incendio que nos parece que foi feito polos paisanos, para que non avanzase a putrefacción cara á cortiza periférica. Independentemente dos múltiples casos en que o que se queimou foi a consecuencia da incultura.

O lume actúa positivamente de dous modos; por un lado produce a destrución do micelio e das esporas dos fungos saprobios responsables da putrefacción da madeira do castiñeiro; por outro, os produtos formados durante a combustión son acumulados na parte carbonizada, cortando o avance da podremia ó actuaren como funxicidas. Cómpre que o lume sexa moderado, suficiente para producir aqueles dous efectos positivos; pero que non sexa tan intenso como para ocasiona-la morte dos tecidos vivos que quedan na parte exterior do tronco baleiro do castiñeiro, o que provocaría a morte da árbore.

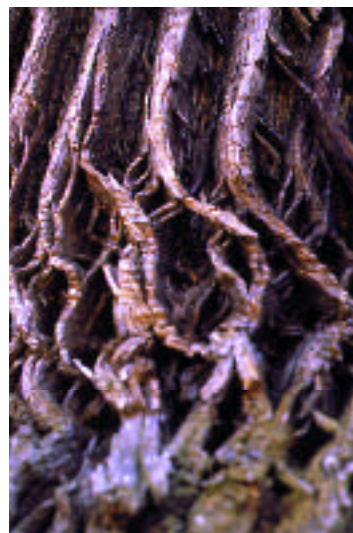
A cortiza do castiñeiro é un indicador da súa idade.
Castiñeiro novo, 15 anos



Castiñeiro cando empeza a ser centenario



Cortiza de castiñeiro pluricentenario
(M^a. L. Viéitez M.)



O manexo do lume realizado polos paisanos, con fins sanitarios nos castiñeiros, tamén o observamos nos incomparables lugares das Médulas leonesas, que en tempos dos romanos serviron para extraer ouro, recentemente declaradas Patrimonio da Humanidade pola UNESCO. Hoxe en día son refuxio do castiñeiro, centenario, vello e vetusto nuns casos, ou en plena explotación como monte baixo, onde os rebentos resultantes do corte a matarrasa xorden vigorosos agardando a vez para a corta. Durante o repouso invernal, os paisanos queiman superficialmente as cepas dos castiñeiros que producirán os rebentos ou talaes. Con isto, dun modo empírico, o que fan é producir unha esterilización parcial da cepa do castiñeiro e do solo próximo, destruindo o micelio de *Phytophthora cinnamomi*, capaz de produci-la morte desta árbore pola enfermidade da tinta.

O crecemento rendible do castiñeiro pode chegar ata os 70-80 anos. As quendas para cortalo pódense establecer en períodos máis curtos, de 25-30 anos, dependendo da estación de crecemento e do tipo de madeira desexada.

Elorrieta (l.c.) explica que “debido ás irregularidades dos nosos castañaís, non se posúen datos que puideran servir de base para o estudio en España da produción dun monte de existencias normais de castañaís; sen embargo, castiñeiros de 40-50 cm de diámetro pódense lograr entre 25 e 30 anos”.

CRECIMENTO TALAR

A resposta do crecemento do castiñeiro cando se recepa a nivel do chan é moi boa. Os rebentos formados a expensas da cepa cortada presentan un crecemento vigoroso. Bourgeois (l.c.) menciona un crecemento de 1,8 m no ano recepado, inferior despois. Nós controlamos castiñeiros híbridos recepados en decembro, con rebentos que chegan ós 3-4 m nos crecementos do primeiro ano. Destes rebentos ós 18-20 anos obtéñense producións que chegan ós 18 m³/ha/a. Os franceses mencionan producións de 16 m³ a 20 m³/ha/a. No castañaal de Hervás (Cáceres), explotado tradicionalmente como talar, Ortuño e Ceballos (1977) indican que “o castiñeiro en monte baixo tratado en quendas de 20 anos e con dúas claras intermedias antes da corta anual chegan a producir un total de 10 a 12 m³ por hectárea e ano, en diversos materiais de boa cotización no mercado”.

O crecemento dos rebentos na cepa do castiñeiro depende principalmente da súa idade, das características xenéticas e da fertilidade do solo. Esta capacidade de crecemento dos castiñeiros rece-



O castiñeiro de Verea (Ourense), unha cepa con nove fermosos talares, é un exemplo do bo crecemento desta árbore

pados a nivel do chan permítelle ser explotado en forma de talares ou monte baixo, xeralmente en quedas de 15 a 25 anos de forma ininterrompida.

Podería dicirse que o crecemento da cepa dos castiñeiros resistentes ten unha vida ilimitada, para expresar metafóricamente que pode chegar a vivir, producindo xermolos resistentes, durante moitos anos, séculos, sempre que as condicións do solo se mantivesen ideais e que non sufrise o ataque de fungos patóxenos. Vimos castiñeiros centenarios cunha asombrosa capacidade productora de xermolos vexetativos. Elorrieta fala da “inesgotable vitalidade” do castiñeiro. Chapa cualificouno de “inmortal”. Con isto alúdese á gran lonxevidade do castiñeiro e ó vigor do crecemento dos seus xermolos.

A época en que se produza o corte basal do talo pode ser decisiva no futuro da cepa do castiñeiro. A época máis idónea para realizalo é o comezo do repouso invernal, e a máis desfavorable é durante o período de agromamento primaveral ou unha vez producido este.

O crecemento dos xermolos dos castiñeiros recepados a nivel do chan é fásico, con dous máximos ben definidos. O primeiro correspóndelle ó crecemento de primavera, é o máis importante e prodúcese en maio-xuño; o segundo coincide co crecemento de outono, ten lugar en setembro-outubro e é de menor intensidade có primeiro.

A parada foto-sintética, a perda da cor verde das follas e a caída das mesmas prodúcese tarde, a finais do outono, e é acelerada polas primeiras xeadas. Non é raro que en estacións mornas os xermolos dos castiñeiros recepados cheguen ó mes de decembro conservando a follaxe verde, sobre todo cando o outono foi chuvioso e non se produciron xeadas.



Os talares de castiñeiro teñen moi bo crecemento. Neste caso con 1,90 cm anuais de diámetro (F. J. Viéitez)

A parada invernal do crecemento das partes aéreas do castiñeiro, co cesamento da actividade, prodúcese entrado o outono, aínda que as raíces secundarias manteñan o seu crecemento durante parte do inverno.



Castiñeiro demoucado con xermolos de distinta idade para a produción gradual de madeira (F. J. Viéitez)

En Galicia, e noutras rexións de España, é práctica habitual corta-los castiñeiros a uns 2,0-2,50 m de altura, para deixalos agromar de novo, seleccionando despois un certo número de xermolos que van medrar durante uns 15-25 anos, producindo castañas e madeira. É algo así como traslada-lo sistema de produción de talares por recepamento do castiñeiro ó nivel do chan, ós castiñeiros demoucados a aquela altura. Con isto pódese conseguir madeira dunha escuadría maior, producida polo tronco base, e madeira de menor volume nas ramas ou talares.

Cando se fai o demoucado, o paisano deixa varios xermolos que acostuma seleccionar gradualmente, de tal forma que, nun mesmo castiñeiro, se atopen de varias idades. Deste xeito asegura a produción graduada ou mantida de madeira de escuadría media.

Nos castiñeiros explotados como talares de cepa, no segundo ano, diminúe o crecemento dos xermolos, e o mesmo acontece no terceiro ano, a partir do cal comeza a facerse patente a depresión do crecemento. Este fenómeno é en gran medida atribuído á competencia que se establece entre os distintos xermolos orixinados á conta da cepa nai. No terceiro ano, a cuberta formada polos xermolos practicamente está pechada, de tal forma que Rullier-Breval (segundo Bourgeois, l.c.) establece o índice de superficie foliar de 2,95 ó ano, 4,5 ós 2 anos, 5,64 ós 3 e 5,84 ós 4 anos, suxerindo que a densidade máxima desexable se produce ó sexto ano; pero descoñécese a partir de que momento se produce a competencia entre os xermolos dominantes e os dominados. Esta diferenza de comportamento entre os diferentes xermolos dunha cepa de castiñeiro hai que buscala, principalmente, na diferenza cronolóxica da súa formación. O crecemento dos xermolos da cepa normalmente comeza a retardarse entre os 10 e os 15 anos. Este é o momento en que se fan máis sensibles ó ataque dos fungos cortícolas, como *Diplodia castanea* e, sobre todo, *Coryneum modonium*. Moito máis tarde, entre os 30 e os 45 anos, prodúcese outra crise de concorrencia, con signos patentes dunha depresión, que aparece reflectida por unha maior sensibilidade ós fungos patóxenos, sendo frecuente tamén o ataque de *Armillaria mellea* ou o de *Phytophthora cinnamomi*, que poden bloquea-lo desenvolvemento radical do ano, desencadeando graves consecuencias para o castañaal. No momento en que a concorrencia entre os xermolos ou talos e as cepas é máis forte e cando a capacidade de reacción dos talos dominantes é demasiado débil, os riscos de enfermidades son maiores, como consecuencia dunha diminución das defensas do castiñeiro fronte ós fungos patóxenos que o poden atacar.

O estudio do crecemento das raíces das cepas nai dos talaes é máis difícil de seguir có do seu porte aéreo. No outono, o crecemento das raíces paralizase bastante despois có dos xermolos aéreos e o reinicio ten lugar antes; de tal xeito que, cando en decembro está paralizado o crecemento aéreo, é posible observar raíces con crecemento activo, facilmente recoñecibles porque aparecen cos seus extremos de cor esbrancuxada, a diferenza das restantes que son de cor castaña escura. O crecemento radical continúa despois da caída das follas. Cando se fan plantacións de castiñeiros, en decembro ou en xaneiro, é posible comprobar como as súas raíces reactivan o crecemento no inverno, antes de que se produza o abrollamento das partes aéreas. O crecemento radical é posible con temperaturas de preto de 2 a 6 graos centígrados. Isto non sucede coas ramas do castiñeiro.

O sistema radical do castiñeiro tende a facerse superficial, estendéndose sobre unha capa de solo aproximada de 50 cm. Cando o castiñeiro se planta demasiado fondo prodúcese unha rexeneración das raíces cara á parte superior do tronco, soterrado a uns 15 cm da superficie, buscando a parte do solo máis aireada.



Exemplo do crecemento superficial dunhas vellas raíces dun castiñeiro centenario (E. Viéitez C.)



Castiñeiro centenario coa
súa gran cepa na que apa-
rece o Dr. J. Kleinschmit
como referencia
(E. Viéitez C.)

CRECIMENTO DAS CEPAS

Constitúe un dos feitos máis notables do castiñeiro. As súas cepas, verdadeiros tocos ou restos do tronco unha vez cortado, teñen unha notable capacidade para formaren xermolos ou rebentos. Propiedade que pode manter durante moito tempo, que se pode expresar en termos de séculos, a condición de que non sexan destruídos por patóxenos e que os xermolos anuais sexan cortados despois do período de crecemento activo que lle permita ó sistema foliar sintetiza-las reservas suficientes que, acumuladas nas raíces da cepa, poidan asegura-lo próximo crecemento dos xermolos.

É posible atopar nunha cepa simultaneamente raíces novas, raíces medias e raíces moi vellas, sendo fácil facer contas que dan raíces de 100 anos en caso de cepas con xermolos ou talaes de máis de 200 anos.

A forma e maila distribución das cepas pode ser variable, complexa, de tal forma que

o que se interpreta como unha cepa única con frecuencia é o resultado de engadir varias subcepas, máis ou menos independentes, que aparecen unidas por tecidos mortos.

Tamén se admite que estas experimentan certa evolución se se ten en conta que na mesma existen raíces de moi variada idade, o que pode conducir á hipótese da renovación progresiva e centrífuga das cepas de castiñeiro.

O crecemento das cepas está intimamente ligado á lonxevidade do castiñeiro. O exemplo do “Castiñeiro dos 100 cabalos” de Sant’Alfio, en Catania, estimado en 3.000 anos, puidera ser un caso da existencia de cepas complexas, cando menos polo que se refire á interpretación que das mesmas fan diferentes autores.

BIOMASA DAS CEPAS E RAÍCES m.s. en t/ha/a

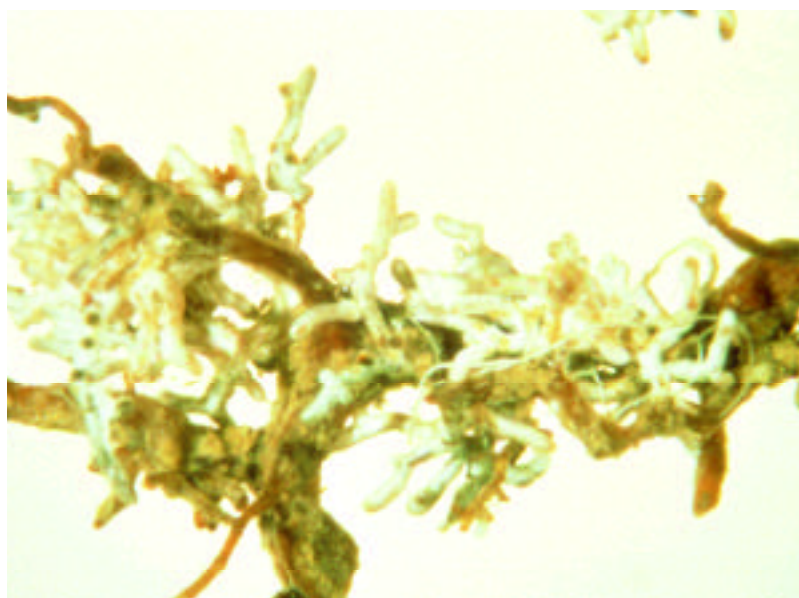
Talar	Cepas	Raíces	Total
13 anos	46,3 (+/- 1,2)	21,6 (+/- 3,8)	67,9 (+/- 7,6)
3 anos	66,7 (+/- 1)	29,3 (+/- 5,6)	96 (+/- 15,6)
Media	59,5 (+/- 1)	25,8 (+/- 3,8)	85,3 (+/- 1,4)

(+/- erro medio ó 95%)

AS MICORRIZAS DO CASTIÑEIRO

As micorrizas constitúen unha clase de simbiose mutualista amplamente difundidas nos ecosistemas naturais. A forma de establece-la simbiose entre a planta hóspede e o fungo permite facer unha clasificación xeral das micorrizas en: ectomicorrizas (ECM), micorrizas ericoidas (EM) e endomicorrizas vesicular-arbusculares (VAM) (Marschner e Dell, 1994).

Nas ectomicorrizas (ECM) o fungo forma parte dunha espesa envoltura chamada micoclena, en torno ás raíces, que adquiren a forma de porra, quedando privadas dos pelos absorbentes. Da capa interior da micoclena parten hifas que se insinúan entre as células epidérmicas das raíces pero sen penetraren no seu citoplasma, envolvéndoa simplemente, para formar en torno a elas o chamado retículo de Hartig. Pode ser paraepidérmico ou periepidérmico, uniseriado ou multiseriado, de acordo co número de filas de hifas existentes entre as células.



Raíces cincolares con ectomicorrizas
(Cortesía de Hill Craddock)

É notable a importancia das micorrizas ectotróficas nas especies arbóreas dos bosques montanos, boreais e mornos: *Quercus*, *Fagus*, *Castanea*, *Pirus*, *Picea*, *Abies*, *Pseudotsuga*, *Betula*, *Populus*, *Tillia*, *Juglans*, *Carya*, *Prunus*, etc., son exemplos de árbores cun crecemento e un desenvolvemento que é mellorado pola presenza de ectomicorrizas (Amaranthus e Perry, 1994).

Os coñecementos actuais sobre a ecoloxía e a fisioloxía das ectomicorrizas permiten afirmar que favorecen o aumento da pro-

ductividade arbórea, debido ós efectos estimulantes que exercen sobre o crecemento da planta hópse. Efectos que son reais e medibles. Tamén é sabido que non tódolos fungos que forman ectomicorrizas son igualmente eficaces na estimulación do crecemento das plantas sobre as que viven e que hai uns mellores ca outros (Grove et al., 1991). Os mellores resultados obtéñense inoculando plántulas con fungos específicos ó face-los pebideiros. Practicamente non existen barreiras técnicas para a inoculación das plántulas. A diferenza das micorrizas vesículo-arbusculares, as ectomicorrizas son de fácil cultivo no laboratorio.

O éxito das inoculacións con micorrizas ectotróficas depende de varios factores, tales como: a eficacia dos microorganismos inoculados; que sexan producidos axenicamente; que posúan un estado fisiolóxico adecuado para o seu almacenamento, inoculación e iniciación da simbiose micorrízica; que o soporte inerte utilizado sexa adecuado para protexe-la biomasa do inóculo contra o estrés fisiolóxico durante a súa produción; e que a forma do inóculo sexa tal que permita o fácil control da resposta de crecemento da planta hópse. De feito, son poucas as dificultades técnicas insalvables para a produción e a aplicación a grande escala das ectomicorrizas.



Fungos nun souto
(M^a. L. Viéitez)

FUNGOS ECTOMICORRÍZICOS DE CASTANEA SATIVA

Amanita caesarea (Scop, ex Fr.) Pers, ex Schw; *A. pantherina* (D.C. ex Fr.) Schum.; *A. phalloides* (Vaill. ex Fr.) Secr.; *A. rubescens* (Pers. ex Fr.) S.F. Gray; *A. vaginata* (Bull ex Fr.) Vitt; *Boletus aereus* Bull. ex Fr.; *B. aestivalis* Pauler ex Fr.; *B. edulls* Bull. ex Fr.; *B. impo-*

litus Fr.; *B. luridus* Schaeff. ex Fr.; *B. pinicola* Vltt.; *B. reglus* Krombh.; *B. rhodoxanthus* (Krombh.) Kall.; *Cantharellus cibarius* Fr.; *C. luteusa* Fr.; *C. tubaeformis* Bull. ex Fr.; *Cenococcum graniforme* (Sow.) Ferd. & Winge; *Cortinarius* sp.; *C. caeruleus* (Schaef. ex Secr.) Fr.; *Elaphomyces persoonii* Vitt.; *Gyroporus castaneus* (Bull. ex Fr.) Quel.; *Hebeloma cylindrosporum* Romagn.; *Lactarius quietus* Fr.; *L. volemus* (Fr.) Fr.; *Leccinum aurantiacum* (Bull.) S. F. Gray; *L. nigrescens* (Rich. & Roze) Sing.; *L. scabrum* (Bull. ex Fr.) S. F. Gray; *Lyophyllum aggregatum* (Schtf. ex Fr.) Kühm; *Russula cyanoxantha* (Schaer. ex Schw.) Fr.; *R. foetens* Pers. ex Fr.; *R. lepida* Fr.; *R. rubra* (Fr.) Fr.; *R. sanguinea*; (Bull. ex Poll.) Fr.; *R. vesca* Fr.; *R. virescens* (Schaeff ex Zant.) Fr.; *Scleroderma aurantium* (Vaill.) Pers.; *Tuber aestivum* Vitt.; *T. melanosporum* Vitt.; *Tylophallus felleus* (Bull. ex Fr.) Karst.; *Xerocomus bodius* (Fr.) Kühn. ex Gilb.; *X. chrysenteron* (Bull. ex St. Am.) Quel.; *X. subtomentosus* (L. ex Fr.) Quel.

Os carpóforos dalgúns destes fungos das ectomicorrizas constitúen os cogomelos, algúns alcanzan prezos elevados no mercado, como a *Amanita caesarea*, *Boletus edulis*, *Cantharellus cibarius*, *Trufa aestivum* e a *Trufa melanosporum*. A inoculación dos castiñeiros con

CALIDADE DOS FUNGOS DAS ECTOMICORRIZAS

DO CASTIÑEIRO (J. Álvarez, 1984)

Comestible	Velenoso	Condicionado/Mediocre
<i>Amanita caesarea</i>	<i>Amanita pantherina</i>	<i>Amanitas rubescens</i>
<i>Boletus aereus</i>	<i>A. phalloides</i>	<i>A. vaginata</i>
<i>B. aestivalis</i>	<i>Boletus rhodoxanthus</i>	<i>C. coeruleus</i>
<i>B. edulis</i>	<i>L. quietus</i>	<i>L. volemus</i>
<i>B. impolitus</i>	<i>Russula foetens</i>	<i>Russula lepida</i>
<i>B. luridus</i>	<i>R. rubra</i>	<i>X. chrysenteron</i> .
<i>B. pinicola</i>	<i>R. sanguinea</i>	
<i>B. regius</i>	<i>Scleroderma aurantium</i>	
<i>Cantharellus cibarius</i>		
<i>C. tubaeformis</i>		
<i>Lactarius aurantiacum</i>		
<i>L. nigrescens</i>		
<i>L. scabrum</i>		
<i>L. aggregatum</i>		
<i>Russula cyanoxantha</i>		
<i>R. vesca</i>		
<i>R. virescens</i>		
<i>Tuber aestivum</i>		
<i>T. melanosporum</i>		
<i>Xerocomus badius</i>		
<i>X. subtomentosus</i> .		

estes fungos podería incrementa-la rendibilidade dos castañais, que engadirían a produción de cogomelos á produción tradicional de madeira e castañas. Hai un crecente interese nos traballos sobre micorrización controlada do castiñeiro, orientada cara á produción inducida de fungos comestibles, mediante o control da formación das micorrizas, inoculando as raíces con aquelas especies de maior interese económico (Meotto, 1990).

Outro interese da micorrización artificial do castiñeiro é como medio de aumenta-la supervivencia das plantas utilizadas en novas plantacións.

A PRODUCTIVIDADE DO CASTIÑEIRO

Con frecuencia o crecemento exprésase en termos de produción. Sen embargo, no caso de plantas leñosas isto non é exacto. O crecemento difire da productividade porque non se ten en conta as partes caducas e os talos mortos da árbore.

Os biólogos expresan a produción como biomasa mentres que os silvicultores, usualmente, exprésana en volume, referido ó tronco dunha poboación de árbores en pé ou abatidos exprésase en m³, en toneladas e máis raramente en estéreos. No caso do castiñeiro unha destas últimas unidades corresponde a 0,7 m³.

Falar de produción dunha poboación arbórea é referirse á súa actividade fotosintética e ás súas distintas partes de árbore. Pódese falar dunha produción subterránea e dunha produción aérea, que correspondería á produción de madeira aproveitable, quedando excluídas as pólas pequenas, as cepas e mailos froitos. No castiñeiro, dada a súa importancia, habería que incluí-las castañas como parte da súa produción global. A productividade sería a expresión do crecemento total do castiñeiro expresada en toneladas. A produción subterránea do castiñeiro comprendería as raíces e as cepas de reprodución vexetativa que teñen interese cando o castiñeiro é explotado en forma de talares ou de bosque baixo.

Os biólogos xeralmente expresan a biomasa leñosa seca en quilogramos ou toneladas de madeira seca a 80 °C. Cando se fala de biomasa fresca refírese á madeira húmida, pesada no momento de ser colleitada. No caso do castiñeiro a relación entre biomasa fresca/biomasa seca é de aproximadamente 1,75. A densidade da madeira fresca oscila sobre 0,95 e a da madeira seca é 0,6.

O cociente masa seca/volume fresco coñécese como infradensidade. Permite pasar de volume fresco a biomasa seca. No castiñei-

ro o valor da infradensidade é de 0,54. 1 m³ de castiñeiro equivale a 1,4 estéreos. Pesa uns 950 kg en fresco e 450 kg unha vez desecado a 80 °C, quedando o seu volume real en 0,9 m³ (Bourgeois, l.c.).

A produtividade ou produtividade biolóxica é a cantidade de materia vexetal producida por unidade de superficie e de tempo, expresada en t/ha/a; representando a velocidade de produción o crecemento dunha poboación arbórea expresado en t ou en m³, producidos por ha e ano.

PRODUCTIVIDADE E CRECIMENTO ANUAL DAS PARTES AÉREAS DUN TALAR DE CASTIÑEIROS ADULTOS: ms en t/ha/ano. (Segundo Guttier, 1991). (ms = materia seca)					
Partes do castiñeiro	Follas	Froitos	Talos	Ramos	Total
Productividade	3,5	1	4,5	2	11
Crecremento	0 (1)	0 (1)	4,2 (2)	0 (3)	4,2

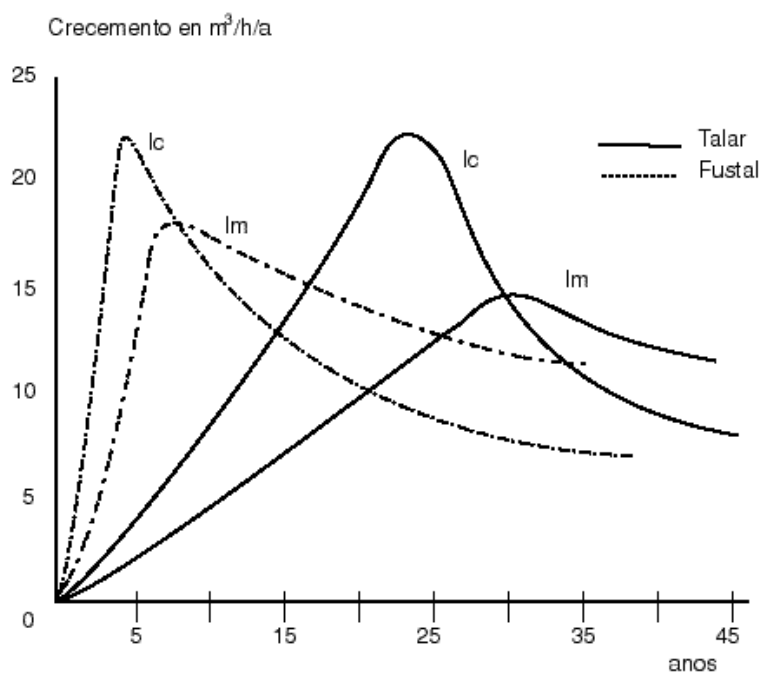
Se o castiñeiro medra en forma de rebentos e talares que se forman en cepas cortadas a rentes do chan, cando se trata de poboacións mozas o crecemento dos talos axústase ó crecemento das pólas; pero se se trata de talares demasiado vellos, a mortalidade pode igualar ou ser superior á produtividade dos talos e das pólas, producíndose crecemento negativo.

- 1.- Órganos caducos, crecemento 0.
- 2.- Crecemento igual a 4,5 t menos 0,3 t de árbores mortas no ano.
- 3.- Crecemento nulo debido a que a produtividade das pólas vivas é igual á masa das pólas mortas no ano.

Bourgeois distingue o crecemento corrente (Ic) relativo a un ano. No caso dos fustais do castiñeiro é débil, pero mantense durante todo o estado xuvenil da poboación. O crecemento corrente pasa por un máximo ó principio do estado adulto da poboación; despois decrece rapidamente ó principio e lentamente a continuación, debido ó enorme consumo respiratorio en detrimento da nova poboación.

Cando se trata de poboacións de castiñeiros que medran illados en formacións abertas, o crecemento anual (Ic) unitario é relativamente débil durante todo o estado xuvenil. Alcanza o máximo crecemento ó comezo do estado adulto e decrece a continuación, facéndoo rapidamente ó principio e máis lento despois.

As curvas teóricas do crecemento anual (Ic) e do crecemento medio (Im) de castiñeiros en forma de fustais illados e talares dunha poboación crecida nunha estación boa, Bourgeois (l.c.) representaas do seguinte xeito:



Curvas de crecemento anual (Ic) e medio (Im) de talares e fustais de castiñeiros crecidos nunha boa estación (Datos de Bourgeois, 1992)

O crecemento medio (Im) representa a media dos crecementos anuais (Ic) desde a orixe da poboación. Obtense dividindo o volume existente en pé, ou a biomasa, pola idade da poboación.

OS NUTRIENTES DO SOLO E O CRECEMENTO DO CASTIÑEIRO

Na explotación do castiñeiro en forma de talares de monte baixo, cortados en quendas de 20-25 anos dun modo continuado, rotación tras rotación, Bourgeois (l.c.) formula a pregunta de se este sistema chega a empobrece-lo solo en elementos minerais. Estudando a evolución do contido en N, P, K, Ca e Mg en parcelas de castiñeiros de 2, 5, 9, 15 e 19 anos, esta autora indica que se produciu unha acumulación decrecente na seguinte orde:

follas>pólas>casca>madeira do tronco

A mineralomasa daqueles elementos aparece reflectida nun 45% no tronco, que representa o 90% da biomasa total. As follas co 10% da biomasa representan o 55% da mineralomasa do castiñeiro. Os talares novos teñen a maior proporción de elementos minerais, en relación co volume total tronco-póla do castiñeiro.

Nunha rotación de talares, desde o punto de vista da mineralomasa, a produción de madeira entre os 15 e os 19 anos será inte-

gramente gratuita para o ecosistema, como moi probablemente tamén o será ata a fin da rotación.

EVOLUCIÓN DA BIOMASA E DA MINERALOMASA EN FUNCIÓN DA IDADE DOS TALARES DE CASTIÑEIRO (Segundo Ranger et al., 1990, publicado por C. Bourgeois, 1992)							
Idade dos talares Anos	Biomasa (ms. t/ha/ano)		Mineralomasa (ms. k/ha/ano)				
			N	P	K	Ca	Mg
2	I	10	35	2,7	17,4	48	7,3
	R	5	38	3,4	14,2	57	13
5	I	40	87	6,8	43,3	120	18,3
	R	20	250	17,6	53,5	148	49,6
9	I	60	124	9,6	61,5	171	28,3
	R	59	606	55,4	145	352	121
15	I	107	186	14,4	92,2	256	38,9
	R	116	1072	11,4	265	715	215
19	I	120	177	13,7	87,7	243	37
	R	165	1393	16,0	366	1003	282

I= inmovilización da mineralomasa no tronco e varios.

R= restitución ó solo. Achegas totais.

ms= materia seca.

Os datos de Ranger e os seus colaboradores (1990) permiten deducir claramente que o castiñeiro restitúe ó solo unha maior cantidade de mineralomasa, referida a N, P, K, Ca e Mg, cá inmovilizada nos seus tecidos. Bourgeois (l.c.) considera que para que a explotación do castiñeiro en rotacións sucesivas prexudicase o contido en minerais do solo terían que se cumprí-las seguintes condicións:

- solo pobre en catións, particularmente en Ca.
- rotación inferior a 9 anos.
- que toda a biomasa leñosa sexa recollida no momento de facelo corte raso da cepa do castiñeiro.
- que se recolla regularmente toda a follaxe e a broza da estación.
- que este tratamento se manteña durante varios séculos.

Este conxunto de circunstancias negativas para a fertilidade do solo non é fácil que se produza, polo que chega á conclusión de que a explotación racional do castiñeiro, en forma de rotación de talares, non esgota a mineralomasa da estación.

A FERTILIZACIÓN DO CASTIÑEIRO

A fertilización é particularmente importante nos primeiros anos de plantación dos castiñeiros novos. Axúdanlle ó castiñeiro a facilita-lo seu crecemento, o que lle permite “facerse un castiñeiro” en pouco tempo. Posteriormente, cando o castiñeiro xa se “fixo”, axudarlle a medrar máis rapidamente e a dar maiores produccions de madeira e de castañas.

Unha fertilización óptima do castiñeiro require o coñecemento das súas esixencias nutritivas. Sen embargo, pódese falar de requirimentos nutritivos xerais do castiñeiro e de solos con valores medios en nutrientes para facer unha fertilización eficaz do castiñeiro, que é o que se pretende. Comezará por un contributo de nutrientes ó prepara-lo terreo, que se coñece como a fertilización de fondo, feita antes da plantación do castiñeiro e que asegurará a achega lenta de nutrientes, particularmente daqueles menos móbiles dentro da árbore.

A fertilización de fondo deberase situar a unha profundidade de 25-35 cm. Pódese facer con esterco, a razón de 20-30 t/ha; fertilizante fosfórico como superfosfato ou fosfatos naturais 200-300 unidades/ha; o potasio, como cloruro ou sulfato a razón de 50-80 unidades/ha, do que os solos galegos non son deficitarios.

Aínda que o castiñeiro é considerado como calcífugo, que prefire os solos ácidos, isto non significa que non necesite calcio para o seu crecemento. A achega de emendas calcarias faise necesaria particularmente cando o pH do solo descende de 5,0, cómpre engadir 2-3 t/ha de calcaria magnésica, particularmente para os solos de Galicia, que en xeral son pobres en magnesio.

O nitróxeno, do que os solos galegos son deficitarios na súa forma asimilable, tamén se debería incorporar, previamente á plantación do castiñeiro. A forma máis adecuada é como sulfato amónico. Dada a facilidade con que emigra rapidamente no solo, é aconsellable incorporalo unha vez plantado o castiñeiro, repetindo 2-3 veces ó ano, a finais de marzo, maio e agosto, e non facelo como fertilizante de fondo.

Despois é recomendable continuar coa fertilización anual, enterrando o fertilizante a uns 10-20 cm de profundidade e nun radio aproximado de 1,50 a 3,0 m, segundo sexa a idade do castiñeiro, considerada de 1 a 5 anos. Para o caso do nitróxeno recoméndase engadir 50 g o primeiro ano e incrementar nesta cantidade a dose anual ata chegar ós 250 g o quinto ano. A modo de recomendación xeral pódese utilizar fertilizante granulado 15N-15P-15K, en

doses orientativas por castiñeiro que van desde 200 g o primeiro ano ata 750 g o quinto ano; despois pódese fertilizar cada 3-4 anos en doses proporcionais daquel fertilizante, sendo aconsellable facelo a finais do inverno e comezos da primavera.

Cando se trate de explotacións intensivas de castiñeiros destinados á produción de froito selecto, pódese recomendar como doses xerais para Galicia, por hectárea e ano:

Nitróxeno	80 a 100 unidades
Potasio	40 a 60 “
Fósforo	100 a 200 “
Calcaria magnésica	2 a 3 t cada 3 anos.

A MADEIRA DO CASTIÑEIRO

A composición química da madeira de castiñeiro, segundo Elorrieta (l.c.), reflíctese a continuación:

Celulosa	27 - 30%
Pentosanas.....	15 - 19%
Lignina	6,6 - 10,8%
Taninos	13%
Graxa	0,4%
Cinzas.....	0,7%

Nas cinzas hai que destaca-lo alto contido de óxido de calcio, 50-60%; óxido potásico, 5,6%; anhídrido fosfórico, 0,6%; e anhídrido silícico, 7%.

A densidade da madeira de castiñeiro pode variar entre 0,60 e 1,14, dependendo do seu grao de desecamento. Acabada de cortar, o seu valor medio oscila sobre 0,91; despois de seca ó aire baixa a 0,68 e completamente seca é de 0,60.

A resistencia á tracción é de 1360 k/cm² e a resistencia á flexión é de 1.410 k/cm². O coeficiente de elasticidade varía en razón inversa á idade do castiñeiro, sendo moito máis flexible a madeira nova.

En probas de sonoridade dá o La sostido da escala cromática, medio ton máis elevado cás madeiras de olmo, faia e carballo. Dá un ton máis cá do piñeiro e dous máis cá da nogueira, que, respectivamente, dan o Sol sostido e o Fa sostido (Elorrieta, l.c.).

Un posible defecto da madeira de castiñeiro é a aceboladura, que é unha separación ou rotura que xeralmente se produce no límite dun anel de crecemento, xustamente a nivel das paredes comúns dos vasos do xilema dun ano e o comezo do seguinte. Trátase dun

defecto, non dunha enfermidade do castiñeiro, que se pode producir por causas traumáticas, a nivel do cambium, ou mecánicas, debido a que o cambium e a casca do castiñeiro son particularmente sensibles a calquera agresión mecánica. Neste caso a aceboladura presenta unha localización precisa, independente do dano. Coñécese como aceboladura “sa”.

PROPIEDADES MECÁNICAS DA MADEIRA DO CASTIÑEIRO, COMPARADAS COAS DO CARBALLO, segundo Bourgeois (l.c.)		
	Castiñeiro	Carballo
Densidade D12	0,60	0,70
Comprensión		
- Contracción de rotura (C-12 (kg/cm ²))	460	400-500
Flexión estática		
- Cifra característica de rotura F12 (kg/cm ²)	1.000	900-1.000
- Módulo de elasticidade E (kg/m ²)	105.000	90.000
Flexión dinámica		
- Enerxía absorbida na rotura W (kgm)	2,5	2,5
- Coeficiente de resistencia K	0,4	0,4
Tracción perpendicular		
- Contracción de rotura Tpp (kg/cm ²)	20	20
Fendedura		
- Contracción de rotura (kgm/cm ²)	13	25
Cizallamento		
- Contracción de rotura Cis (kg/cm ²)	90	110
Dureza		
- Dureza Monnin N	2,9	2,5-3,5
- Cota de dureza N/D2	8,1	6,5-8
- Cota de adherencia Tpp/100 D	0,34	0,40-0,50
- Cota de fendedura	0,22	0,25-0,30
Comprensión		
- Cota estática C/100D	7,7	6,0-7,5
- Cota específica C/100 D2	12,8	10-11
- Cota de tenacidade F/C	2,2	2-2,5
- Cota de flexión F/100 D	16,7	14-15
- Cota dinámica K/D2	1,1	0,45-0,95

A aceboladura non é perceptible durante a vida do castiñeiro. Pódese facer patente unha vez cortado e aumenta coa idade da madeira. Redúcese o risco de aceboladura da madeira con intervencións precoces para manter constantes as condicións de crecemento e de verticalidade do castiñeiro, así como reducindo o período de

corta a 30-40 anos e plantándoo en estacións que sexan favorables ó castiñeiro.

As causas deste fenómeno non son ben coñecidas e xurdiron diferentes interpretacións, tales como un crecemento esaxerado ou demasiado rápido dos rebentos, excesiva exposición ó sol ou moi desigual e corta fóra de época. A aceboladura non se presenta sempre nin en tódalas variedades, e é máis frecuente nunhas ca noutras. Os castiñeiros híbridos resistentes non adoitan presentar aceboladura na súa madeira.

A produción leñosa ou produción de madeira, que pola súa vez comprende a produción útil, está formada pola madeira obtida. A produción dun tronco ou dunha árbore vén determinada polos diversos cortes tradicionais. Así, o chamado corte 20 representa a parte do tronco con casca cun diámetro que é igual ou superior a 20 cm. Corresponde a un volume V_{20} . É o corte da madeira de obra. Cando o corte se efectúa sobre unha póla cun diámetro inferior a 20 cm fálase do corte do leñador. O corte 7, ou de madeira forte, corresponde a un diámetro de 7 cm. O corte 4 admítase como límite para certas industrias (estacas, trituración, carbonización), corresponde ó volume V_4 ; e o corte 0 (V_0) representa a produción de todo o tronco.

No castiñeiro estímase que a produción no corte 10 (V_{10}) se utiliza para parqué e o corte 18 (V_{18}) para carpintería e ebanistería. A máis circunferencia de tronco maior proporción de V_{10} e V_{18} en relación con V_0 .

En xeral o castiñeiro de monte alto destínase para madeira de serra (táboas grandes, táboas, táboas finas e chapa) e o de monte baixo para parqué, estacas e trituración.

1 m³ de castiñeiro proporciona 0,6 m³ de produtos elaborados (C. Méndez Gutiérrez, 1984).

Para este autor os distintos tipos de castiñeiros de froito correspóndense con calidades variables na madeira producida polos pés enxertados segundo foran as pugas aplicadas ó enxerto. Saben moi ben os profesionais da madeira que a propia rolla queda moi influída polo zume que, desde as pólas enxertadas, descende cambiando a súa condición, que é, xeralmente, mellorada.

En Asturias a mellor madeira de castiñeiro, a máis nobre de traballar, a que prefiren os ebanistas pola súa brancura, fermosa veta e adaptabilidade á talla (que a asemella á nogueira), é a variedade “paredo” ou “paré”, tamén chamada “chambergá”, que é árbore de grande desenvolvemento, a maior de todas, proporcionando excelen-

tes pezas dereitas, sen nós, de moi fina contextura. Tódolos madeiros antepoñen a súa calidade á da árbore “pagá” ou brava, que ocupa, en orde decrecente, o segundo lugar, xa que aínda tendo boa presenza posúe febra máis forte, que retorce facilmente e necesita un secado máis completo para fabricar mobles ou portería con garantía de éxito.

A provincia da Coruña acusou un descenso na produción de madeira de castiñeiro; cousa que non sucedeu nas de Lugo, Ourense e Pontevedra, que tiveron o maior crecemento de produción de madeira de castiñeiro.

A crecente demanda de madeira de castiñeiro, na súa maioría con destino a Portugal, é a causa deste incremento no interese por esta madeira. Se non hai máis demanda é pola irregular produción, motivada polas actuais condicións económicas do campo galego. Cunha estrutura de produción e comercialización adecuada ós tempos actuais, a madeira de castiñeiro revalorizárase moito, en parte porque ten un futuro asegurado.

OS CASTIÑEIROS DEMOUCADOS

O castiñeiro demoucado é un produto da acción antrópica que s
vén realizando en Galicia e tamén noutras rexións españolas limítrofes con Portugal desde tempos inmemoriais, con evidentes vantaxes para a economía rural. Implica o beneficio do seu aproveitamento madeirable e leñoso da súa explotación en monte baixo e a produción de castañas como se se tratase de árbores de froito. Neste sistema mixto de explotación do castiñeiro, a produción de madeira pódese facer a conta das ramas formadas na coroa que, ordenadas nos seus comezos para permitir unha produción graduada de madeira, son cortadas periodicamente, cada 20 ou 30 anos, sendo aproveitadas para a produción de madeira de serrar e postes.

Ás razóns que xustificaron a explotación dos castiñeiros demoucados para a produción de madeira, leña e froitos, habería que engadila de ser compatible coa produción de pastos e o cultivo de cereais, trigo ou centeo; coa particularidade de que os labores necesarios para a súa sementeira resultaban favorables para o crecemento dos castiñeiros demoucados.

Sen embargo, o sistema de explotación do castiñeiro demoucado é considerado polos silvicultores como desvantaxoso en relación co clásico método do monte baixo, de corte das cepas do castiñeiro a rentes do chan, xa que a produción dos rebentos é así máis vigorosa, acurtando as quendas da corta, e porque esta operación é máis fácil e máis económica e provócalle un menor dano á cepa nai, que facilmente se rexenera dunha maneira tan sorprendente coma eficaz debido á súa extraordinaria vitalidade.

Elorrieta (l.c.) consideraba que as xeadas tardías de finais de abril ou comezos de maio poden facer aconsellable o descabezamento dos castiñeiros de 2-3 metros do chan, porque deste xeito os rebentos novos quedan mellor protexidos das xeadas. Tamén considera vantaxoso o demoucado dos castiñeiros nas comarcas gandeiras xa que permite

Castiñeiros demoucados do
Souto de Santan, Perrelos,
no concello de Taboada
(Lugo)
(E. Viéitez C.)



a entrada do gando desde o día seguinte da súa explotación, concilian-do a práctica do pastoreo coa conservación do arboredo, de tal forma que permite obter produtos madeirables e leñosos en abundancia, xunto coas castañas.

Cando son cortadas as grandes ramas, duns 25 a 35 centímetros de diámetro, producidas polos castiñeiros demoucados, é fácil que se produzan esgazaduras na cortiza. Isto, unido á superficie orixinada pola corta, constitúe unha inevitable vía de penetración de fungos saprófitos. Isto non acontecería se as superficies cortadas se tratasen con pintura funxicida, pero habitualmente non se fai, e moito menos hai anos, incluso ás veces séculos, cando se cortaron as ramas de moitos destes vetustos castiñeiros demoucados.

A consecuencia daquela penetración de fungos saprófitos polas superficies cortadas foi a putrefacción paulatina da madeira, que se acabou estendendo por todo o vello tronco, chegando ata a propia cepa do castiñeiro. Co transcurso de moitos anos, o tronco foi perdendo gradualmente o seu contido, a súa madeira, e, finalmente, quedou baleiro, reducíndose o castiñeiro a unha capa periférica que se conservou viva e continuou prolongando a vida do castiñeiro demoucado durante moitos anos, ¿cantos?, quizais ata contalos por centos, porque a vitalidade do castiñeiro é increíblemente grande, case inesgotable.

A desaparición do interior dos grandes troncos baleirados é unha das máis peculiares características, e non en poucas ocasións proporcionalle ó castiñeiro unha senlleira beleza. Son moitos os exemplares que hai en Galicia, non poucas veces formando fermosos conxuntos, que se poden considerar como verdadeiros monumentos dun patrimonio natural que cómpre salvagardar como legado histórico-natural.

Nestes castiñeiros a vida desprazouse para a periferia dos seus grandes troncos. Mortas as súas vellas madeiras, baleirados os seus vetustos talos, restan vivos os tecidos meristemáticos como o cambium que orixinara o xilema morto e o floema vivo, o primeiro cara ó interior, o segundo cara á cortiza, onde outro tecido vivo, o felóxeno, xerará un ritidoma morto que no exterior do tronco formará unha cuberta periférica ás veces de grande beleza; constituíndo novos motivos para lles dar un maior realce e singularidade ós, ás veces, monumentais castiñeiros demoucados cargados de séculos de existencia.

AS FOLLAS DO CASTIÑEIRO

O castiñeiro é unha árbore caducifolia. Xermola en abril o comezos de maio e perde as follas en novembro ou principios de decembro, dependendo principalmente da situación xeográfica e da especie do castiñeiro. O proceso de envellecemento outonal das follas antes da súa caída, a súa cor verde escura do verán pasa primeiro a amarelada, ó seren destruídas as clorofilas; despois a marrón-castaña clara, ó desaparece-las carotenoides; e, finalmente, prodúcese a caída. Esta transición gradual de cores fai que a viraxe outonal lles confira un aspecto moi bonito ás formacións de castiñeiros.

As follas dispóñense nas pólas do castiñeiro de forma alterna, cunha filotaxia 2:5 ou 1:2. No castiñeiro común ou europeo presentan forma variable, predominando as de aspecto lanceolado-elíptico, oblongo-lanceolado ou oval-lanceolado; ápice acuminado, prolongado en punta fina e a base simétrica, cordiforme, non dentada nas follas adultas, brevemente pecioladas; limbo plano ou lixeiramente aquillado, máis ou menos brillante no anverso e mate no envés; beiras fortemente dentadas; dentes moi acusados e profundos, situados na prolongación dos nervios secundarios, coa base da nervadura ancha; seos moi marcados de forma redonda ou lixeiramente rectilínea; as puntas dos dentes dirixidas cara ó ápice da folla, podendo ás veces tomar aspecto frisado; pecíolo curto, 1,5-2,0 cm, ensanchado na inserción coa rama.

As características morfolóxicas máis relevantes das follas varían dunhas especies a outras. Nunha mesma árbore é posible atopar diversas formas e tamaños de follas dependendo da súa posición na árbore. As características resúmense no seguinte cadro:



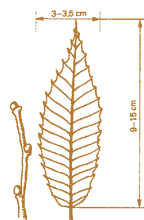
C. dentata



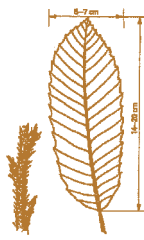
C. pumila



C. sativa



C. crenata



C. mollissima

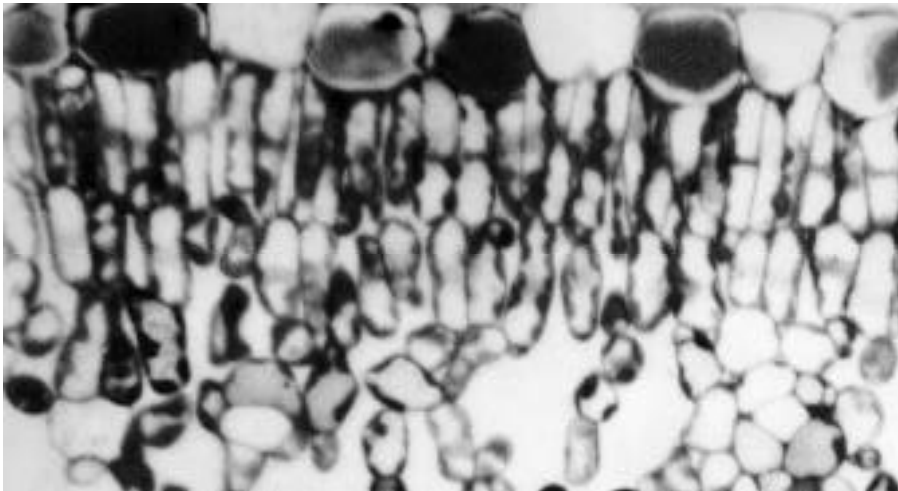
CARACTERÍSTICAS DAS FOLLAS DE 5 ESPECIES DE CASTIÑEIRAS

ESPECIE	DIMENSIÓN cm Longo	cm Ancho	FORMA DO LIMBO	DEREITO	ENVÉS	ÁPICE	BEIRAS
<i>CASTANEA SATIVA</i>	8-20	5-8	Elíptico-lanceolado. Oblongo-lanceolado. Oval-lanceolado. Subauriculado na base.	Verde escuro. Brillante. Ás veces peloso.	Variable. Mate. Glauco. Arxentado. Pubescente. Sedoso.	Acuminado. Prolongado en punta fina.	Fortemente dentadas. Dentes cuspidos. Moi acusadas.
<i>CASTANEA GRENATA</i>	9-15	3-5	Oblongo-lanceolado. Redondeado ou cordado. A base ás veces asimétrica.	Verde escuro. Moi brillante.	Glauco. Peloso ou glabrescente.	Acuminado. Punta fina.	Dentes regulares, finos, erguidos. Ás veces pouco marcados.
<i>CASTANEA MOLLISSIMA</i>	14-25	5-9	Ancho, oval. Oblongo-lanceolado ou agudo. Ás veces asimétrico na base.	Verde escuro. Glabro.	Máis pálido. Abranzado. Sedoso. Ás veces moi tomentoso.	Brevemente acuminado. Punta setácea ou reducida a un mucrón.	Dentes grosos irregulares. Estrelados-agudos. Setáceos.
<i>CASTANEA DENTIATA</i>	15-20	4-6	Oblongo-lanceolado. Agudo. Atenuado ou cuneiforme na base.	Brillante. Verde escuro. Glabro.	Verde, máis pálido.	Longamente acuminado.	Grosamente dentado-sarados. Dentes ascendentes, agudos. Un pouco arqueados.
<i>CASTANEA PUMILA</i>	8-12	1,5-5,0	Oblongo. Oval-oblongo. Redondo-asimétrico na base.	Verde claro. Glauco. Mate.	Sedoso. Pubescente.	Agudo ou acuminado.	Dentes curtos, ríxidos. Cuspidados, incurvados, estrelados

ANATOMÍA DA FOLLA

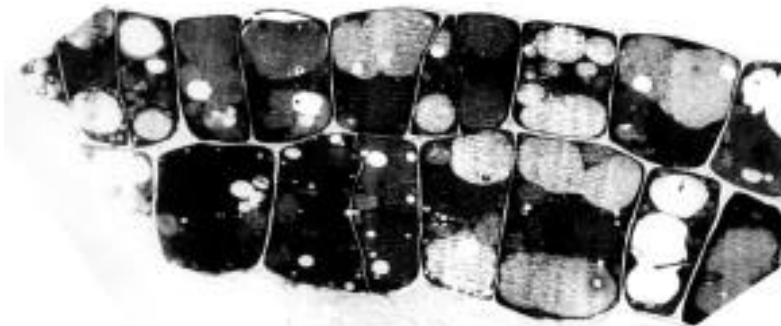
Na sección transversal da folla do castiñeiro, co microscopio óptico, apréciase un mesofilo que presenta como característica posuí-lo parénquima de cerca formado por dúas filas de células, ás veces desiguais, aparentando a existencia dunha terceira fila. Estas células son de forma alongada, ricas en cloroplastos como lle corresponde ó seu papel de parénquima asimilador. Xeralmente cun gran vacúolo central, que constrinxo o citoplasma de membrana irregular contra a parede celular. Presentan núcleo grande, cun ou máis nucléolos.

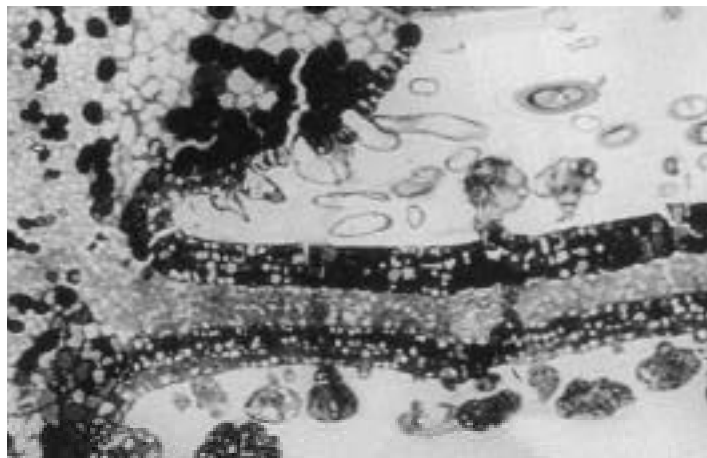
Sección transversal de folla de castiñeiro *in vivo*
(M^a. L. Viéitez M.)



O parénquima lagoento está formado por células esféricas ou oblongas. Grandes espacios intercelulares que aparecen máis ou menos ocupados por células illadas ou formando engadidos de 2-3 células. O seu contido citoplasmático é marcadamente vacuolar, pobre en cloroplastos.

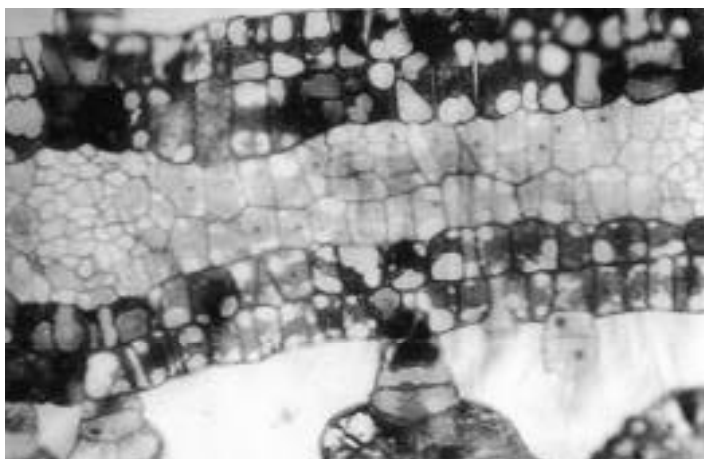
Detalle da epiderme superior de folla nova
(M^a. L. Viéitez M.)





Seccións de follas xuvenís
(M^a. L. Viéitez M.)

Este mesofilo está limitado pola epiderme superior, formada por células desiguais, case isodiamétricas. Na epiderme inferior as células son menores ca na superior e máis regulares. Na epiderme inferior están os estomas, xa que as follas do castiñeiro son hipostomáticas, é dicir, teñen os estomas localizados exclusivamente na epiderme inferior ou envés.



As características biométricas das células que forman as epidermes e o mesofilo destas follas pódense resumir así:

EPIDERME

Superior	17 a 21 μm de grosor
Inferior	9 a 11 μm “

MESOFILO

Parénquima de cerca

Fila superior	24 a 30 μm de lonxitude
Fila inferior	27 a 33 μm “

Parénquima lagoento

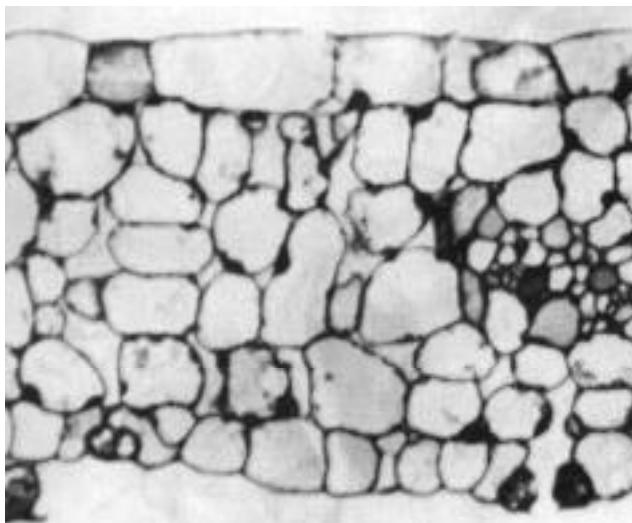
ou esponxoso	74 a 82 μm de “
--------------------	----------------------------

Cando o castiñeiro medra nas condicións de cultivo *in vitro*, a anatomía da folla vese afectada profundamente, ata o extremo de

non se parecer en nada á que presenta *in vivo*. O mesofilo é irrecoñecible, non presenta a dobre fila de células isodiamétricas do parénquima de cerca. Pódese dicir que falta, xa que queda reducido a unhas escasas células oblongas, asentadas irregularmente na epiderme superior e máis ou menos separadas entre si. O seu contido en cloroplastos é moi baixo.

O parénquima lagoento está formado por grandes células irregular-ovoideas, case sempre illadas, separadas entre si, deixando grandes espacios intercelulares. Isto é o que realmente caracteriza a estas estruturas producidas por plantas que medraron baixo as condicións de crecemento *in vitro*.

As dúas epidermes son as menos afectadas polas condicións do cultivo *in vitro*. Os estomas destas follas non son operativos.

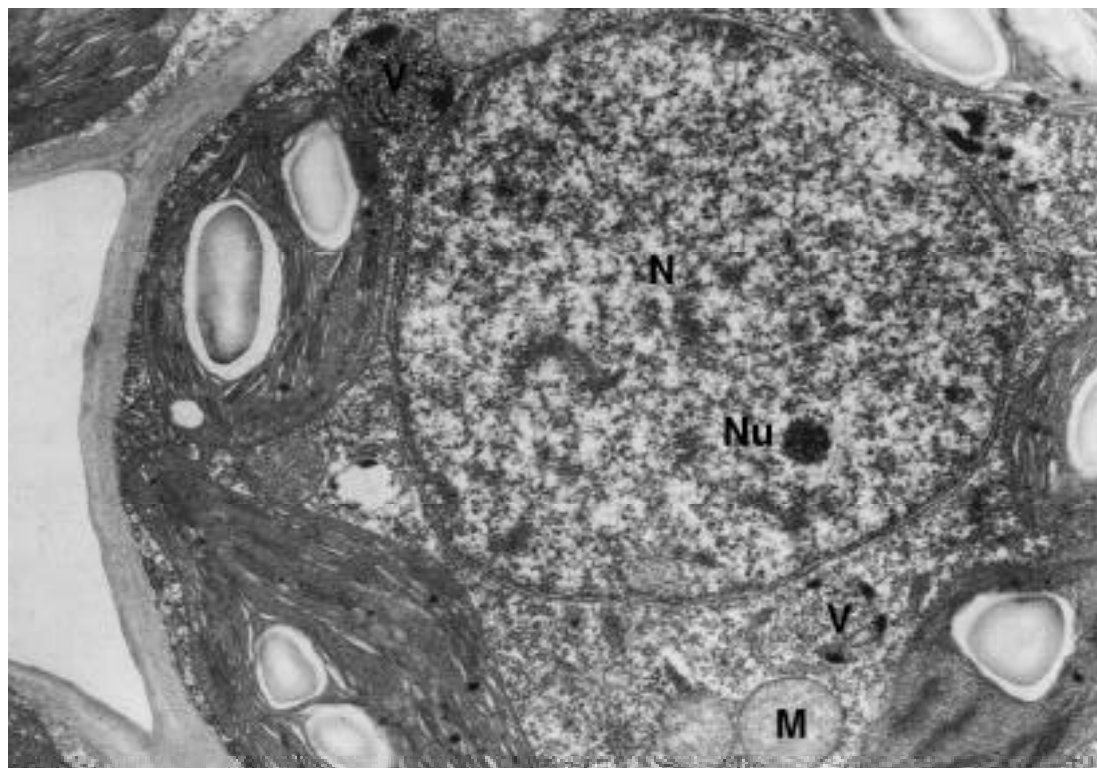


Sección transversal de folla de castiñeiro crecido *in vitro*
(M^a. L. Viéitez M.)

A ULTRAESTRUCTURA DAS CÉLULAS DA FOLLA DO CASTIÑEIRO

Utilizando a microscopía electrónica de transmisión, García Echave (1977) destaca, nas células do mesofilo das follas do castiñeiro, a presenza de mitocondrias redondeadas ou lixeiramente oblongas, un número variable de dictiosomas, o retículo endoplasmático liso e rugoso, así como abundantes ribosomas. Ademais do gran vacúolo central, recoñecible coa microscopía óptica, a electrónica permite observar numerosos vacúolos de menor tamaño. Nuns casos presentan aspecto de vacúolos hídricos; outros conteñen material moi denso ós electróns, que puidera ser identificado como taninos, nos que o castiñeiro é rico.

Esta autora tamén menciona que son raros os microcorpos entre o plasmalema e a parede celular, na que é notable a existencia de frecuentes plasmodesmos, a través dos cales circularían os fotosintetatos no seu percorrido ata o floema. No citoplasma destaca a presenza de mitocondrias, un número variable de dictiosomas, abundante retículo endoplasmático rugoso e liso, así como tamén ribosomas no tonoplasto, un núcleo grande, con dobre membrana nuclear e un ou máis nucléolos.



Ultraestructura dunha célula do mesófilo dunha folla de castiñeiro.

(N=núcleo; Nu=nucléolo; Mn=membrana nuclear; Cl=cloroplasto; A=gran de amidón; M=mitocondria; Cw=paredes celular; Ec=espacio intercelular.

21.000 x.

(R. García Echave)

Os cloroplastos son de forma oblonga-aguda ou ovoides, cunha dobre membrana sinuosa. Os tilacoides que forman a gra presentan un número variable de discos granarios que están conectados entre si por películas estromarias ou intergranarias, moi ben definidas. O estroma é finamente granulado, destacando a presenza no mesmo de áreas claras de acumulación de DNA, ribosomas e glóbulos plastidiais moi densos ós electróns. Finalmente, salienta a regularidade con que aparecen nos cloroplastos os grans de amidón.

OS TRICOMAS DAS FOLLAS DO CASTIÑEIRO

Na epiderme das follas do castiñeiro atópanse formacións de tricomas que poden ser non glandulares ou pelos e glandulares ou glándulas. Os tricomas son apéndices unicelulares ou pluricelulares que aparecen na epiderme. No castiñeiro os tricomas non glandulares ou pelos foron mencionados por Camus (1921), que os cita en cinco especies de castiñeiros: *Castanea sativa*, *C. crenata*, *C. mollissima*, *C. dentata* e *C. alnifolia*. Elorrieta (1949) menciónalos nas mesmas especies e Bazzigher et al. (1982) cítanos en *C. sativa*, *C. crenata* e *C. mollissima*.



Dous pelos ou tricomas non glandulares e estomas nunha folla de *C. sativa* (M^a. L. Viéitez M. - CEMUP)

Nun híbrido resistente de *C. sativa* x *C. crenata*, producido espontaneamente na comarca de Tui (Pontevedra) e descuberto por E. Viéitez, quen o incorporou ós seus traballos, primeiro como HS e despois como HV, estudiamos nas súas follas a densidade e as dimensións dos seus tricomas non glandulares (M^a. L. Viéitez M., 1989) e atopámo-los seguintes resultados:

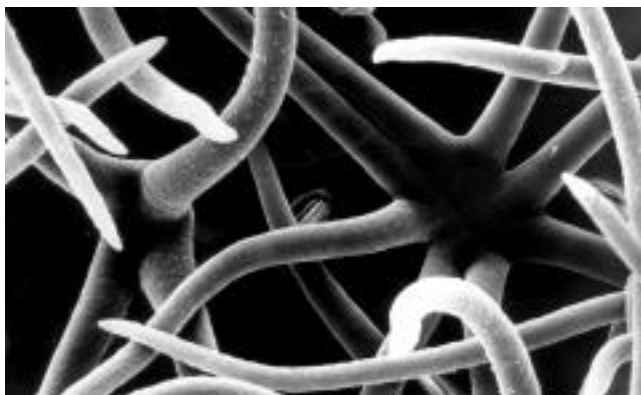
CARACTERÍSTICAS DOS TRICOMAS OU PELOS

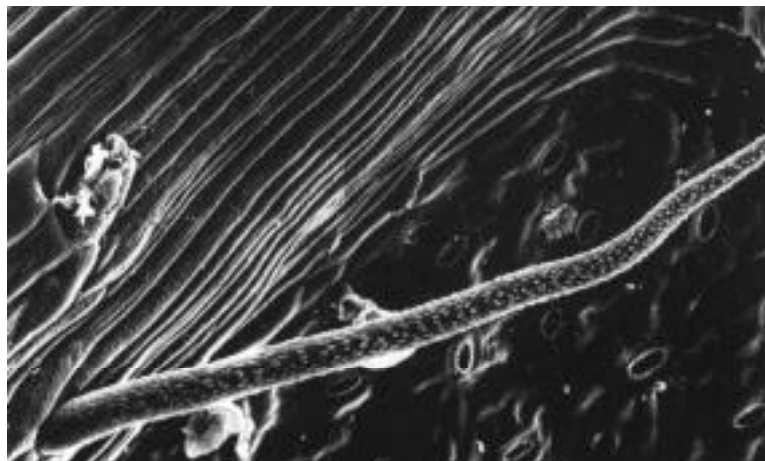
Tipo	Densidade n. ^o /mm ²	Dimensións en μm	
		mínimo	máximo
Simple	6,20	52,86	463,08
Dobre	20,68	99,88	222,36
Triple	8,27	95,34	99,80
Cuádruple	14,47	231,54	513,02
Múltiple ou estrelado	—	3,80	7,30

Tricomas non glandulares de *C. mollissima* máis ampliados (M^a. L. Viéitez M. - CEMUP)

Estes tricomas ou pelos están formados por unha única célula, que pode chegar ata 500 μm de lonxitude. Poden ser simples cando teñen 1 elemento, dobres se están formados por 2, triples por 3, cuádruples se teñen 4, e múltiples ou estrelados cando teñen máis de 4 elementos ou brazos unidos na súa base.

Destacan polas súas dimensións os pelos estrelados, notable-





Pelo simple nun nervio do
envés dunha folla de *C.*
sativa
(M^a L. Vieitez M. - CEMUP)

Utilizando o microscopio electrónico de varrido puidemos comproba-la presenza de depósitos de quitina máis ou menos irregularmente dispostos na superficie dos pelos simples. Tamén se observan estas formacións de quitina nas ramificacións dos tricomas estrelados, cun número de elementos ou brazos que pode chegar a 10.



Detalle ampliado do pelo ante-
rior no que se aprecian acumu-
lacións de quitina
(M^a. Luisa Vieitez M. - CEMUP)

O APARELLO GLANDULAR

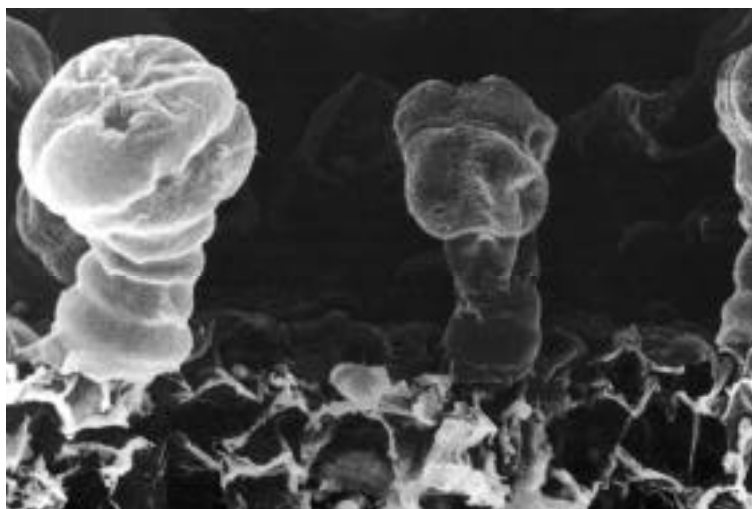
A súa presenza nas follas do castiñeiro é notable pola súa forma e densidade. Estudiáronse utilizando microscopio óptico e electrónico de varrido e transmisión¹. A presenza deste tipo de tricomas ou glándulas é frecuente nas plantas superiores. A súa fun-

1 Traballo realizado por M^a. Luisa Viéitez no Centro de Citoloxía Experimental da Universidade de Porto co prof. R. Salema.

mente menores cós restantes tipos.

Hai unha marcada variabilidade no tipo, densidade e dimensións dos tricomas non glandulares, amosando variacións nunha mesma especie de castiñeiro. Son máis abundantes nas follas xuvenís ca nas adultas, nas que poden faltar.

ción é variable, predominando as de defensa contra os insectos herbívoros (Rosenthal e Yanzen, 1979). Os mecanismos que exercen esta acción son diversos: fisicoquímicos (tales como abrasión, transmisión-reflexión da luz), químicos, repelencia, toxicidade, calidade nutritiva, etc. (Levin, 1973; Stipamovic, 1983).



A densidade ou número/mm² dos tricomas glandulares nas follas de castiñeiro varía co estado de desenvolvemento e coa superficie da mesma.

DENSIDADE DE TRICOMAS GLANDULARES	n.º/mm ² en folla	
	superficie superior	superficie inferior
Primordio	475	15
Primeiras fases	341	11
Fase media	310	9
Desenvolvida	261	7
Adulta	178	0
Iniciación senescencia	5	—
Senescencia avanzada	0	—

(M^a. Luisa Viéitez, 1990)

Sección dunha folla na que se aprecia a inserción de tres glándulas peltadas na epiderme superior dunha folla de *C. sativa* (M^a. L. Viéitez M. - CEMUP)

A densidade das glándulas é moi alta durante os estadios xuvenís das follas, precisamente cando son máis vulnerables ós

Estadio do desenvolvemento da folla	DENSIDADE DOS TRICOMAS GLANDULARES EN FOLLAS			
	n/mm ²		n/mm ²	
	<i>In vivo</i>	<i>In vivo</i>	<i>In vitro</i>	<i>In vitro</i>
	Cara	Envés	Cara	Envés
Apertura da folla	475	15	735	210
Primeiros estadios	341	11	734	109
Crecedemento intermedio	216	9	714	82
Máximo crecedemento	178	7	327	72
Folla adulta	5	0	236	48
Comezo da senescencia	0	0	0	0
Senescencia	0	0	0	0

(M^a. Luisa Viéitez)

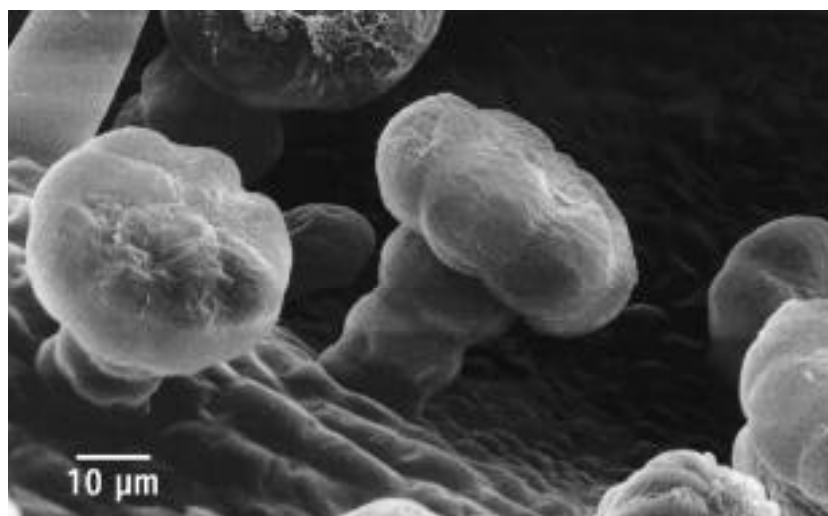
insectos. Diminúe gradualmente a medida que se desenvolve a folla, para anularse en senescencia. Tamén varía en función da superficie foliar. Na cara superior da folla atópase a maior proporción destas glándulas.

Os tricomas glandulares non só se atopan na superficie foliar, senón que tamén aparecen nos rebentos do castiñeiro.

DENSIDADE DE TRICOMAS GLANDULARES EN TALOS

Tipo	n.º/mm ²
Rebento moi novo	78
Rebento nos primeiros estadios	54
Rebento xa formado con follas	10
Rebento adulto	2
Rebento vello	0

(M^a. Luisa Viéitez M.)



Tamén nos rebentos de castiñeiro a maior densidade destes tricomas glandulares se atopa nas súas fases máis novas. Gradualmente diminúen a medida que medran para se anularen nos rebentos adultos. A súa máxima densidade, 78, é moito máis baixa cá

Glándulas de pé longo (1) e pé curto (2) e pelos (3).

Folla de híbrido HV

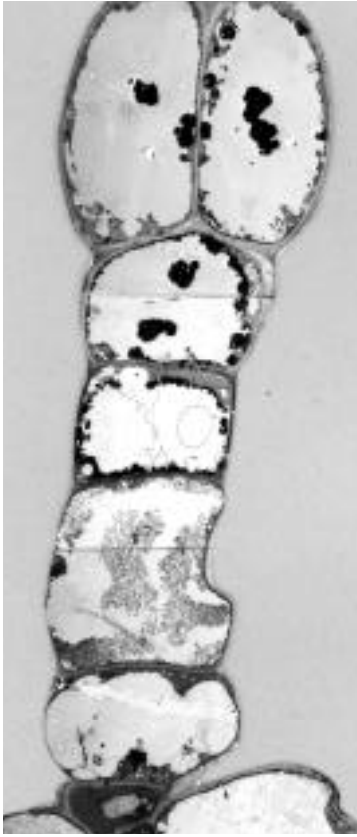
(*C. sativa* x *C. crenata*)

(M^a. L. Viéitez M. - CEMUP)

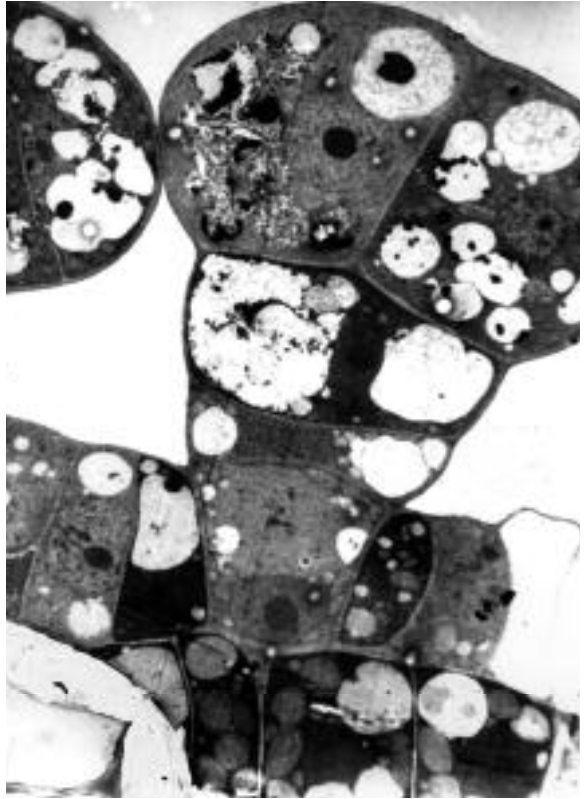
que teñen na superficie superior as follas, 475. É case nula no envés ou cara inferior.

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓXICAS

Nas follas e nos talos novos do castiñeiro híbrido HV hai tres tipos de glándulas. Unhas carecen de cabeza diferenciada; os outros dous tipos están ben definidos: con pé longo, peltadas e semisésiles ou con pé curto. Ámbolos tipos están rematados por unha cabeza, que é a que actúa como glándula. No primeiro, o pé está formado por 4-5 células alongadas e a cabeza por 4-6 células oblongas. O outro tipo de tricomas glandulares diferénciase por ser semisésil ou



Sección lonxitudinal con microscopia electrónica dunha glándula de cabeza oblonga e pé formado por catro células e unha de inserción na epiderme foliar (M^a. L. Viéitez M. - CEMUP)



Corte lonxitudinal dunha glándula semisésil, inserción na epiderme feita con microscopio electrónico de transmisión (M^a. L. Viéitez M. - CEMUP)

semisentado, con pé curto de 2-3 células e a cabeza de 6-8 células dispostas nun ou en dous pisos, sendo o superior de maior diámetro. Este tipo de glándulas, observadas con microscopio óptico, presentan aspecto claviforme.

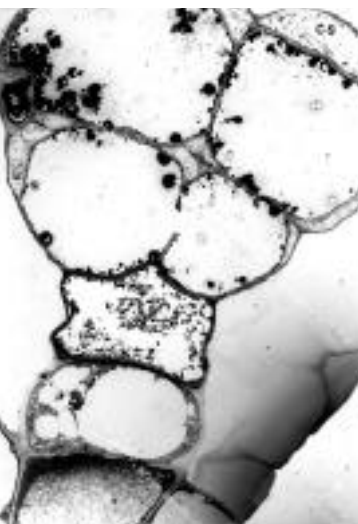
Nas glándulas o pé comeza a partir dunha célula epidérmica, diferenciada das restantes protodérmicas por te-la súa parede celular máis gorda. Por diversas divisións periclinais orixínanse primeiro as células da cabeza e despois fano as do pedicelo ou pé.

A cabeza do tricoma glandular orixínase a partir das dúas células resultantes da primeira división periclinal e presenta as características das células meristemáticas. O seu contido citoplasmático aparece densamente particulado con abundantes ribosomas. A parede celular, no extremo da parede periclinal, presenta un forte engrosamento. No citoplasma aprécianse pequenos vacúolos, abundantes en

mitocondrias, proplastidios, plastidios con amidón e tilacoides. Presentan dictiosomas e un retículo endoplasmático rugoso rico en cisternas estreitas e microcorpos abundantes. Posúen un único núcleo grande, denso en cromatina. A membrana nuclear é sinuosa, con un ou máis nucléolos diferenciados.

As células do pé ou pedicelo están altamente vacuolizadas, co espacio celular ocupado por un gran vacúolo que constrinxe ó citoplasma, reducíndoo a unha franxa irregularmente estreita, limitada por un tonoplasto sinuoso, rico en grandes precipitados de taninos. A cavidade vacuolar presenta agregados de taninos, espaxados ou en forma de precipitados máis ou menos uniformes. No citoplasma, ás veces, distínguense plastidios e mitocondrias. O normal é a case ausencia destes orgánulos.

A parede celular das células do pedicelo, así como a que forma a cabeza, é grosa, con abundantes plasmodesmos.



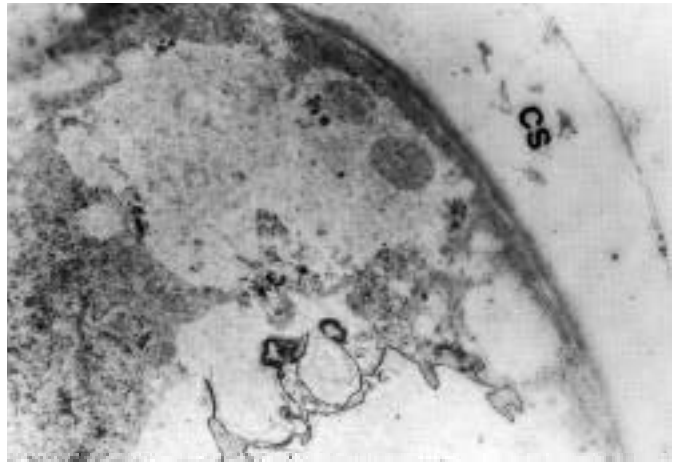
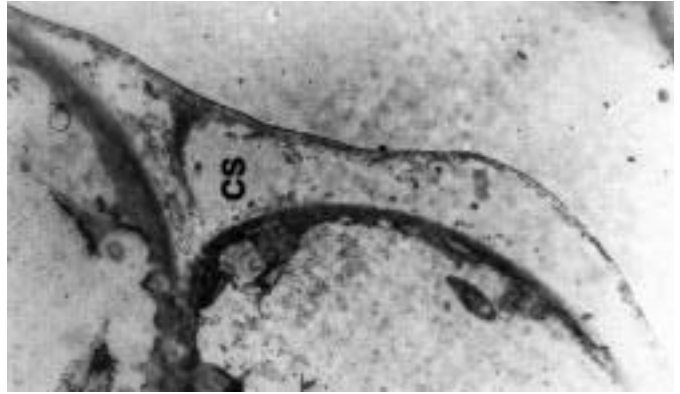
Glándula semisésil en fase final secretora cos espazos onde se acumulan as substancias excretadas CS que serán liberadas por rotura das paredes. Sección lonxitudinal, microscopía electrónica de transmisión (M^a. L. Viéitez M. - CEMUP)

CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DOS TRICOMAS GLANDULARES PEDICELADOS

	Dimensións en μm	
	Máximo de altura	Mínimo
GLÁNDULAS SEN CABEZA		
Célula terminal	12,03 x 23,2	33,30 x 23,10
3 ^a célula	10,2 x 14,4	17,93 x 16,65
2 ^a célula	9,54 x 13,6	14,08 x 11,93
1 ^a célula (base)	6,41 x 8,3	11,32 x 13,33
GLÁNDULAS CON CABEZA		
CABEZA		
Células do pedicelo	36,45 x 16,5	33,30 x 23,34
Célula basal	19,22 x 16,01	18,01 x 18,64
1 ^a célula	13,76 x 6,15	9,01 x 5,00
2 ^a célula	14,14 x 9,22	16,55 x 11,32
3 ^a célula	14,93 x 11,55	12,32 x 11,32
a) Pé longo		
Pé superior da cabeza	36,45 x 16,15	48,20 x 23,00
Pé inferior da cabeza	30,2 x 12,68	24,0 x 11,2
Pé:		
4 ^a célula	16,9 x 19,22	9,0 x 8,0
3 ^a célula	14,93 x 11,53	10,21 x 8,32
2 ^a célula	14,14 x 9,22	9,37 x 7,85
1 ^a célula	13,76 x 6,15	8,23 x 6,35
b) Pé curto		
Cabeza:		
1 só piso	50,14 x 19,22	36,04 x 14,0
Pé:		
3 ^a célula	37,72 x 14,60	26,0 x 11,32
2 ^a célula	21,53 x 11,50	15,32 x 8,00
1 ^a célula	17,68 x 8,59	13,62 x 8,12

Con respecto ós tricomas glandulares ou glándulas do primeiro tipo, sen a cabeza tan ben definida como sucede nos segundos, xorde a dúbida se representan formas inmaturas ou de transición, e, polo tanto, non constituirían un tipo de glándula propiamente dito.

O mecanismo de excreción das glándulas do castiñeiro non aparece definido nos planos ultraestructurais observados co microscopio electrónico de transmisión. No caso das glándulas sésiles, sen cabeza ben diferenciada, a célula terminal que actuaría como glándula amosa a presenza de espazos de acumulación entre a parede celular e a cutícula. O líquido excretado chegaría a este espazo pola presión hidrostática exercida nas células do pé e transmitida a través dos plasmodesmos por difusión. A liberación do produto de excreción produciríase pola rotura da cutícula externa nos espazos de acumulación, antes de seren liberados polas glándulas. Non se observou ningún mecanismo específico para esta liberación, como podería se-la existencia de poros.



Detalle do espazo ou cámara de segregación (c.s.), de dúas glándulas onde se acumulan os produtos antes da súa liberación pola rotura de cutícula externa (4.000 x) (M^a. L. Viéitez M. - CEMUP)

EFFECTO DO CULTIVO *IN VITRO* SOBRE A DENSIDADE GLANDULAR

A densidade de tricomas glandulares na cara e no envés das follas do castiñeiro común resulta afectada polas condicións do crecemento do cultivo *in vitro*.

As especiais condicións en que ten lugar o crecemento do castiñeiro cultivado *in vitro* inflúen sobre a densidade dos tricomas glandulares, aumentándoa dunha maneira drástica. Practicamente duplica os valores máximos na cara foliar e multiplícaos por 5 no envés.

A densidade ou frecuencia dos tricomas glandulares do castiñeiro é variable. Modifícase coa superficie foliar, segundo sexa a

cara ou o envés. Cambia no estado de desenvolvemento da folla ou do talo e coas condicións de crecemento, *in vivo* ou *in vitro*. En calquera caso ou condición, os valores máximos prodúcense nos estadios máis xuvenís, desaparecendo na senescencia.

O APARELLO ESTOMÁTICO

Os estomas son as formacións epidérmicas de maior importancia na fisioloxía das plantas superiores. O seu conxunto forma o aparello estomático, directamente relacionado coa transpiración e a fotosíntese. Ámbolos procesos están, en parte, controlados polos estomas.

A cantidade de estomas dunha folla exprésase como frecuencia ou densidade estomática para referirse ó número de estomas por mm². Este parámetro varía non só dunhas especies a outras, senón dentro dunha mesma especie e dunha mesma folla. A densidade estomática está influenciada por diversos factores ambientais e xenéticos. Normalmente as follas de sol presentan maior frecuencia estomática cás follas de sombra. As plantas que medraron en solos secos e con baixo contido hídrico na atmosfera teñen máis baixa frecuencia estomática ca aquelas que medran en solos húmidos e alta humidade na atmosfera. Nunha mesma planta as follas superiores adoitan ter máis estomas por unidade de superficie cás inferiores. Para unha mesma folla, a frecuencia estomática pode variar da zona apical á media ou á base, estando influída pola distancia á vaíña ou ás nervaduras principais da folla. As plantas con estomas de menores dimensións adoitan presentar valores máis altos na frecuencia estomática. E, finalmente, digamos que pode cambiar da cara ó envés da folla. Hai plantas que teñen os estomas na superficie superior, na cara; outras na inferior; e un terceiro grupo que ten os estomas en ámbalas superficies da folla.

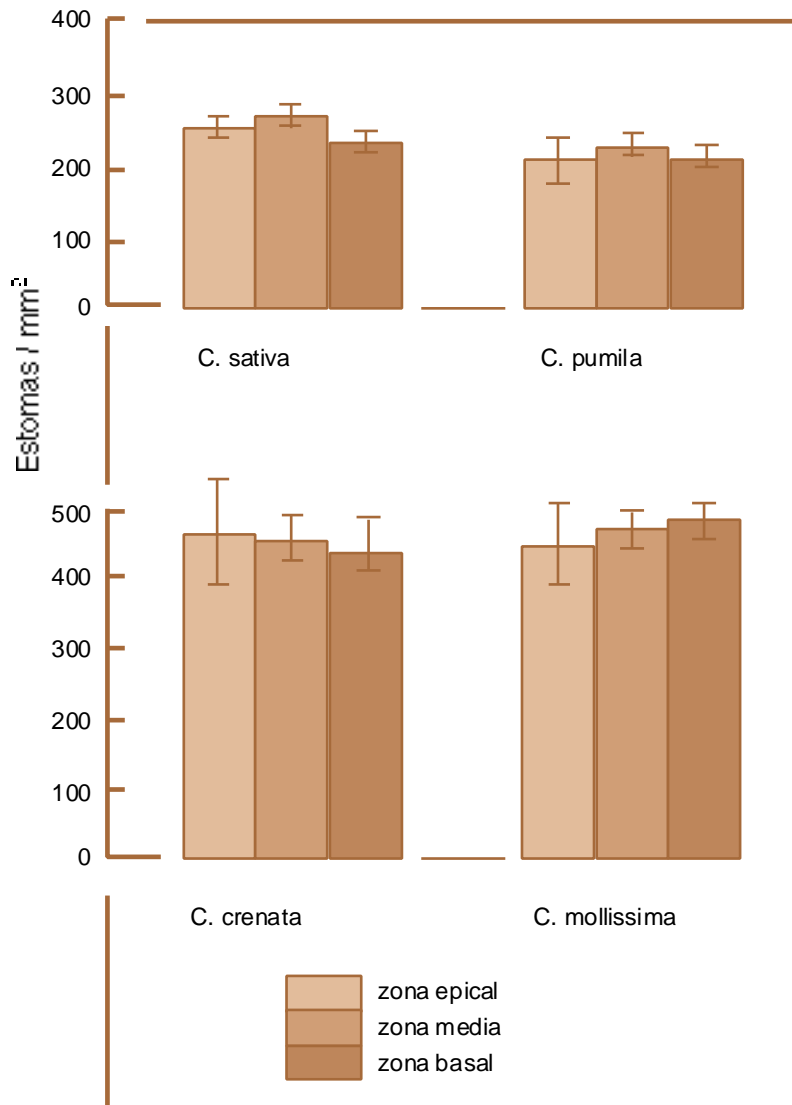
O castiñeiro pertence ás plantas que teñen os estomas na cara inferior das follas, denominadas hipostomas.

No aparello estomático as células oclusivas son os elementos máis representativos. Regulan a apertura e o peche dos estomas, a través do cal se produce o fluxo do CO₂, do O₂ e do vapor de auga durante os procesos de fotosíntese, respiración e transpiración estomática.

Desde o punto de vista fisiolóxico e bioquímico, as células oclusivas ou estomáticas son as máis complexas da capa epidérmica. Posúen un especializado xogo de vías metabólicas, que dan lugar a rápidos cambios no potencial osmótico dentro das células, ó seren

estimuladas por cambios relativamente pequenos no ambiente exterior.

As células estomáticas difiren das restantes células epidérmicas, non só polas súas características morfolóxicas, anatómicas e fisiolóxicas, senón tamén polas súas inclusións citoplasmáticas, propiedades vacuolares e o seu metabolismo. A diferenza doutras células, nas estomáticas os seus vacúolos ocupan unha menor proporción do volume do protoplasma. O vacúolo pode aparecer como enrodelado, o que aumenta o seu cociente superficie/volume. Isto pode facilitar-lo transporte e minimiza-la síntese do tonoplasto durante o inchado das células estomáticas.



Gráfica da densidade estomática de catro especies de castiñeiros (M^a. L. Viéitez M.)

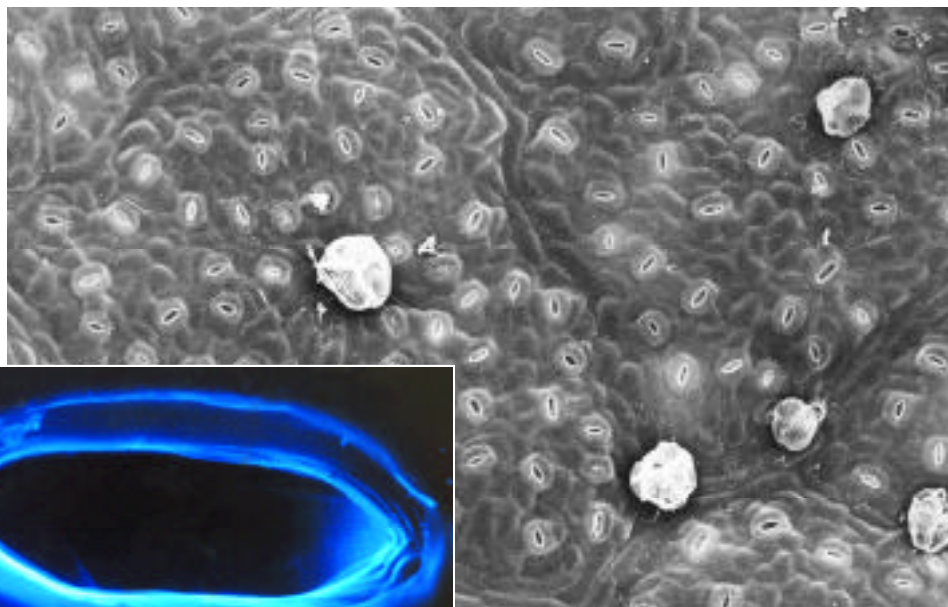
Coa axuda de técnicas de microscopio óptico e electrónico de varrido, estudiáronse as frecuencias estomáticas dos castiñeiros europeo (*Castanea sativa*), un americano (*C. pumila*) e dous asiáticos: un xaponés (*C. crenata*) e outro chinés (*C. mollissima*).

Este distinto comportamento da densidade estomática dos castiñeiros *C. sativa* e *C. pumila*, por un lado con valores máximos marcadamente máis baixos cós correspondentes a *C. crenata* e *C. mollissima*, puidera ser debido a que os dous primeiros teñen un mesmo ascendente, o *C. Unger*, cuns fósiles que se atoparon na flora ártica de Gronlandia Setentrional.

A frecuencia ou densidade estomática varía dunhas partes a outras da folla, como se indicou anteriormente. Moitos autores admiten que o maior número se produce na zona apical, para diminuír gradualmente ata a base da folla. Dos catro castiñeiros estudados, isto só se produciu no xaponés (*C. crenata*); dos tres restantes, dous (*C. sativa* e *C. pumila*) téñeno na zona do medio e o outro (*C. mollissima*) preséntao na base (M.^a Luisa Viéitez, 1993).

Os dous castiñeiros asiáticos: chinés (*C. mollissima*) e xaponés (*C. crenata*) presentan unha maior frecuencia estomática, 469 e 462 respectivamente, cós outros castiñeiros: o europeo (*C. sativa*) e o americano (*C. pumila*), 254 e 224.

Epiderme da cara inferior dunha folla de castiñeiro con estomas e algunhas glándulas pediceladas (200 x)
(M.^a Luisa Viéitez M.
- CEMUP)



COMPOSICIÓN QUÍMICA DA FOLLA DO CASTIÑEIRO

González (1975), na súa tese de doutoramento en Bioloxía, fix un completo estudio dos macronutrientes do castiñeiro a través da análise foliar. A este autor pertencen os datos que aparecen neste capítulo.

Do amplo e abundante material utilizado por este autor recollémos os datos que obtivo coas follas do clon T 13; un castiñeiro de 10 anos, correspondente á F_4 dun híbrido de castiñeiro europeo x castiñeiro xaponés, obtido por Cruz Gallástegui no 1926 e que se conservaba na Misión Biolóxica de Galicia. O fenotipo do clon T 13 corresponde a *Castanea sativa*.

A apertura das xemas do castiñeiro produciuse no mes de abril. Ó comezo as follas, moi pequenas, presentaron un crecemento moi rápido. A mediados de maio tiñan 10-12 cm de lonxitude e un peso fresco duns 0,600 g. A finais de xuño alcanzaran o seu máximo tamaño, uns 18-20 cm de lonxitude, e un peso fresco que, a partir deste mes se mantén durante todo o período vexetativo da folla ata a súa caída outonal.

González (l.c.) chámalle “foliación” ó proceso de expansión da superficie foliar unha vez liberada da xema. Dura uns 50 días, comezando en maio para se completar en xuño. Correspondería á fase exponencial da curva de crecemento, a partir do cal se fai asintótica, non se producindo aumento na superficie e no peso seco foliar.

O período de foliación do castiñeiro prodúcese en parte de xuño e parte de xullo. Coincide coa estabilización do crecemento da folla e alcanza un 45% do peso seco. A materia orgánica das follas decae no seu peso durante a foliación, aumenta na floración e continúa en altibaixos durante o período estival. A materia orgánica

presenta dous máximos: un na primavera e outro no outono. Diminúe no momento de comeza-lo cambio de coloración das follas, para pasar do verde ó amarelado, primeiro, por destrucción da clorofila, e despois a castaño claro ó desapareceren tódolos pigmentos foliares, producíndose finalmente a caída das follas.

A composición química porcentual, referida ós macronutrientes da fracción mineral das follas de castiñeiro, dada por González (1975) é a seguinte:

Humidade	Peso seco	Cinzas	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Na
57,10	42,90	5,658	2,415	0,238	1,049	1,339	0,195	0,025	0,0246

Destes elementos, o nitróxeno, o fósforo e o potasio descenden sensiblemente durante a foliación; permanecen constantes na floración e baixan no outono, antes da caída da folla.

O calcio aumenta linearmente ata o crecemento de setembro e descende despois ata a caída da folla.

O magnesio, o ferro e mailo sodio descenden lixeiramente durante a foliación e estabilízanse na floración. No período estival e no outonal o magnesio mantense practicamente constante. O nivel de ferro aumenta, podendo chegar a se duplicar, para se restablecer en setembro. Na época outonal son notorios os antagonismos N-Ca, Fe-Na e P-Mg.

Antes de que se produza a caída da folla, o castiñeiro recupera o seu nitróxeno, fósforo e potasio, que pasan a ser almacenados, como reservas, nas xemas axilares ou no pao. Este, como contrapartida, subministrales ás follas calcio, magnesio e sodio, que, arrastrados polas follas ó caeren, son devoltos ó solo unha vez producida a mineralización das follas caídas.

No verán o nivel de nitróxeno, fósforo, potasio e magnesio na folla é practicamente constante. Aumenta o calcio, que descende desde setembro, coincidindo co crecemento outonal.

O contido en nutrientes minerais cambia coa posición da folla no castiñeiro e o seu contido é igualmente moi variable (González, l.c.). Os elementos nitróxeno e potasio aparecen nunha alta concentración nas follas apicais. O seu nivel vai descendendo cara á base da rama. O calcio compórtase dun modo oposto, como se pode apreciar na seguinte táboa:

EFECTO DA POSICIÓN DA FOLLA NA RAMA SOBRE A SÚA COMPOSICIÓN QUÍMICA

	N%	P%	K%	Ca%	Mg%	Peso seco
Ramas apicais	3,849	0,616	0,352	0,308	0,330	25,25
Ramas medias	3,751	0,604	0,307	0,454	0,273	26,30
Ramas basais	3,156	0,561	0,244	0,549	0,269	28,20

Este mesmo efecto aparece reflectido nas relacións iónicas, dependendo da posición que ocupe a follla no castiñeiro.

Ramas	% Anións	% Catións	CAT/AN	N/P	N/K	N/Ca	
	N+P	K+Ca+Mg					
Apicais	4,462	1,000	0,224	6,248	11,0	12,5	
Medias	4,355	1,027	0,236	6,210	12,2	8,3	
Basais	3,717	1,060	0,285	5,626	12,9	5,7	
	N/Mg	K/P	K/Ca	K/Mg	P/Ca	P/Mg	CA/Mg
Apicais	11,7	0,57	1,143	1,016	2,00	1,87	0,93
Medias	13,7	0,51	0,676	1,124	1,33	2,21	1,66
Basais	11,7	0,43	0,444	0,910	1,02	2,08	2,04

A época do ano tamén lle afecta ó contido das follas do castiñeiro nos seus compoñentes químicos referidos ós macronutrientes:

EFECTO DO MES SOBRE O CONTIDO EN NUTRIENTES DA FOLLA DO CASTIÑEIRO

Data	N%	P%	K%	Ca%	Mg%	Fe	Na
Maio, 15	2,58	0,38	0,63	0,35	0,16	230	376
Xuño, 20	2,40	0,21	1,14	1,34	0,22	200	250
Xullo, 27	2,13	0,21	0,96	1,56	0,16	156	250
Agosto, 10	2,38	0,30	1,04	1,91	0,19	355	195
Set., 13	2,31	0,35	1,13	1,85	0,18	303	327
Outubro, 9	1,91	0,38	1,15	1,64	0,8	332	547

Data	N/P	N/K	N/Ca	N/Mg	P/Ca	P/Mg
Maio, 15	6,79	4,10	7,37	16,12	1,08	2,33
Xuño 20	11,42	2,10	1,79	10,90	0,16	1,00
Xullo, 22	10,04	2,23	1,36	13,31	0,13	1,32
Agosto, 10	7,92	2,28	1,24		0,15	1,57
Set., 13	5,89	2,05	1,25	12,48	0,19	1,87
Outubro, 9	4,56	1,67	1,17	10,28	0,23	2,04

(González, 1975)

O contido en N, K, P, Ca, Mg, Fe e Na nas follas do castiñeiro é variable. Depende de varios factores, tales como:

- Idade do castiñeiro, especialmente nos primeiros anos.
- Posición das follas no castiñeiro.
- Parte da mesma folla: limbo, pecíolo.
- Estado de crecemento da folla.
- Mes do ano.
- Interacción duns elementos sobre outros.

A FLORACIÓN E FRUCTIFICACIÓN DO CASTIÑEIRO



Castiñeiro florido
(M^a. L. Viéitez M.)

O castiñeiro é unha monoica, sobre unha mesma planta leva a flores masculinas e mailas femininas, que florecen desde finais de maio ata finais de xuño, dependendo das especies, das variedades e da latitude. As flores masculinas dispóñense en candeas de 10-35 cm de lonxitude, xeralmente de 20 cm, son moi numerosas, erguidas ou lixeiramente curvadas, de cor amarelada pálida e alcanzan ata 1 cm de diámetro, asentadas sobre un eixe subcilíndrico, con pelos curtos.

Estames en número de 8-12, ás veces máis, inseridos no fondo do pericentro; filamentos brancos e glabros, lixeiramente curvados; anteras pequenas, biloculares, de cor amarelada, fixadas polo dorso ó filamento e que se abren por dúas fendas lonxitudinais para libera-lo pole amarelado.

Amentos con flores masculinas lonxiestaminais



As flores masculinas poden ser de varios tipos, en función dos estames:

- astaminadas: flores estériles que por careceren de estames non producen pole.
- braquistaminadas: producen pouco pole; teñen os filamentos estaminais de 1-3 mm e as anteras, aparentemente normais, non pasan o periantio.
- mesoestaminadas: producen pouco pole; filamentos de 3-5 mm e as anteras escasamente maiores có periantio.
- lonxiestaminadas: producen pole abundante; filamentos de 5-7 mm e as anteras netamente superan o periantio.

Unha base de amentos masculinos
(M^a. L. Viéitez M.)



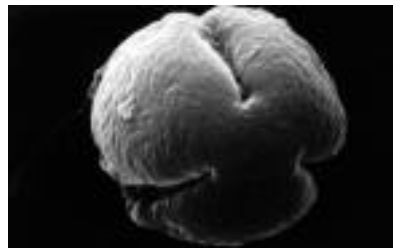
As candeas andróxinas levan 1-3 glomérulos femininos situadas na base, ás veces con pequenos grupos de flores hermafroditas, cun pistilo rudimentario. As flores masculinas superiores terminais e as inferiores das candeas poden ser igualmente rudimentarias.

As flores femininas dispóñense en pequenos glomérulos na axila dunha bráctea escariosa. Cada flor feminina ten un periantio con 6 lóbulos peloso-tomentosos; ovario inferior con 6-8 locis, que ás veces son 10; cada locis biovulado desenvólvese dun modo desigual; estilos 6-9, case sempre 7, cilíndricos, ríxidos, ergueitos, verde-pálidos, co ápice lixeiramente castaño.

A fecundación do castiñeiro prodúcese polos insectos e o vento; pero son varios os autores que lles dan preferencia ós primeiros sobre o segundo, apoiando o carácter entomófilo do castiñeiro no forte olor das súas candeas, que serve para atraer-los insectos, e o seu pole viscoso.

O pole, para ser liberado das tecas estaminais, necesita temperaturas cálidas e unha higrometría adecuada que, pola súa vez, favoreza o seu transporte por parte dos insectos e do vento. Este último resulta eficaz a condición de que a humidade ambiental sexa baixa. Pola contra, nas rexións máis húmidas, a viscosidade natural do pole do castiñeiro limita extraordinariamente a dispersión anemófila do pole, e son os insectos, particularmente as abellas, as que aseguran a polinización do castiñeiro, que é autoincompatible.

Pole de *Castanea sativa*
(M^a. L. Viéitez M. - CMMUP)



FRUCTIFICACIÓN DO CASTIÑEIRO

O froito do castiñeiro é un aquenio, protexido polo exterior por unha cúpula espiñosa, que se coñece como ourizo.

O invólucro, cúpula, ourizo, presenta forma subsférica de 5 a 10 cm de diámetro, un pouco deprimida na súa base, cando chega á madurez. Presenta como elementos característicos as pugas que o recobren. A cúpula ábrese na madurez en 4 valvas provistas de pequenas brácteas situadas nas liñas de dehiscencia.



Na maduración os ourizos comezan a súa dehiscencia para deixar cae-las castañas

Ourizos abertos con 7-9 castañas do país
(E. Viéitez)

Os ourizos levan de 1 a 3 froitos do tipo aquenio, as castañas, que ás veces poden ter ata 8-9. Ó principio son de cor verde, pero na maduración fanse amarelas primeiro e de cor marrón-castaña finalmente. A cor depende da variedade de castañas. Xeralmente oscila desde castaño claro ata caoba escuro; brillantes cando son liberadas do ourizo pero, pasados uns días, acaban perdendo o brillo, facéndose mate.





Castañas do híbrido euro-xaponés H.V. (E. Viéitez C.)

vezes lixeiramente amarga, penetrando nas fisuras dos cotiledóns que recobre. O maior ou menor grao desta penetración está relacionado coa facilidade do pelado da castaña; característica que se ten en conta para a súa industrialización.

As castañas teñen 2 cotiledóns desiguais, de cor branca amarelada, sen orientación fixa, e os pregamentos ondulados, de difícil separación entre eles; superficie con numerosas sinuosidades profundas, nas que máis ou menos penetra o episperma.

A maduración das castañas xúlgase pola súa caída natural, que, pola súa vez, está caracterizada:

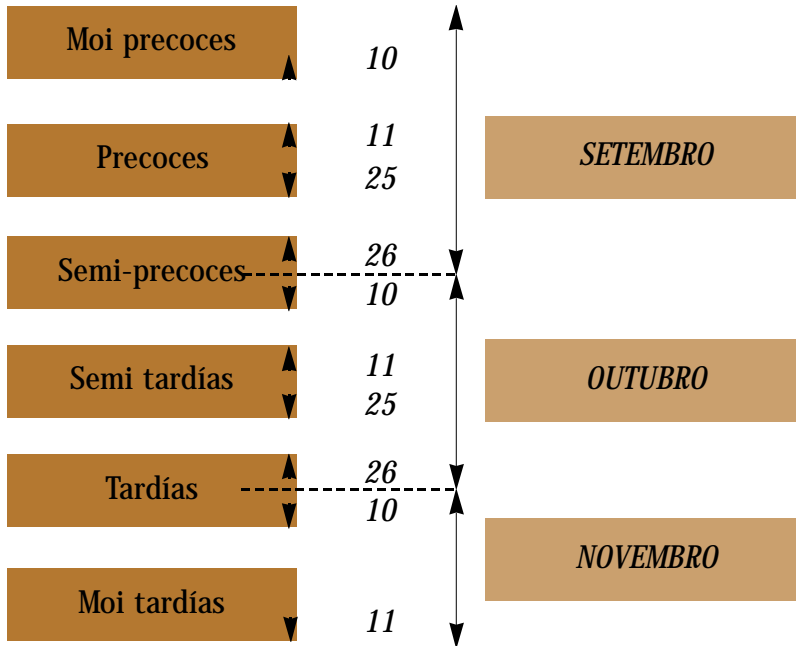
- pola caída dos ourizos sen abrir que levan no interior as castañas na súa totalidade ou algunha;
- pola caída dos froitos unha vez liberados dos ourizos que se abren antes da súa caída e poden permanecer na árbore abertos algúns días.

A maduración prodúcese gradualmente desde setembro ata entrado novembro, dependendo das variedades e da latitude da estación de crecemento. Isto permite facer unha escala de maduración, na cal se poden situar distintas variedades de castañas.

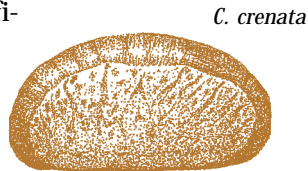
A aparición en Galicia nas últimas décadas, quizais 6-8, de híbridos naturais non controlados, producidos polo cruzamento de *Castanea sativa* x *Castanea crenata*, deu lugar a novas variedades de castañas de maduración sumamente precoz. Isto é debido ós xenes achegados polo proxenitor xaponés, cunha maduración que se produce bastante antes ca no caso dos castiñeiros europeos que actuaron de nais naquelas hibridacións. Chegada a maduración, o ourizo

O pericarpio da castaña é de natureza coriácea elástica, máis ou menos pelosa, ás veces practicamente lisa. É bastante fráxil cando alcanza certo grao de desecación, coas nervaduras ben visibles, que nalgunhas variedades lles dan ás castañas aspecto máis ou menos listado.

O tegumento interno, ou episperma, forma unha película delgada, ás



ábrese de arriba a abaixo en 4 valvas, amosando as castañas coroadas polo periantio e os seus estilos, presentando na súa base unha gran cicatriz placentaria, o fio, cunha forma e un aspecto que é característico das distintas especies de castañas, servindo de elemento taxonómico. A superficie interna do ourizo está recuberta de abundante lanuxe, esbrancuxada, de aspecto sedoso. A dehiscencia ou apertura do ourizo ten lugar na árbore; neste caso as castañas caen ó chan, especialmente cando hai vento, ou ben os ourizos caen pechados sen separala súa capa de abscisión, e neste caso cómpre abrilos posteriormente.



Fío ou base placentaria de castañas do país (*Castanea sativa*) e xaponesas (*Castanea crenata*)

As castañas poden ser de caras planas, redondas ou globulosas e angulosas. Xeralmente as superficies horizontais planas corresponden ás castañas centrais do ourizo; as plano-ovaladas ás castañas laterais; e as redondas ou globulosas a ourizos cunha única castaña, xeralmente por aborto das restantes.

As castañas manteñen a súa capacidade de xerminación durante uns seis meses cando se conservan ó aire libremente. A temperatura entre -5 e 0 °C, mantidas en bolsas de plástico ou estratificadas en area, serraduras ou, perlita, turba, etc. o seu poder xer-



Castiñeiro resistente de
dous anos con ourizos
(E. Viéitez C.)

minativo pódese conservar ata 3 anos. As castañas comezan a xerminar ós 2 °C e isto haino que ter en conta para a súa almacenaxe.

O castiñeiro europeo comeza a fructificar entre os 15-20 anos, dependendo de que proceda de rebentos ou de sementes, de que medre formando bosques ou o faga illado.

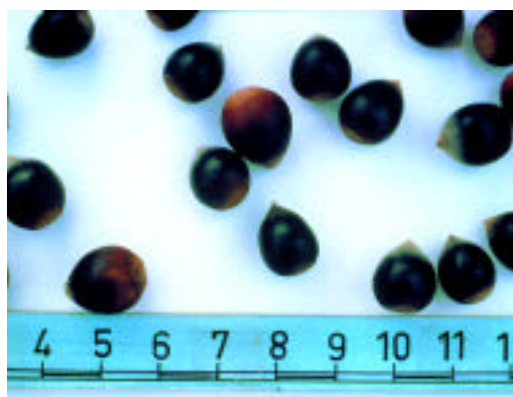
A aparición de variedades híbridas de castiñeiros, *Castanea sativa* x *Castanea crenata*, cambiou o tempo requirido para a floración e a fructificación do castiñeiro. Estas variedades híbridas son moi precoces e fructifican normalmente entre os 3 e os 5 anos. Ás veces poden facelo ós dous anos.

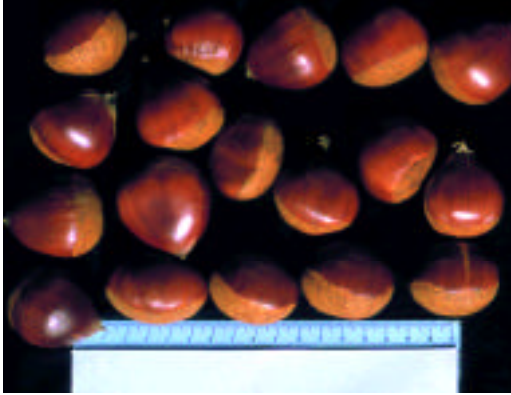
Acéptase que o castiñeiro europeo alcanza a súa máxima produción ós 50-60 anos. As variedades híbridas fano bastante antes, reducindo o tempo a menos da metade. Coñecemos exemplos destes castiñeiros que ós 7 anos produciron 40 k de castañas. O concepto de explotación do castiñeiro para producir froito tende a cambiar substancialmente. Da produción tradicional estase pasando á explotación intensiva como árbore froiteira; á utilización de clons de castiñeiros de calidade para atende-la demanda crecente dunha industria en plena expansión; ás plantacións feitas con criterios de máxima rendibilidade, de tal forma que permitan a súa mecanización integral coa redución máxima de custos de explotación; establecemento de quendas de rotación, aínda non ben fixadas, que en Xapón son de 30 a 35 anos. Neste sentido estanse establecendo modernas plantacións de

Castañas do país, *Castanea sativa*
(M^a. L. Viéitez M.)



Castañas americanas, *Castanea pumila*
(M^a. L. Viéitez M.)



Castañas xaponesas, *Castanea crenata*Castañas chinesas, *Castanea mollissima*
(M^a. L. Viéitez M.)

castiñeiros produtores de froito en California, Nova Zelandia, Australia e Chile; é dicir, en zonas fóra da área xeográfica do castiñeiro, pero nas que as súas condicións edafo-climáticas lle permiten medrar con bos rendementos.

Este sistema de produción de castañas asegurará a materia prima necesaria que require a industria da castaña. En España, país produtor tradicional de castañas, estase a produci-lo feito paradoxal de ter que importalas por falta no mercado de determinadas variedades requiridas pola industria. Falta ocasionada polo abandono progresivo da recolección tradicional das castañas nas zonas do rural, cunha poboación que tende a diminuír.

CASTAÑAS E MARRÓNS

En España é frecuente que se fale de castañas dun modo xenérico para expresa-los froitos do castiñeiro. Noutros países como Francia e Italia distinguen os marróns das castañas. Os primeiros caracterízanse xeralmente por seren froitos cunha soa peza, mentres que a castaña leva baixo un mesmo pericarpio varias pezas. Esta característica diferencial entre marróns e castañas é de moita importancia para a súa industrialización; para a fabricación do marrón glacé e demais formas azucradas da castaña utilízanse exclusivamente os marróns.

Desde o punto de vista comercial, considéranse marróns cando a porcentaxe de froitos tabicados é inferior ó 12% e son castañas se é maior desta porcentaxe.

Xeralmente os marróns son pezas grandes e de casca clara e estriada, co episperma ou película interior que penetra escasamente na semente, facendo fácil o seu pelado. As castañas son máis

pequenas, o seu episperma penetra profundamente nas sementes tabicadas, dificultando o seu pelado.

En xeral, os produtos máis apreciados, máis grandes e cos requisitos para seren clasificados como marróns (semente única, perisperma pouco ou nada introducida no cotiledón, facilidade de pelado e polpa consistente aínda despois da cocción) son destinados á pastelería.

O grosor dos froitos do castiñeiro apréciase mellor polo seu calibre, é dicir, o número de froitos que contén un quilogramo. A escala de calibre non é fixa para os distintos países produtores de castañas. Francia, que ademais de produtor é o primeiro país importador de Europa, ten a escala de calibre seguinte:

Categoría	A	B	C	D
Número de froitos/k	Menos de 60	De 61 a 80	De 81 a 100	Máis de 100

En Italia, primeiro país europeo exportador de castañas, a súa escala de calibre non coincide coa francesa:

Categoría	AAA	AA	A	B
Número de froitos/k	Menos de 48	Entre 48 e 65	Entre 65 e 85	Máis de 85

Un marrón pesa sobre 25-30 gramos e unha castaña de 6 a 8 gramos. Os maiores marróns coñecidos son os de Naples de Maures,

nos Pireneos franceses, onde poden chegar ata os 60 gramos, sendo o seu peso medio de 30 gramos. En Italia, os famosos marróns Serino de Androco, 40 a 45 deles pesan 1 k.



Plantación industrial de castiñeiros híbridos euro-xaponeses, variedade Colossal de 7 anos. Sini Tanimoto Orchards (California)

PRINCIPAIS VARIEDADES DE MARRÓNS E CASTAÑAS

En Europa o número de variedades cultivadas é moi grande. **Italia** contabiliza arredor dun milleiro de distintas denominacións de variedades deste froito, aínda que, igual ca noutros países, en moitos lugares recibe distintos nomes unha mesma variedade. Con todo, chegaron a diferenciar sobre trescentas variedades de castañas. Neste país, Brevigliere distingue as seguintes categorías: Marrón florentino ou casentinés, de forma ovalada alongada, de cor marrón habana con estrías ben marcadas, as dimensións medias xiran arredor dos 24 x 40 mm; pola súa vez comprende os marrón de Marradi; o marrón doméstico, cultivado no Ravenés (Brisighella); o marrón vermello, cultivado en Pavullo (Módena); e o marrón do val de Pessio. O marrón do monte Amiata é de longa conservación e dun sabor definido óptimo. O marrón de Avellino, constituído por unha variedade heteroxénea de marróns, entre os que destaca o marrón Serino de Androco, de froitos moi grandes; ás veces son suficientes 37 para completar un quilogramo. Marróns piemonteses, famosos sobre todo os do val do Cúneo e os da provincia de Torino, entre os que hai que salienta-los marróns de Chiusa de Pesio.



Na liña inferior castañas de *Castanea sativa*.

As superiores proceden de castaños da F₃ híbridos de *Castanea sativa* x *Castanea crenata*

(M^a. L. Viéitez M.)

En **Francia**, onde o castiñeiro ten unha gran tradición, cuns marróns de recoñecida fama, pódense menciona-los seguintes:

Bouche Rouge ou marrón de Vessex, variedade autóctona de orixe moi antiga, de cor vermella, atractiva, brillante, lixeiramente acostelada. Actualmente cultivada nas Ardennes, onde é dominante nas rexións de Vessex e en Saint-Andeol-de-Vals. Considéranse de gran calidade.

Bournette, híbrido natural de *Castanea crenata* x *C. sativa* descuberto en Ardeche arredor do 1948, de cor castaña clara, luminosa, atractiva, con numerosas estrías finas ben diferenciadas e unha cicatriz grande.

Camberoune, unha variedade indíxena orixinaria de Dordogne e cultivada na rexión de Villablard, Motagnac-la-Crempse, Vergt, asociada á Belle Epine. É de cor avermellada, pilosa, que se perde rapidamente.

Marigoule, híbrido natural de *Castanea crenata* x *C. sativa*, procedente de Migoule, preto de Brive. Desde hai varios anos culti-

vase en numerosas rexións tradicionais de produción de marrón. Os froitos son de cor caoba escura; cicatriz moi grande.

Marsol, híbrido natural suposto de *Castanea crenata* x *C. sativa*, atopado nunha plantación de Lalevade-d'Ardèche no 1948. Froitos de cor caoba avermellada brillante, cicatriz moi grande.

Marrón Comballe, variedade cultivada en Ardèche e en Lozère, rexións de Saint-Andeol-de-Vals, Lamastre, Saint-Privat-de-Vallon-gues e outros lugares. Froitos de cor vermella brillante con estrías negras ben diferenciadas, lixeiramente acostelados.

Marrón de Goujounac, coñecido tamén como marrón dobre de Goujounac. Cultívase na zona sur-leste da Dordogne e oeste de Lot, no macizo de Villefranche-du-Perigord. Froitos de cor castaña clara con estrías negras.

Marrón D'Olargues, é sinónimo de marrón Saint-Vicent, que se cultiva principalmente en Hérault, na rexión de Saint-Pons a Lamalou-les-Bains, particularmente en Saint-Vicent-Olargues e Prémian. Froitos na maduración de cor castaña avermellada, con estrías mouras moi marcadas, coa liña de contacto moi pilosa, o que é característico da variedade.

Marrón de Redon, variedade indíxena cultivada nos departamentos bretóns de Loire-Atlantique, Ille et Vilaine e Morbihan. Froitos de cor caoba avermellada, acostelados e estrías ben marcadas.

Marrón do Var ou marrón do Luc, de Collobrieres. Cultívase na rexión de Luc, de Collobrieres, da Garde-Freinet, preferentemente na exposición sur. Froitos de cor avermellada con estrías negras ben marcadas.

Hai outras variedades de marrón, de importancia secundaria, como: Agayune, Pellegrine, Sardonne, Bastarde, Camponese, Tichjulana, etc.

Nas modernas plantacións de castiñeiros en Francia, a partir do 1970, fixéronse moi populares dúas variedades: Marigoule, marrón de gran tamaño e semiprecoz, e Maraval, tamén marrón grande, semiprecoz e bastante produtor.

En **Portugal** a produción de castañas localízase nas zonas de Tras-os-Montes, Beira Interior, Beira Litoral, Alentexo e Madeira. Entre as variedades máis comercializadas figuran: judía, verdeal, martainha, cota, lado, baria, colarinha e negral.

Torres-Pereira et al. (1992) estudaron quimicamente as variedades de castañas vinhais, lado, judía, longal, lamela, aveleira, ben-feita, trigueira, negral, bebim e rebolona.

En **España**, polo que atinxe a **Galicia**, Elorrieta (l.c.) menciona, para a provincia de Lugo, como máis importantes as seguintes variedades:

Paxiana: cor marrón escura, tamaño regular, calidade mediana, temperá.

Verdeal: pardo escura, tamaño regular, calidade mediana, temperá.

Vilande: marrón escura, tamaño grande, calidade exquisita, temperá.

Buxeira: marrón clara, esbrancuxada, moi grande, calidade mediana, semitemperá.

De Pega: cor clara, moi pequena, calidade baixa, semiserodia.

Sangue: escura, bo tamaño, excelente calidade, serodia.

Tabelí: castaña escura, bo tamaño, calidade mediana, temperá.

Agrelo ou chantadina: marrón viva, tamaño mediano, moi boa calidade, temperá.

Loura: castaña clara, tamaño mediano, moi boa calidade, semitemperá.

Garrida: castaña escura, tamaño maior, moi boa calidade, semiserodia.

Rapada: marrón clara, bo tamaño, boa calidade, semiserodia.

Cabezuda: marrón clara, grande, calidade regular, semiserodia.

Toubesa: marrón escura, moi boa calidade, a mellor madeira, serodia.

Presa: marrón escura, grande, boa calidade, serodia.

Luguesa: marrón escura, grande, boa calidade, serodia.

Bravoleirado: marrón clara amarelada, tamaño regular, boa calidade, moi serodia.

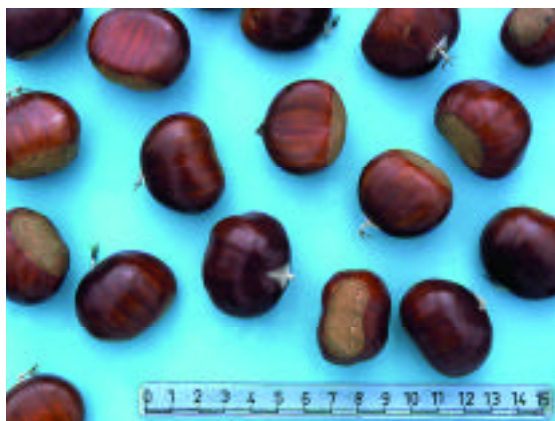
Picón: marrón clara amarelada, tamaño regular, boa calidade, moi serodia.

Verdiña: marrón clara, grande, boa calidade, moi serodia.

Parede: marrón escura, mediana, boa calidade, serodia.

Bicuda: castaña, puntiaguda, tamaño regular, boa, maduración intermedia.

Castañas do país, var. amarelante
(M^a. L. Viéitez M.)



Vermella: marrón clara, moi boa calidade, maduración intermedia.

Outras moitas variedades pódense mencionar: abrancazada, ría, osende, oucieira, amarela, etc.

O número das variedades locais é moi grande. Unha mesma variedade pode responder a varios nomes segundo a localidade onde se cultiva.

Da provincia de Lugo as zonas máis importantes como produtoras de castañas son os concellos de Taboada, Chantada, Monterroso e Antas de Ulla. Predominan as variedades abalá, loura e rañuda. Nos montes do Courel destacan as variedades presa e verdeá.

Unha idea da diversidade varietal das castañas pódea da-lo feito coñecido da produción da zona do Bolo, situada na provincia de Ourense, que no 1979 produciu un total de 420 t, que segundo J. A. Fernández Lamuño (1984) estivo composta por 16 variedades, porcentualmente distribuídas do seguinte modo:

VARIEDADE	% DA VARIEDADE
Praga do Bolo	15,87
Rapada	11,68
Inxerta	11,60
Puga d'Afora	11,48
Amarelante	10,85
Calvos	9,17
Verdello	8,77
Quiroguesa	5,98
Das Anchas	3,90
Bravos	3,51
Verde	2,39
Palmeiros	1,51
Praga do Val	1,27
Vidueiro	0,79
Raigona	0,63
Rozada	0,23

Na provincia de Pontevedra, a zona do partido xudicial de Lalín é a que ten importancia como produtora de castañas, nunha produción anual que se achega ás 900 t. O número de variedades é igualmente grande e confuso, non obstante gozan de particular renome as coñecidas como loura, rosario, abadá, pelada, temprá, patacudada, rañuda e mazaíña.

En **Asturias**, J. A. Fernández Lamuño (1984) resume as principais variedades asturianas de castañas na seguinte táboa:

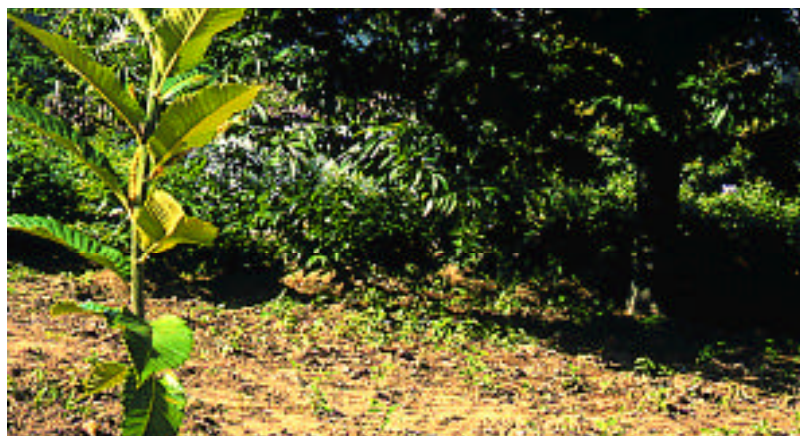
PRINCIPAIS VARIETADES DE CASTAÑAS ASTURIANAS			
Varietade	Outros nomes	Froito	Árbore
Parede	Parede, Chamberga, Gallega, Paré	Maduración media Tamaño mediano ou grande Calidade: excelente	A mellor como productora de madeira
Brava	Pagana Bravía	Maduración temperá (de bugallo) Tamaño pequeno Calidade: mala	Excelente como provedora de madeira
Rapuga	Simaro, Rapuga	Madurac. serodia Tamaño medio e pequeno Calidade: boa	A rolla é boa, pero no resto a penas dá madeira aproveitada
Negreira	Verdina, Belude	Madurac. serodia	Madeira de mala calidade
Naveixa	Vaquera negrera Virdina Obanca, Campa	Tamaño pequeno Calidade: mala Maduración temperá Tamaño medio Calidade: moi boa	Proporciona pezas longas e sas. Tendencia a "abrir"
Doriga	Duria Lorega, Chanclou Vegamesada	Maduración: serodia Tamaño pequeno Calidade: mediana a mala	Mala produción de madeira; esta de calidade inferior
Vaquera	Tebonga, Ovedana Gallega rubia Leinova	Maduración media Tamaño grande Calidade: mediana	Boa calidade de madeira. Pólas abertas en copas de bo diámetro

COMO SE MULTIPLICA O CASTIÑEIRO

Na natureza o castiñeiro propágase preferentemente por medio das castañas. Sen embargo, dada a gran facilidade que ten para formar xermolos epicórnicos, particularmente na base do tronco, en moitos casos propágase espontaneamente por medio da multiplicación vexetativa, aínda que o normal é que o faga sexualmente. A outra maneira utilízaa o home para a clonación do castiñeiro ou simplemente para mellora-la calidade dos seus froitos e por enxertos.

A VIDA SEXUAL

Unha vez que as castañas son liberadas dos ourizos, e mesmo cando caen con estes e permanecen sobre o chan, xerminan facilmente dando lugar a gran número de plántulas que xorden mesturadas coas follas e cos restos de ourizos que durante o inverno tapizan o chan do souto.



O castiñeiro propágase moi ben por sementes. Debaixo dun castiñeiro nacen moitos pola facilidade de xerminación das castañas (F. J. Viéitez M.)

A cantidade de plántulas de castiñeiro que espontaneamente xorden debaixo destas árbores depende, en boa medida, da abundancia da

fauna silvestre que habitualmente utiliza as castañas como alimento; especialmente durante a escaseza invernal que a forza a buscar toda clase de recursos alimentarios para soportar a crueza do frío. As castañas que non son comidas polos xabarís, esquíos, leiróns, ratiños de campo, corvos, gaios, pitas do monte onde aínda as haxa, etc. e tamén as que non son atacadas polos insectos que devoran o embrión e as incapacitan para xerminar, acaban dando lugar á formación de novas árbores. No caso do castiñeiro xaponés a súa capacidade invasora é tan considerable que, en Corea ou no propio Xapón, esta árbore é considerada como unha “mala herba”.

As castañas que caen ó chan xerminan con facilidade, en canto a temperatura ambiental sobrepasa os 2 °C. Non necesitan estar soterradas para facelo. Coa humidade propia dos cotiledóns, en parte mantida polos restos de follas e de ourizos que se mesturan coas castañas, os embrións xerminan facilmente e dan lugar a unha nova planta.

A utilización da vía sexual para producir castiñeiros require a conservación das sementes por estratificación. Correctamente realizada permite manter as castañas en boas condicións de xerminación durante moito tempo, ata 30-40 meses.

Deberá comezar por un bo tratamento, cunha solución concentrada dun fungicida de espectro amplo, que elimine as esporas dos fungos que habitualmente producen a podremia das castañas. Tamén é aconsellable a esterilización do material usado na estratificación, tal como area, serraduras, turba, etc. A temperatura de almacenamento das castañas estratificadas deberá oscilar entre -5 e 0 °C, evitando chegar ós 2 °C, porque comeza a súa xeminação a esa temperatura.

Normalmente, os viveiros de castiñeiros adoitan facerse a finais de marzo ou de abril para evitar os danos dos roedores e das xeadas. Frecuentemente, ó colle-lo material que estivo estratificado, parte das castañas xa están xerminadas, coa radícula principal de varios centímetros. Isto non representa maior inconveniente para semear as castañas, se se ten coidado para que non rompa a raíz principal.

Ó xerminar a castaña primeiro forma unha raíz gorda, esbrancuxada, que medra rapidamente. Nela diferéncianse claramente as tres zonas de crecemento: a apical ou de mitose, de 2-3 mm e de cor amarelada, onde se xeran as células da raíz. Segue a zona de elongación, de cor branca, de varios centíme-

Castañas xerminando, coas raíces secundarias formadas e emerxendo os ligamentos cotiledonares e o epicotilo
(M^a. L. Viéitez M.)



tros de lonxitude, onde as células formadas na zona xeratriz experimentan unha grande elongación ó mesmo tempo que inician a súa diferenciación citoplasmática. Finalmente está a terceira zona, a de diferenciación, de cor castaña-clara, na que se forman as raíces secundarias que aumentan cando se corta a raíz pola parte terminal da zona de elongación. Cando durante a manipulación das castañas xerminadas rompe a raíz principal, pola zona de elongación, forza o crecemento das raiciñas da zona de diferenciación. Ás veces, isto é aconsellable facelo para evitar ter que manexar castañas xerminadas con raíces principais que poden chegar a ter 10-15 cm de lonxitude ou máis, o que representa unha molestia para a súa manipulación e ningunha vantaxe aparente.

OS MÉTODOS VEXETATIVOS

No castiñeiro a propagación por vía asexual ou vexetativa adquiriu unha singular importancia. Quizais sexa das especies arbóreas que máis chamou a atención de fisiólogos, horticultores e viveiristas. Os problemas que orixina o envarado ou gallado do castiñeiro foron motivo de atención de numerosos científicos dos países da súa ampla área de dispersión xeográfica no mundo.

A propagación vexetativa fíxose especialmente relevante cando se comprobou a necesidade de multiplicar por esta vía os castiñeiros resistentes. Esta era a única forma de conserva-la resistencia ás enfermidades da tinta ou do cancro, gobernadas por xenes recesivos.

Por outra banda, a clonación das variedades de marróns e castañas máis apreciadas, tanto polas súas calidades organolécticas coma pola súa actitude para seren industrializadas, motivou que sobre o castiñeiro se utilizaran numerosas formas de enxertado.

Os acodos baixos tamén son utilizados na propagación dos castiñeiros para a iniciación de clons.

A aparición da biotecnoloxía do cultivo *in vitro* foi rapidamente asumida polos centros dedicados ó estudo da propagación

Enxerto de coroa, feito a ras do chan para provoca-lo enraizamento da puga e así inicia-la clonación, constituíndo o chamado orteto. Utilízase para poder clonar grandes castiñeiros. Enxerto ós tres anos (E. Viéitez C.)



do castiñeiro. Nesta moderna tecnoloxía son moitas as esperanzas depositadas para poder logra-la clonación fácil de castiñeiros; e dentro da tecnoloxía do cultivo *in vitro*, a embrioxénese somática aparece tan atractiva coma interesante para a obtención de novas formas de castiñeiros e a súa multiplicación masiva.

OS ACODOS

O acodo ten como fundamento a formación de raíces adventicias nas pólas do castiñeiro mentres permanecen unidas ó castiñeiro nai. Son separadas despois de que enraícen, para ser pasadas ó solo, na estación de repouso. O que formen ou non raíces depende moito das variedades do castiñeiro. En xeral, dificilmente chegan a formar raíces se non se someten a determinados tratamentos con auxinas ou reguladores de crecemento.

Acodo alto

É utilizado en floricultura arbórea para propagar algunhas especies difíciles de enraizar por gallos.

O método de acodo aéreo foille aplicado ó castiñeiro, sen éxito, por Urquijo (1952), Graves e Nienstaedt (1952) e Nienstaedt e Graves (1955). Despois, Viéitez (1955) aplicou auxinas no acodo aéreo do castiñeiro e conseguiu o seu enraizamento por primeira vez.

O descubrimento das auxinas e as súas propiedades fisiolóxicas supuxeron un dos acontecementos notables da Fisioloxía Vexetal, ó permitir descubri-lo mecanismo hormonal das plantas coa identificación química da hormona do crecemento, o ácido indolil-3 acético, coñecido por AIA.

Axiña se sabería que esta hormona interviña en numerosos procesos fisiolóxicos como formación de raíces, caída das follas, elongación de talos, xermolamento de xemas, etc.

Estas propiedades fixeron que a industria lle prestase especial atención e sintetizase numerosos compostos químicos de accións similares ás hormonas vexetais que en conxunto acabaron chamándose auxinas, reguladores do crecemento vexetal ou simplemente hormonas vexetais. Os científicos trataron de evitar esta confusión pero non o conseguiron. Pretendeuse que fosen denominadas como hormonas vexetais aqueles compostos que, producidos pola planta, exercían a súa acción fisiolóxica na mesma. As auxinas serían as substancias químicas, producidas polo home, que eran capaces de exercer os mesmos efectos cás hormonas vexetais.

O atractivo das auxinas foi tal que a industria se botou abertamente á súa produción comercial. Adiantouse ós propios centros de investigación dedicados en todo o mundo ó estudio destas substancias. O normal é que a industria reciba os achados dos centros de investigación con certo receo, e só despois de minuciosos estudos de rendibilidade económica decidese ou non a comercializa-lo que o científico descubriu no laboratorio.

O caso das auxinas foi sorprendentemente diferente. A industria engaiolouse coas súas propiedades e aplicacións de tal forma que se lanzou abertamente á súa fabricación. Era o primeiro exemplo coñecido no que a industria foi por diante da investigación. Durante a estadia na Misión Biolóxica de Galicia, Ernesto Viéitez, como investigador científico, xefe da sección de Fisioloxía Vexetal, tivo ocasión de estudiala acción das substancias hormonais ou auxinas sobre o acodo alto do castiñeiro (Viéitez, 1955). Contrariamente á opinión xeneralizada doutros autores, demostraría por vez primeira que o castiñeiro era capaz de formar raíces coa utilización daquelas substancias.

Nas conclusións daquel traballo salientábase a variabilidade da resposta, a sensibilidade estacional do castiñeiro e a enérxica acción amosada de certos tratamentos con auxinas, cunha estrutura química que tiña derivados halóxenos do ácido fenoxiacético. Estes compostos provocaban fortes fenómenos tóxicos que ían seguidos da formación de raíces no castiñeiro. A capacidade rizoxénica destes compostos aparecía enmascarada pola súa toxicidade. Manifestada pola aparición de fortes epinastias nos gromos novos; excesiva proliferación do parénquima cortical, que acababa producindo a rotura linear da casca, aparecendo as células con características friables; necrose do ápice; paralización do crecemento; etc. Toda unha serie de fenómenos negativos que enmascaraban o proceso de formación de raíces, de tal forma que non tiñan aplicación práctica pola forte toxicidade daqueles compostos que por entón se estenderan sorprendentemente na agricultura como novedosos herbicidas.

A necesidade de eliminar estes fenómenos tóxicos indesexables, das boas propiedades rizoxénicas, obrigou entón a facer novas experiencias, utilizando unha ampla colección deste tipo de compostos, por aqueles tempos completamente novos en España; foi a primeira vez que se aplicaron no noso país.

O primeiro enraizamento adventicio do castiñeiro foi logrado coa auxina AIB, en acodo aéreo, por Ernesto Viéitez na Misión Biolóxica de Galicia. Foi o descubrimento da reactividade rizoxénica do castiñeiro (E. Viéitez C.)



Había pouco tempo que este autor volvera dunha longa estada en Inglaterra, que lle permitira familiarizarse con algo entón novo: as hormonas vexetais. Non só se especializara naquel campo da Fisioloxía Vexetal, senón que puido adquirir gran número destes compostos que trouxo ó se incorporar á Misión Biolóxica de Galicia, o que lle permitiu realizar estudos no acodo alto do castiñeiro utilizando moitos compostos, tales como os ácidos indol-3-butírico, indol-3-acético, e β -naftalenacético, 2,4-diclorofenoxiacético, 2,4-diclorofenoxi-n-butírico, 2,4-diclorofenoxipropiónico, trietanolamina, etonalamina, dimetilamina e trimetilamina do 2,4-D, ácido 4 cloro, 2 metilfenoxiacético, ácido 2,5-diclorofenoxipropiónico, dimetilamina do 2,5-D, o ácido 2,6-diclorofenoxiacético, iso-propil-N-fenilcarbomato e o sal sódico do 2,4-D.

Estes compostos, en doses que oscilaron entre 0,1 e 10 mg/g, utilizáronse sós ou combinados, baixo forma de pasta de lanolina, coa que foron tratadas pólas de castiñeiro en acodo alto. Púidose comprobar como a mestura dos ácidos indol-3-butírico e β -naftalenacético deu os mellores resultados. Amosaron unha acción sinérxica con respecto a cada un destes compostos, en igualdade de concentracións. A incorporación a esta mestura de 0,01 mg/g de 2,4-D incrementaba a resposta rizoxénica, comprobando como a marxe de seguridade deste composto é moi pequena, producindo fenómenos tóxicos que desvirtúan os bos resultados na formación de raíces. Tamén se comprobou como a capacidade rizoxénica do castiñeiro no acodo alto, para os tratamentos hormonais, diminúe considerablemente desde maio ou xuño. Despois xa non dá respostas positivas. A conclusión foi que a reactividade rizoxénica do acodo alto do castiñeiro dependía de factores como o estado de crecemento, a época de tratamento, a natureza dos compostos hormonais aplicados e a concentración dos mesmos.

O ácido indol-3 butírico probou se-la auxina máis eficaz tanto pola súa ampla marxe de seguridade na dosificación, coma na porcentaxe de enraizamento e no tipo das raíces formadas, marcadamente fibrosas, idóneas para calquera manipulación posterior.

O modo de realiza-lo acodo alto variou desde os primeiros tempos. Entón, a póla que se quería enraizar rodeábase de terra a súa base nun testro de barro, nunha lata ou nun pequeno caixón. Cumpría deixar transcorrer un período de tempo longo, segundo a especie, e non sempre se lograba a formación de raíces. Algúns autores axudaban ó enraizamento facendo un descascado anular de 1-2 cm de ancho ou anelando a póla con arame de ferro. O efecto de ámbolos procedementos é o mesmo: provocar unha acumulación dos produtos de fotosíntese que, en movemento descendente a través dos tubos cribosos do

floema, se dirixen desde as follas cara ás raíces. Tanto o anelado coma o descascado interceptan este fluxo dos fotosintetatos, acumulándoos nun inchado da casca encima da zona tratada. A concentración destes produtos determina unha maior facilidade da formación de raíces. É probable que entre os compostos acumulados se atopen os factores rizoxénicos.

Nos traballos realizados por Viéitez (1955) sobre o acodo alto do castiñeiro como banco de proba de auxinas, os tratamentos foron aplicados dun modo sinxelo. Os compostos químicos utilizados, correctamente dosificados e disoltos en alcohol, mesturáronse uniformemente con lanolina quentada suavemente ata evapora-lo alcohol. A pasta así formada aplicábase cun pincel sobre unha franxa duns 2-3 cm da póla elixida. Despois envolveuse cun pouco de brión de esfagno húmido arredor da zona tratada. Finalmente rodeábase todo cun plástico que, atado nos extremos, mantiña as condicións necesarias para a formación de raíces todo o tempo que fose necesario. Moitas veces estas aparecían, ás poucas semanas, mesturadas co brión, sendo visibles a traves do plástico sen necesidade de quita-la envoltura. Noutros casos había que retirar-lo plástico e mailo brión para coñece-lo efecto do tratamento.

O composto que se amosou como máis adecuado para induci-la formación de raíces no castiñeiro foi o ácido indol-3-butírico, capaz de orixinar ós 2-3 meses abundantes raíces fibrosas, de aspecto normal.

A etiolización e mailo sombreado como factores de rizoxénese

De tódolos efectos que inflúen na rizoxénese merece ser destacada a etiolación previa da zona da póla que recibe o tratamento. Este fenómeno consiste en facer medrar unha póla ou unha parte da mesma en ausencia de luz. Isto conséguese sombreando a parte a etiolar, utilizando papel de aluminio ou cinta plástica adhesiva negra, arredor da zona elixida.

A etiolación do castiñeiro foi estudiaada no 1974 (Ana M.^a Viéitez e Ernesto Viéitez) para estimular-la rizoxénese, a través da súa incidencia sobre o desenvolvemento do anel esclerenquimático do floema, atrasando a formación de esclereidas ou diminuindo a lignificación do mesmo.

Como a orixe das esclereidas é secundaria, a partir de células parenquimáticas xa diferenciadas e das fibras procambiais ou cambiais, resulta máis factible incidir sobre o desenvolvemento daquelas; con isto creáranse vías máis fáciles para a emerxencia dos primordios radicais ó exterior da póla etiolada.

Nos traballos de 1974 estulouse o efecto da etiolación combinada con auxinas. A etiolación fíxose a principios de xuño, cando os xermolos tiñan un mes, recubrindo uns 15 cm da zona basal con papel de aluminio enrolado sobre o talo. A auxina mesturada con vaselina aplícase previamente antes de coloca-lo papel de aluminio. As doses de auxina usadas foi 4 mg/g de ácido indol-3-butírico (AIB) mais 4 mg/g de ácido -naftalenacético (ANA).

O tratamento sobre as novas zonas das pólas do castiñeiro fíxose de tal forma que estas foron etioladas e tratadas con auxina nas zonas basal, media e apical. Simultaneamente montáronse controis etiolados do mesmo modo, pero sen tratamento con auxinas.

Ó levanta-las envolturas de papel de aluminio, no mes de novembro, púidose comprobar como a etiolación de seu era capaz de mellora-la formación de raíces, en tódalas zonas das pólas ás que se lles practicara, e que a combinación co tratamento auxínico provocou un grande aumento da resposta de rizoxénese, sobre todo nas partes media e apical.

A formación das raíces debaixo das envolturas de papel de aluminio produciuse pouco tempo despois de seren colocadas. As respostas ós tratamentos con auxinas tamén se producen axiña, ós 25-35 días da súa aplicación. Isto fixo que, cando se observaron as respostas en novembro, as abundantes raíces aparecesen comprimidas pola envoltura que non as deixou medrar máis. A finalidade era coñece-lo grao de resposta do acodo alto das pólas do castiñeiro á etiolación, soa ou combinada con auxinas. Os resultados demostraron como a etiolación por si soa aumentaba o enraizamento e que coa adición de auxinas a resposta se incrementou ata o 100% na zona media. Tamén foi notable a acción das auxinas, combinadas coa etiolación, cando se aplicaron na zona apical. Normalmente esta presenta moi baixa resposta ó enraizamento, un 3-4%, e co tratamento de auxinas pasou ó 79%.

O tratamento auxínico provocou unha gran proliferación celular na rexión do parénquima floemático, sendo esta zona onde se diferencian os primordios radicais. O empuxe da gran masa de parénquima, en unión ó primordio radical, foi superior á resistencia ofrecida polo anel de esclerenquima. A consecuencia foi o seu desprazamento e acabou por se escindir, dando paso ás raíces.

Na rexión apical, de moi difícil enraizamento, o anel esclerenquimático continuo, o empuxe do primordio inducido polas auxinas, foi suficiente para rompe-la vaiña de esclerenquima. A formación de raíces no ápice da póla foi realmente sorprendente.

Acodo baixo ou aporcado

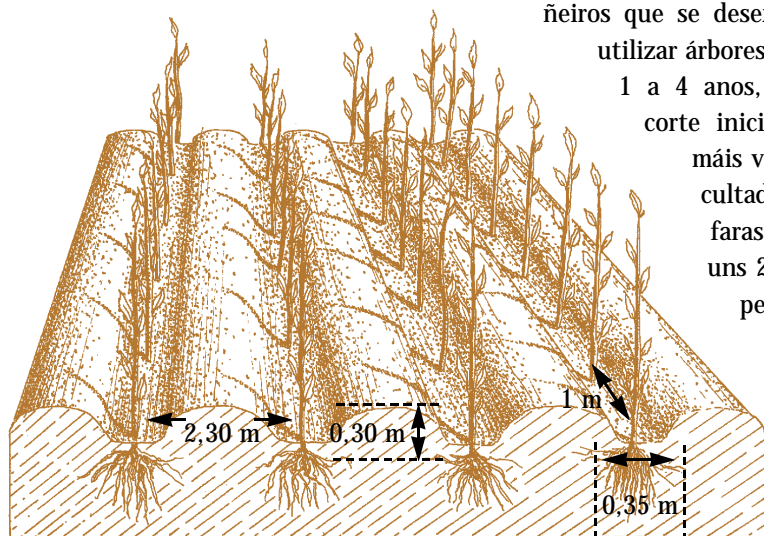
Non se pode considerar como un acodo baixo no sentido real da súa significación. Ten de común con este que os xermolos ou rebentos están coas súas bases na terra, onde formarán as raíces. O aporcado significa o corte ou recepaxe do castiñeiro ó nivel do chan, a formación de rebentos e o recubrimento parcial, con terra, das súas bases para que formen raíces.

Os ingleses chámanlle a este método de propagación vexetativa “stooling” ou “stool bed”, do que é unha modalidade o “layering”; os alemáns “vermehrung”; os franceses “marcottage” e os italianos “margotta”. É un procedemento que admite moitas variantes, moi utilizado en fructicultura e floricultura de especies leñosas. De feito, o único procedemento válido para a clonación de castiñeiros en cantidade comercial ata a utilización do cultivo *in vitro*.

En Francia utilizan este método para clonar castiñeiros, anelando os rebentos con arame de ferro de 0,5 mm de diámetro (Schad et al., 1952) e tamén en Suíza (Bazzigher, 1981). En España utilízase aplicando auxinas na base dos rebentos (Viéitez, 1955) e en Portugal utilizan un método mixto, combinando o anelado con arame e as auxinas (Fernandes, 1972).

Os primeiros traballos de acodo baixo ou aporcado na Misión Biolóxica de Galicia fixémoslos utilizando caixóns de madeira para aterra-las ramas (E. Viéitez C.)





Esquema de plantación de castiñeiros resistentes para a súa propagación vexetativa por acodo baixo ou apoucado

Ó cabo duns anos, con esta separación, facilmente chegarán a contactar os rebentos dos castiñeiros nai, próximos entre si; isto dificulta a produción de plantas enraizadas, chamadas barbados.

A plantación dos castiñeiros que van actuar como plantas nai realízase no inverno. Durante 2 ou 3 anos déixanse que medren para afianzalos. Nos meses de decembro-xaneiro seguintes córtanse a nivel do chan, ou mellor a uns 10 cm por debaixo do mesmo; neste caso, ó face-la plantación inicial deberase previr esta operación. A data da corta do castiñeiro nai ten moita influencia sobre o xermolamento e a formación de rebentos que posteriormente se farán enraizar. Como regra xeral pódese dicir que canto máis tarde se realice a corta, máis difícil será o xermolamento. Nos países temperados, cando se fai tarde, en marzo ou abril, hai moitas posibilidades de que non se produza o xermolamento ou que este sexa insuficiente. O máis aconsellable é facela en decembro-xaneiro, tratando o corte con pintura funxicida ou mastic protector; aínda que isto non é realmente necesario, si resulta recomendable.



Castiñeiro despois de elimina-lo caixón coa terra. As ramas tratadas con auxinas forman abundantes raíces (E. Viéitez C.)

O proceso comeza coa plantación dos castiñeiros que se desexa propagar. É aconsellable utilizar árbores canto máis novas mellor, de 1 a 4 anos, porque soportan mellor o corte inicial a nivel do chan. Canto máis vello é o castiñeiro máis dificultades presenta. A plantación farase en filas separadas entre si uns 2,3 metros, de tal forma que permita a mecanización fácil dos labores. A distancia dos castiñeiros, na mesma fila, deberá ser dun metro, porque, ó se faceren vellos, os rebentos chegan a ocupar unha área considerable.

A formación dos xermolos comeza a primeiros de abril, dependendo das condicións climáticas, da latitude e da variedade do castiñeiro. Esta data é a que usualmente se produce nas nosas condicións xeográficas. A mediados de maio e ata mediados de xuño trátanse os rebentos e entérrase a súa base con terra. Operación que se coñece como aporcado e que tamén lle dá o nome a este método de propagación vexetativa.

Antes do tratamento lévase a cabo a eliminación dos xermolos menores. Os seleccionados son defoliados na súa base para lles aplicar, cun pincel, a pasta de auxinas de enraizamento, formada por unha mestura de ácido -naftalénico (ANA) e ácido indol-3-butírico (AIB), que actúan sinerxicamente, dando lugar á formación de raíces fibrosas. A concentración de auxinas utilizada depende do estado de crecemento dos xermolos. Ó principio, desde mediados de maio é recomendable utilizar 2 mg/g de ANA + 2 mg/g de AIB. A partir de primeiros de xuño, coincidindo cun maior crecemento dos xermolos, hai que utilizar maior concentración de auxinas, 4 mg/g + 4 mg/g de cada unha daquelas dá resultados óptimos.

A resposta de enraizamento depende moito das condicións xenéticas da planta nai e é a responsable da variabilidade.

Para a preparación das pastas auxínicas pésanse por separado a vaselina e as auxinas, de acordo coa concentración desexada. Disólvense estas en alcohol de 96° en cantidade suficiente e a solución mestúrase coa vaselina previamente fundida, evitando sobrequentala. Axítase durante uns minutos para eliminarlo alcohol por evaporación e obter unha mestura homoxénea das auxinas. A pasta así preparada deberase gardar na neveira nun recipiente escuro. Unha das auxinas, o AIB, é descomposto pola luz e pola temperatura ambiente. A outra, o ANA, é máis estable. A duración eficaz da mestura vén reducida pola inestabilidade da auxina indólica. É aconsellable preparalas antes de usalas xa que son activas uns meses, sempre que se garden correctamente nun frasco escuro na neveira.

A eficacia destes tratamentos, é dicir, o enraizamento dos xermolos, depende moito da época en que se apliquen; canto máis novo é o xermolo mellor enraí-

Producción de castiñeiros resistentes no Centro Forestal de Lourizán, polo método de aporcado, o mes de xuño
(E. Viéitez C.)



za. En Galicia, despois de mediados de xuño, a capacidade de responder ó tratamento auxínico chega a perderse e non enraíza. A súa aplicación antes de mediados de maio ten o inconveniente de que os xermolos tan novos son moi susceptibles ás auxinas e dan lugar a fenómenos de toxicidade, manifestados por necroses do extremo apical e das follas superiores.

Outra das condicións que pode afectar á resposta de enraizamento, nesta modalidade de propagación do castiñeiro, é o tipo de solo utilizado para recubrir ou aporca-los xermolos; convén que sexan soltos; ácidos de pH 4,5 a 5,5. Non son aconsellables os solos compactos e pesados. As condicións edafolóxicas tamén inflúen no tipo de raíces formadas. Unha humidade excesiva é desfavorable non só para o enraizamento senón tamén para a planta nai que orixinou os xermolos, podendo chegar a producirse a súa morte. Cunha humidade moderada, pero superior á óptima, as raíces formadas son máis ben fráxiles, de cor esbranxugada, e contrastan as raíces fibrosas, resistentes á manipulación, que se forman cando o contido hídrico do solo é o correcto.

A variedade do castiñeiro é outro dos factores que tamén inflúen no enraizamento dos xermolos. Hai variedades que responden moi ben ós tratamentos con auxinas ou ó anelado e incluso os hai cuns xermolos que enraízan sen tratamento, mentres que outros o fan con dificultade ou non forman raíces nunca. Nunha mesma planta nai de castiñeiro pode haber xermolos distintamente enraizados, en parte debido a que no momento en que se aplica a pasta auxínica non tódolos xermolos teñen a mesma idade fisiolóxica, o que determina unha certa variabilidade no enraizamento.

Na resposta de enraizamento dos xermolos tamén inflúe o seu vigor de crecemento. Hai unha certa correlación entre a facilidade con que responden ós tratamentos con auxinas, formando raíces, e o vigor dos xermolos. Comprobamos que en clons de castiñeiro con moi bo crecemento, os xermolos formados nas cepas nai, canto máis vigoroso era o seu crecemento máis dificilmente formaban raíces. Nalgúns casos eran incapaces de enraizar.

Pensouse que, reducindo o vigor do crecemento dos xermolos formados na cepa nai, se favorecería a formación de raíces nos mesmos (Viéitez, 1955). Estudiámo-lo efecto exercido sobre o vigor de crecemento de rebentos rebeldes ó enraizamento, utilizando retardadores do crecemento. Para iso elixiuse un clon que non enraizaba cun crecemento moi vigoroso. Foi tratado con hidrácida maleica, aplicada en tres concentracións de 1.000, 2.000 e 3.000 ppm aplicada en forma de pulverización sobre a follaxe, feita a mediados de xuño. Ó observa-la resposta, ó remata-lo outono, púidose comprobar que se produciu unha mellora

do enraizamento que se incrementou co aumento da concentración da hidrácida maleica, que é un retardador do crecemento.

O modo de face-lo aporcado ou amoreamento do solo sobre os rebentos do castiñeiro tratados pode ser causa de fallos nas respostas de enraizamento se se fai escasamente, en parte polo déficit hídrico arredor da zona tratada. É aconsellable que o amoreamento do solo se faga gradualmente a medida que van medrando os rebentos, comezando a continuación da aplicación das auxinas. Deberá ser revisado unha ou dúas veces nos meses seguintes para asegurarse de que as zonas do tratamento queden ben recubertas con terra e con iso se favoreza o seu enraizamento.

A formación das raíces iníciase ás 3-5 semanas de seren tratados os rebentos coas auxinas, continuando o seu crecemento ata mediados do outono. Durante o período de crecemento dos rebentos, desde maio ata novembro, nos meses de verán é aconsellable aplicar rega por aspersión 2 ou 3 veces no caso de que non chova. Non é indispensable a rega pero si favorece o crecemento dos rebentos que están enraizando.

Os rebentos enraizados chámanse barbados, polo aspecto das súas raíces (E. Viéitez C.)

LEVANTAMENTO DOS BARBADOS

Os rebentos enraizados chámanse barbados pola forma das súas raíces. O seu levantamento faise ó final do outono e comezo do inverno. Se o outono foi chuvioso e non houbo xeadas é frecuente chegar ó final de novembro ou principios de decembro cos rebentos que teñen as follas verdes. O normal é que a mediados de novembro comece a viradura da follaxe, aparecendo a tonalidade amarelada das follas, previa á súa caída outonal, xeralmente acelerada por xeadas. Os barbados poden presentar un sistema radical máis ou menos denso, depende do clon utilizado como planta nai. Tamén pode variar duns rebentos a outros nunha mesma cepa. Isto adoita deberse á distinta idade fisiolóxica que poden presentar os rebentos a aplicar ás auxinas ou a posibles defectos ó face-lo aporcado do solo sobre estes; incluso pode haber rebentos que non formaron raíces.

Os rebentos que non formaron raíces pódense utilizar ó ano seguinte para envarado.



Comprobamos que este material, utilizado como varas, ó seren tratadas con auxinas, responde formando raíces. Deste modo apróveitase para producir novos castiñeiros por envarado.

As auxinas recomendadas para este tipo de envarado son 5 mg/g ANA + 5 mg/g AIB aplicadas nunha mestura con pos de talco. As condicións técnicas para o enraizamento deste tipo de envarado han de ser rigorosas.

A razón de que varas leñosas de castiñeiro, coma as que acabamos de describir, respondan ben ó enraizamento, en contraposición ó que normalmente sucede, hai que explicala pola intervención do fenómeno da etiolización.

No caso dos rebentos aporcados con terra, que foron incapaces de formar raíces, o feito de que permanecera enterrada a súa base, sen luz, provocóulle-la etiolación, co conseguinte cambio anatómico e bioquímico, creando unhas condicións favorables para enraizaren ó seren tratadas con auxinas.

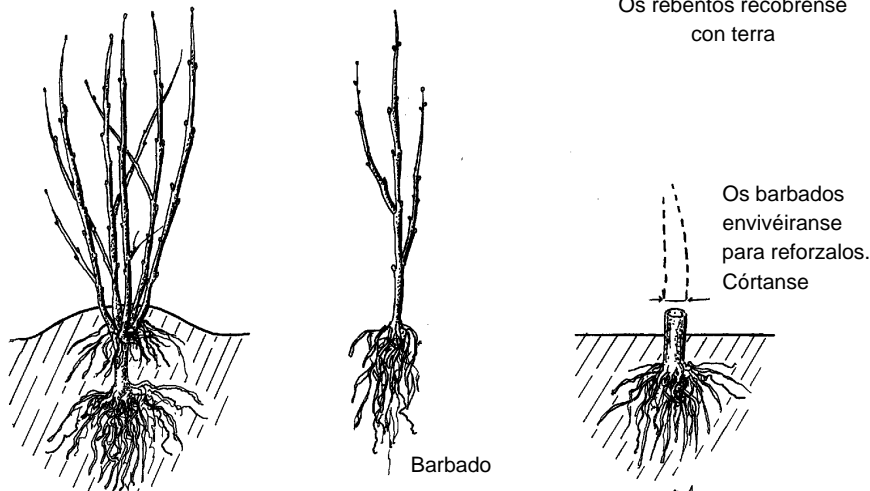
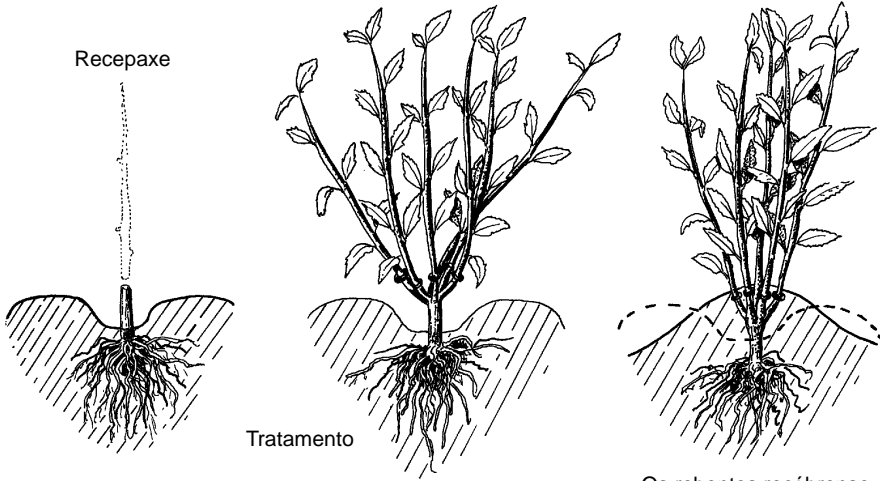


Canto maior sexa o número de rebentos, mellor é o rendemento (E. Viéitez C.)

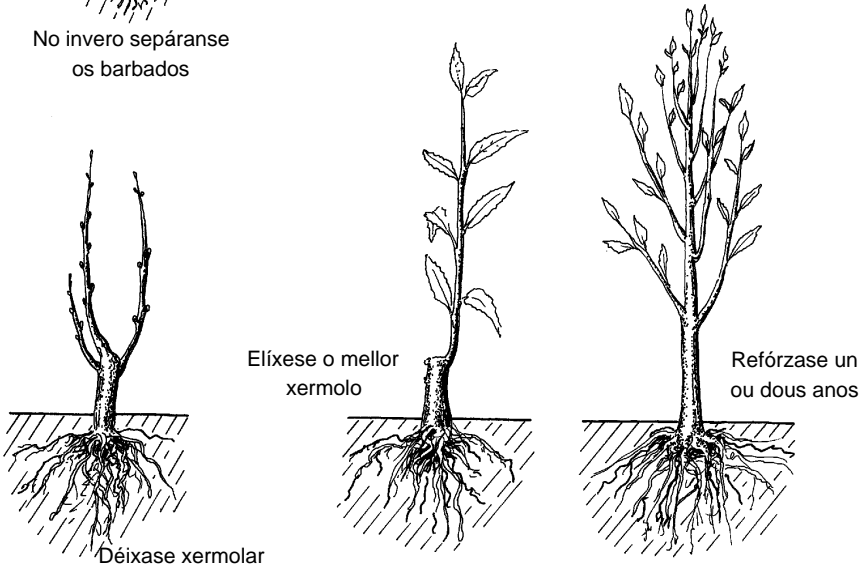
COIDADO DOS BARBADOS

O posterior manexo dos barbados require algúns coidados que poden influír na rapidez de crecemento e no porte dos futuros castiñeiros. Os rebentos non adoitan ser uniformes; os que se forman no centro da cepa nai tenden a ser erectos, mentres que os que se orixinan na periferia da mesma adoitan ser curvados. Este defecto evítase enviveirando os barbados, e, ó segundo ano mellor có primeiro, córtanse a uns 10-15 cm sobre o nivel do chan, deixando que medre un único xermolo, que dará lugar a un talo vertical ben formado. Esta práctica tamén é aconsellable para tódolos barbados enraizados. Dá lugar sempre a árbores con porte erecto e cun sistema radical ben formado e abundante. O encarecemento que supón reforzalos nun viveiro, durante 2-3 anos, vese compensado polo bo crecemento posterior do castiñeiro, unha vez plantados no sitio definitivo.

Ó planta-los barbados no seu lugar definitivo, sen previamente reforzalos nun viveiro, tamén é aconsellable cortalos a unha altura de 15-20 cm sobre o chan. Con frecuencia, as raíces que levan non acostuman ser adecuadas para soportar e alimentar a unha planta vigorosa e



No inverno sepáranse os barbados



Secuencias do enraizamento dos rebentos do castiñeiro durante o seu aporcado

por iso se atrasa o seu crecemento e mesmo a súa forma. Despois de cortalo agromarán varios rebentos, dos que se deberá deixa-lo máis vigoroso e próximo ó corte.

Con frecuencia a xente resístese a esta práctica porque cre que se atrasa ou prexudica ó castiñeiro, cando o favorece.

A RIZOXÉNESE DO CASTIÑEIRO DURANTE O APORCADO

Ata o advento da biotecnoloxía do cultivo *in vitro* ou micropropagación, o procedemento xeneralizado de propagación en grande escala foi e segue a se-lo “aporcado”, que, ata certo punto, é unha forma de acodo baixo. O enraizamento das partes aéreas –os xermolos– prodúcese no solo, amoreando ou aporcando terra sobre a base dos rebentos formados pola cepa nai, recepada a nivel do chan.

Os italianos Biricelti e colaboradores (1994) estudaron as alteracións anatómicas producidas durante a rizoxénese adventicia no aporcado. Utilizando como material o híbrido euroxaponés Migoule 15, chegan á conclusión de que o anelado altera profundamente a estrutura anatómica dos rebentos do castiñeiro e que a formación de raíces se produciu nun tempo bastante longo, estando asociada a cambios histolóxicos nas zonas do anelado.

Viéitez en 1955 comprobou como a rizoxénere se producía pouco despois de aplica-las auxinas e que o castiñeiro tiña un “tempo crítico” de reactividade hormonal para produci-las raíces, sendo nula ou pobre a resposta se os tratamentos eran aplicados despois do “tempo crítico”, e que a resposta era variable e estaba vinculada ó xenoma. Mentres o carácter sátiva favorecía a rizoxénese, o xaponés e o chinés considéranse negativos no sentido de que fan máis difícil a rizoxénese. A variabilidade desta pode ser moi grande duns cultivares a outros.

Aqueles autores italianos (l.c.) descoñecían os traballos que, sobre as relacións rizoxénese do castiñeiro e as súas características anatómicas, se realizaron no Grupo de Santiago moitos anos antes. No 1973, Ana María Viéitez Martín, na súa tese de doutoramento, estudiou as condicións histolóxicas relacionadas coa rizoxénese do castiñeiro e dos parámetros que as modifican tales como o tecido de esclerenquima perifloemático estreitamente relacionado coa rizoxénese, a influencia da idade da planta, da etiolación, factores nutritivos, efecto da luz, tanto en calidade coma en intensidade, etc. Esta autora (l.c.) destaca que a progresiva complexidade da vaíña esclerenquimática do talo vai acompañada dunha perda de capacidade rizoxénica ata se anular antes dun

ano. Nos xermolos de castiñeiros adultos recepados, que perden a súa capacidade de enraizar, comprobouse a formación dunha estrutura esclerenquimática complexa, con esclereidas que alcanzan gran desenvolvemento: 62 μm de longo por 32 de ancho.

Non se pode considera-lo anel esclerenquimático como factor determinante exclusivo da rizoxénese, pero si ten unha importancia real na formación das raíces. A idade e a etiolación que aparecen como determinantes do desenvolvemento do anel de esclerénquima están correlacionadas coa capacidade de rizoxénese.

Algúns dos procesos bioquímicos que teñen lugar durante a rizoxénese do castiñeiro no aporcado foron estudados por Fabbri et al. (1994), tales como o efecto que sobre a efectividade das encimas AIA-oxidasa, peroxidasa e polifenoloxidasa exercen o anelado e a etiolación dos rebentos do castiñeiro. Puideron comprobar como o comportamento destas encimas non é afectado na zona etiolada, pero si na apical, cunha forte caída. O anelado aumentou a actividade daquelas encimas, o que foi atribuído á acumulación enriba do anel de asimilados floemáticos, particularmente hormonas e cofactores. Tanto a etiolación coma o anelado produciron fluctuacións da actividade encimática, ó longo do proceso de enraizamento, cun aumento pouco despois do anelado e da etiolación. A maior actividade produciuse na segunda metade do verán, cunha caída notable en outubro e novembro, é dicir, ó final do proceso de enraizamento.

ENVARADO

Os ingleses chámanlle “cuttage” ou simplemente “cutting”; os portugueses “estacería”; os franceses “bouturage”; os alemáns “stec-klinge” e os italianos “talee”. Tamén se coñece por “gallado”, aínda que esta denominación sexa preferentemente utilizada nas plantas herbáceas. É o método máis importante, máis cómodo, máis económico e máis práctico de reproducir plantas asexualmente. Con pouco traballo e un baixo custo permite obter gran número de plantas; nuns casos o enraizamento das varas ou gallos prodúcese facilmente; noutros a formación de raíces faise máis difícil e en certas plantas non se chega a producir, impedindo a súa propagación por envarado.

O éxito do envarado depende dunha serie de factores internos e externos. Dos que cómpre destacármolo tipo de vara utilizada: leñosa ou herbácea, de madeira dura, semidura ou branda; gallos de folla, varas de raíz; condicións de crecemento da planta nai; a súa situación na póla; a idade da planta nai; as características xenéticas e a etiolación previa; inducción de alto potencial de enraizamento nas varas mediante demou-

cas intensas, formación de sebes de plantas nai enxertando material adulto en patróns xuvenís, propagación *in vitro*, etc.; estes son exemplos de factores que poden condiciona-la formación de raíces nas varas.

Hai varios factores externos que inflúen na capacidade de enraizamento das varas. Por exemplo, o tipo de medio utilizado nas cámaras de enraizamento: area, turba, serraduras de coco, carbón vexetal, perlita, vermiculita, etc., utilizadas soas ou en mesturas diversas, a temperatura e as condicións de humidade, ás veces, a iluminación daqueles, o almacenamento previo das varas a baixas temperaturas, os pretratamentos das varas, a aplicación de auxinas, etc. son outros exemplos de factores externos a ter en conta na propagación vexetativa de certas especies, porque hai algunhas que practicamente non ofrecen ningunha dificultade para seren propagadas por varas e son capaces de enraizar espontaneamente, ás veces, sen o menor coidado.

Na natureza é fácil atopar-las máis variadas e ás veces sorprendentes respostas das varas. Hainas que enraízan moi facilmente e outras que non o fan en absoluto; ata certo punto poderíase pensar na existencia de familias de fácil e de difícil enraizamento. Sen embargo, dun modo xeral, non se lles pode adscribi-la capacidade de rizoxénese das varas a determinados grupos taxonómicos. Nalgúns casos hai familias cunha maior ou menor predisposición a enraizar pero, aínda dentro das mesmas, danse variacións sorprendentes que poden chegar ó nivel de especie ou de cultivar. É o caso dalgúns chopos de fácil propagación por varas; nalgunhas variedades é imposible facelo. Nos rododendros atopamos unha ampla gama de respostas de enraizamento adventicio. O mesmo se podería dicir doutros moitos exemplos.

No caso do castiñeiro, no enraizamento do acodo baixo, por aporcado, atópase unha notable variabilidade na resposta debido a causas xenéticas.

No envarado do castiñeiro, na bibliografía clásica, cabe mencionar a Urquijo (1962), Schad et al. (1952), Viéitez (1952), Graves e Nienstaedt (1953), que salientaron a dificultade ou, máis exactamente, a imposibilidade de propaga-lo castiñeiro por envarado. Desde entón apareceron publicados diversos traballos con resultados variables; pero sempre poñendo de relevo a difícil capacidade rizoxénica das varas do castiñeiro.

Os distintos resultados obtidos nos numerosos traballos sobre o envarado do castiñeiro, ademais de coincidiren na súa imposibilidade de utilizar este método en grande escala, usando material procedente de árbores adultas, serviron tamén para demostrar que o castiñeiro ten alta capacidade rizoxénica en determinados estadios, como na súa fase xuve-

nil (Viéitez, 1963), ou baixo certas condicións externas, como o sombreado e a etiolación (Viéitez, 1974).

As varas do castiñeiro, en certas circunstancias, poden producir raíces, case sempre en baixa porcentaxe, e son escasas e quebradizas, sen que permitan rexenerar un castiñeiro. Son feitos illados, que non invalidan a condición de intratable para expresa-la imposibilidade práctica de utiliza-las varas para propaga-lo castiñeiro.

Hai que considerar como condicións favorables para forma-las raíces o almacenamento frío das varas, a aplicación de reguladores de crecemento e a súa almacenaxe posterior con brión en condicións invernaís. A combinación de tratamentos simultáneos con auxinas e frío é outra condición favorable para o enraizamento das varas do castiñeiro; pero en ningún caso resolven o problema práctico de enraizamento do castiñeiro.

Un avance notable, na propagación vexetativa do castiñeiro, supúxoo o seu cultivo *in vitro*, logrado por primeira vez en Santiago (A. M. Viéitez e E. Viéitez, 1980). Permitiu poñer a punto a técnica necesaria para a súa multiplicación e utilizando microvaras brandas, obtidas por proliferación de rebentos en cultivo *in vitro* e que despois son sometidas a tratamento con auxinas para enraizaren en ou fóra daquelas condicións.

ENXERTOS E CASTIÑEIRO

Definiuse o enxerto como a arte de unir entre si dúas partes de plantas para producir unha sola, que conserva as súas peculiaridades xenéticas, histolóxicas e fisiolóxicas.

No enxerto únese a ciencia coa arte. A primeira ensina ou determina as condicións para a viabilidade do enxerto. A arte proporcionaría o home ó busca-los diferentes modos de realiza-lo enxerto; algo que non se acaba cos tempos. Sempre xorden novas modalidades do enxertado, en moitas das cales a habilidade, a man do home, é fundamental para o éxito. Froito da imaxinación do home son os innumerables métodos de practica-lo enxertado; que fixeron do mesmo o procedemento de multiplicación vexetativa máis elaborado e máis estendido. Mención á parte merece a biotecnoloxía do cultivo *in vitro*.

Coñece-lo grao de compatibilidade entre o patrón e a puga é fundamental cando se quere aplica-lo enxertado como técnica de propagación. A falta total ou parcial da capacidade de unión entre ámbalas partes ou o crecemento posterior anormal da puga, coñécese como incompatibilidade. Non se pode falar da mesma polo fallo dun ou de varios enxertos. Cómpre que este se repita dunha maneira sistemática, de tal forma que permita afirmar que o fracaso do enxertado se debe á incompatibilidade entre as dúas partes a unir, máis ca a outras cousas, como puideron ser defectos na técnica operativa.

A incompatibilidade nos enxertos maniféstase de diversos modos, tales como:

- Non formar con éxito unión de enxerto nunha alta porcentaxe de casos.
- Morte prematura da árbore.
- Manifesto estado de mala saúde das árbores, que morren ós 2-3 anos de enxertalas.

Enxertos feitos por Cruz Gallástegui en 1926, de castiñeiro europeo sobre patróns de castiñeiro xaponés, variedades *Tamba-Kauri* e *Tamba-Guri*. O maior crecemento das pugas europeas determinan a incompatibilidade nestes enxertos





Fermoso exemplo de incompatibilidade centenaria por sobrecrecemento de puga na parte superior. O patrón debaixo (E. Viéitez C.)

- Diferencia clara entre o crecemento do patrón e da puga.
- Sobrecrecemento na unión do enxerto.

A incompatibilidade nos enxertos pode ser por diversas causas, tales como:

- Fisiolóxicas ou bioquímicas, causadas por desordes nutritivas, produción de toxinas ou inhibidores do crecemento.
- Unións incorrectas.
- Patolóxicas; causadas pola infección dunha das dúas partes do enxerto, orixinadas por fungos, bacterias ou virus.

O coñecemento dos tipos de isoencimas, das pugas e dos patróns de castiñeiros pode contribuír a evita-los fracasos dos enxertos debidos a fenómenos de incompatibilidade.

Independentemente da compatibilidade entre o patrón e a puga, o éxito dun enxerto depende de que se cumpran certas premisas fundamentais, tales como:

- Manter vivas as células dos tecidos a unir, evitando a súa morte por desecamento prematuro.
- Verificar unha correcta unión dos tecidos afíns do patrón e da puga, particularmente os meristemáticos.
- Procura-las condicións fitosanitarias necesarias para o éxito do enxerto.
- Evitar posteriores roturas da puga, pola acción mecánica do vento, animais ou do propio home.

Ata certo modo os límites do enxerto veñen determinados polas relacións botánicas entre o patrón e a puga. Pódese falar de:

- Enxertos dentro dunha mesma variedade. Son de unión fácil.
- Enxertos entre variedades distintas. Xeralmente unen ben.
- Enxertos interespecíficos. Resultados contradictorios. Uns unen ben e outros mal.
- Enxertos interxenéricos. Xeralmente unen mal. Pereira sobre marmeleiro; tomate e beleño son excepcións que unen ben.
- Enxertos interfamiliares. Practicamente son imposibles. Excepción *Melilothus albus* e *Helianthus annus*, que unen ben; pertencen a dúas familias distintas: leguminosas e compostas.

No castiñeiro o enxerto atopou a súa máxima expresión para a mellora dos froitos. As numerosas variedades de castiñeiros fóronse espaxando a través das pugas ou das xemas das árbores produtoras. En contadas ocasións o enxerto usouse para a conservación de determi-

nados castiñeiros seleccionados como árbores plus, que despois se poden multiplicar por enxerto baixo, actuando como o “orteto” do que xorde un clon.

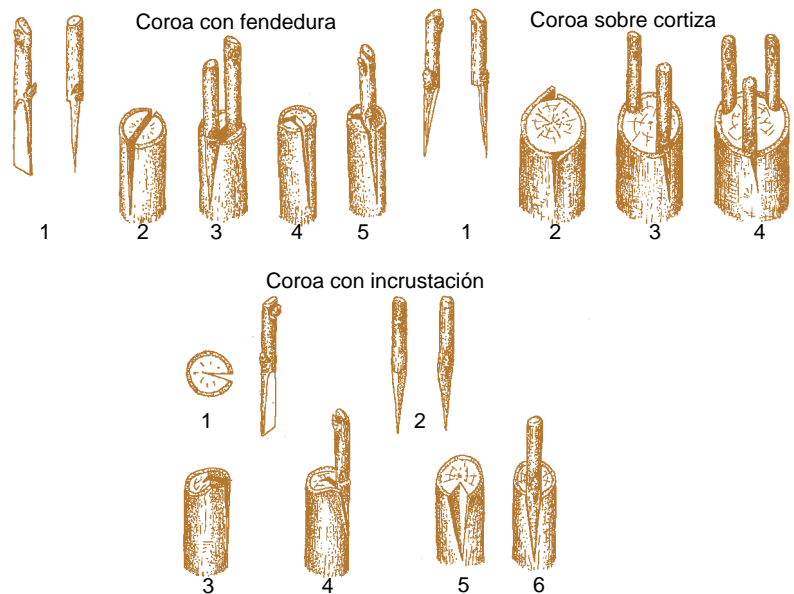
No castiñeiro pódense practicar:

- enxertos convencionais
- enxertos xuvenís.

ENXERTOS CONVENCIONAIS

Corresponden ós que poderíamos chamar enxertos clásicos, de plantas leñosas, realizados na época de repouso ou durante o período de crecemento. As variantes destes enxertos son numerosas, de tal forma que non se poden considerar definitivas.

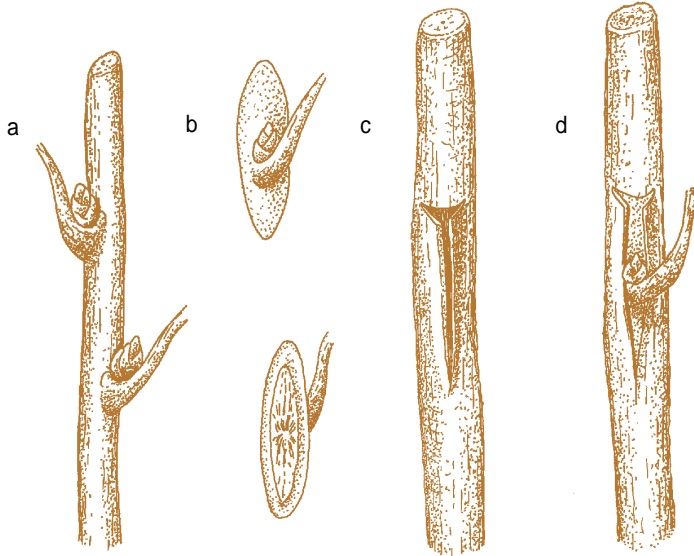
Diversas modalidades de enxertos de coroa esquematizados utilizados no castiñeiro



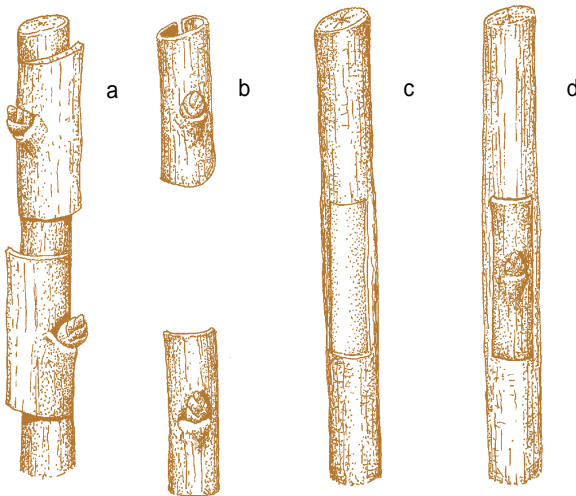
Son relativamente frecuentes os casos de incompatibilidade; particularmente nas variedades de froito cunha orixe que foron hibridacións do castiñeiro europeo con castiñeiros asiáticos, particularmente xaponeses. Nestes casos impónse a selección previa de portaenxertos compatibles coas variedades froiteiras que se quere propagar.

O enxerto foi sempre o método clásico de propagación vexetativa do castiñeiro. Pódese realizar seguindo varios métodos:

- Enxerto de fendedura.
- Enxerto de coroa, simple ou múltiple.
- Enxerto inglés.
- Enxerto de incrustación lateral.



Enxerto de escudo:
 a) puga doadora das xemas;
 b) xemas preparadas;
 c) patrón coa cortiza preparada para recibila xema;
 d) patrón coa xema colocada antes da ligadura

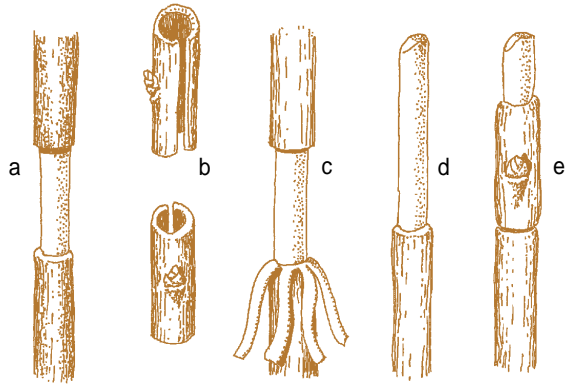


Enxerto en placa:
 a) puga doadora;
 b) cortiza coas xemas preparadas para o enxerto;
 c) patrón coa cortiza preparada para recibila xema;
 d) enxerto realizado antes da ligadura

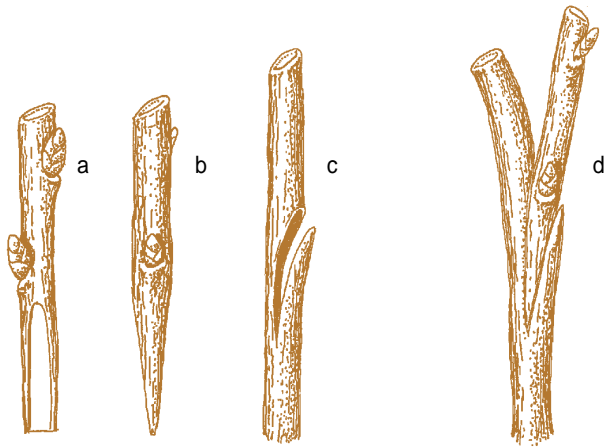
- Enxerto de puga enterrada ou “inarch”.
- Enxerto de xema, escudo, placa, canoto, fruta ou anel.

En calquera destes enxertos convencionais son varias as modalidades que se poden utilizar, dependendo das condicións do patrón e das pugas, e, en ocasións, o tipo a utilizar depende da época en que se realice; así por exemplo en:

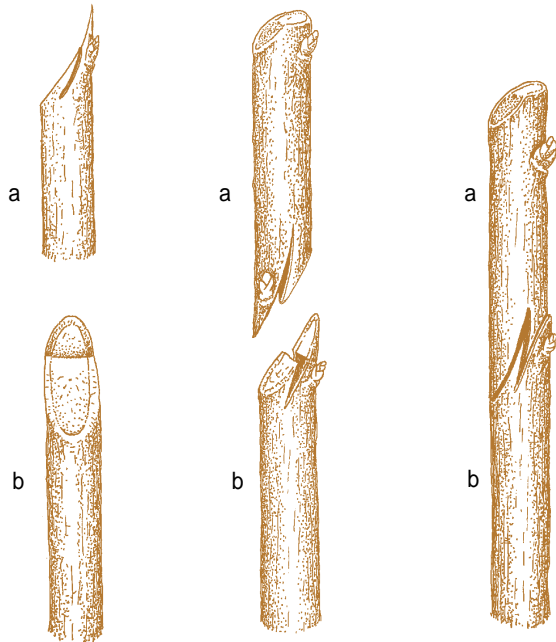
- Abril: enxertos leñosos. Patrón lixeiramente movido. Pugas en repouso, conservadas en frío.
- Maio-xuño: enxertos de canoto, fruta ou anel e escudo con xema activa.



Enxerto de canoto:
 a) patrón;
 b) canoto levando unha xema
 c) e d) patrón descascado
 e) patrón co canoto antes da ligadura



Enxerto de incrustación lateral;
 a) e b) pugas;
 c) patrón preparado;
 d) patrón e puga antes de liga-lo enxerto



Modalidade de enxerto inglés:
 a) pugas;
 b) patróns.
 Despois faise a ligadura

- Agosto: enxertos de escudo de xema e placa con xema dormente.

Nos enxertos que usan pugas leñosas é aconsellable facelo co patrón “movido”, reflectido pola iniciación do agromamento. As pugas deberán te-las súas xemas completamente en repouso. Isto lógrase facilmente recollendo as pugas en pleno inverno, pulverizándoas cunha solución concentrada dun fungicida de espectro amplo e gardándoas envoltas nun plástico ben pechado, para evita-la desecación das pugas, que se manterá no frigorífico a uns 4-6 °C ata o momento da súa utilización.

Os principais tipos de enxertos convencionais, de acordo con Verlhac (1975), son os enxertos de fendedura, coroa, coroa de semimadeira, inglés, frauta, canoto, escudo e placa. De Roy N. Neys (1978) son os enxertos en bisel, lateral, excisión terminal e látego. O esquema correspondente ó enxerto que denominamos “vara enterrada”, o método “buried inarch”, é orixinal de Jaynes (1962).

Estes enxertos utilízanse como procedemento xeral de clonación das variedades de froito. No caso do “buried inarch”, ou de vara enterrada, a súa aplicación é para inicia-la clonación -o orteto- de calquera variedade, seleccionada polos seus froitos, fuste e crecemento. Unha vez enraizada a vara seleccionada do castiñeiro pódese someter posteriormente á clonación por acodo baixo.

A similares resultados tamén se pode chegar por medio do enxerto de fendedura, realizado a nivel do chan, e recubriendo parcialmente a puga con terra. Ó cabo de 1-2 anos esta acaba formando un abundante sistema radical que lle permitirá un crecemento posterior normal, para ser sometida á propagación por acodo baixo.

En Santo Estevo de Ribas de Sil (Ourense) puidemos atopar diversas modificacións de enxertos tradicionais, introducidas pola sabedoría dos paisanos; algunhas realmente curiosas tanto pola orixinalidade coma polos fins perseguidos. Nuns casos, cos enxertos de fendedura, as pugas son pechadas nuns canotos ou tubos feitos coa propia casca do castiñeiro enxertado e na base das pugas introducen brión humedecido; o canoto é tapado cunha pedra colocada na parte superior. Con isto logran formar unha “cámara húmida” que axuda ó proceso da unión patrón-puga. Cando se produce o agromamento das xemas retiran a pedra e, finalmente,



Enxerto de coroa coas pugas brotando
(F. J. Viéitez M.)

Enxerto encanotado. As pugas quedan protexidas polo canoto de casca tapado cunha pedra
(F. J. Viéitez M.)



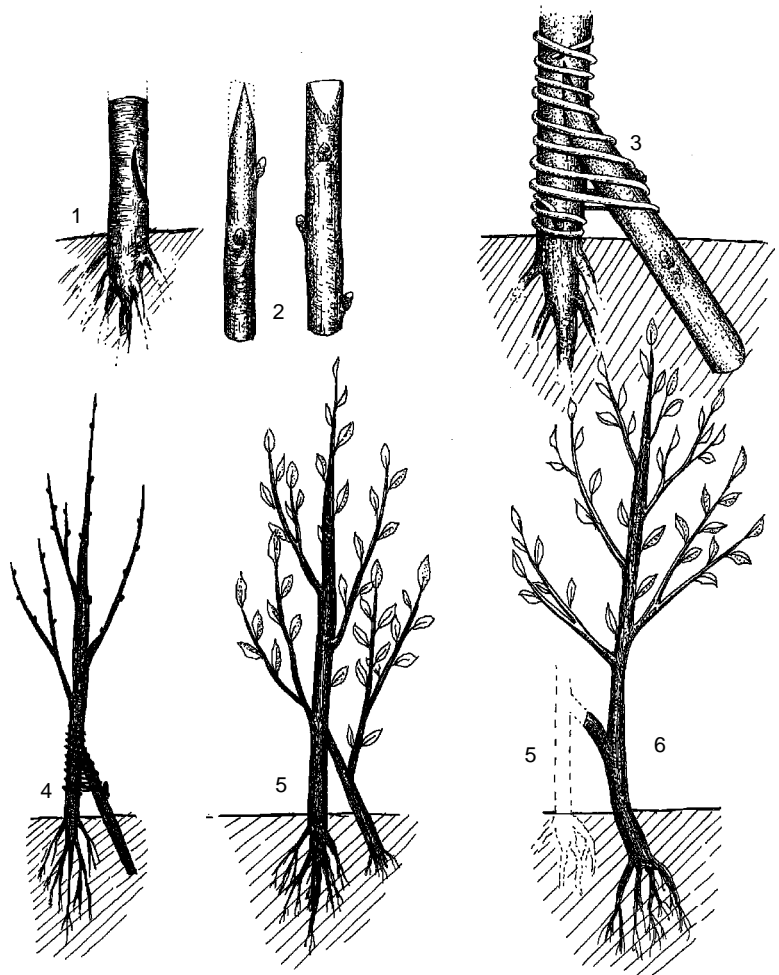


Enxerto encanotado, o
segundo ano
(F. J. Viéitez M.)

cando os novos rebentos sobresaen do canoto de casca quítanllo. É todo un exemplo de sabedoría popular que lles permite obter unha porcentaxe alta de enxertos prendidos.

Outra curiosa modalidade, que tamén atopamos nesta comarca ourensá, é a de pecha-la base do patrón e a puga nunha botella de plástico transparente que crea unha cámara húmida que facilita a unión. En canto se observa que a puga empeza o seu desenvolvemento cortan a base da botella para facilita-la aireación e, finalmente, acaban eliminándoa, cando o novo xermolo medrou o suficiente.

Tamén observamos enxertos de coroa, nos que a superficie do patrón, que leva varias pugas na periferia, a recobren con excrementos animais para axudar a que prenda.

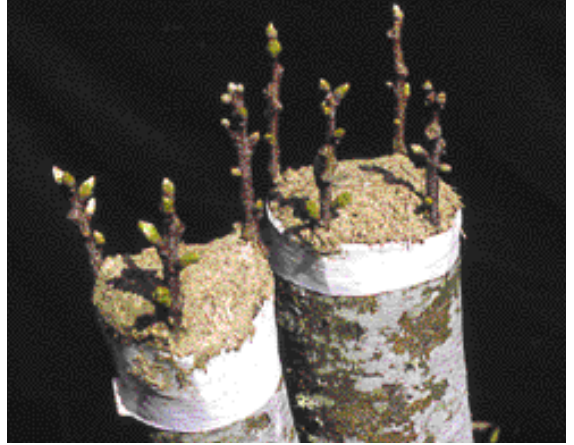


Enxerto de vara enterrada
ou "inarch"

Segundo os paisanos obtéñense mellores resultados con excrementos de ovella ca de vaca.

Enxertos xuvenís

Os enxertos convencionais e tradicionais do castiñeiro poden ser moi antigos; quizais tanto coma desde que o home descubriu as calidades alimenticias das castañas. Non sucede o mesmo cos enxertos xuvenís, que nalgunhas modalidades son moi recentes, tales coma o enxerto sobre castañas xerminadas ou sobre hipocotilos de plántulas orixinadas da xerminación de castañas.

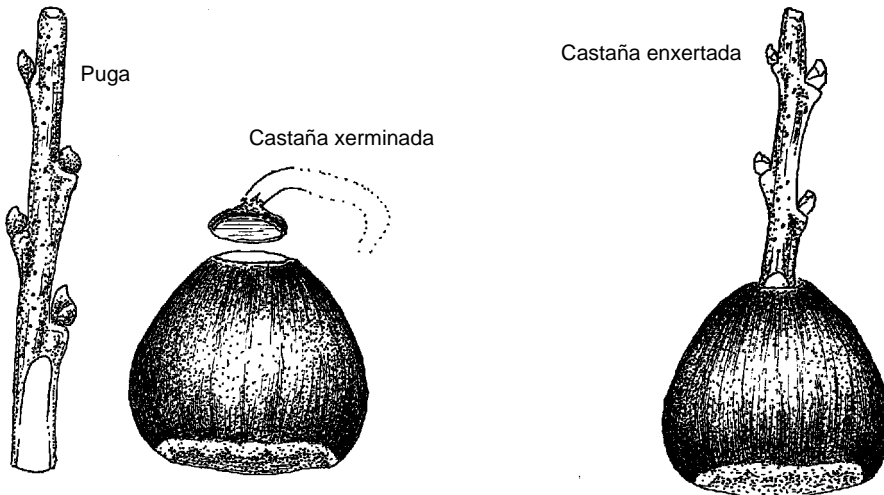


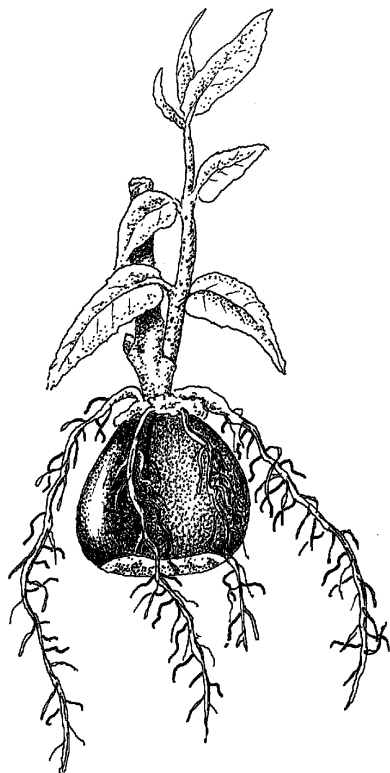
Enxertos de coroa, un recuberto con excremento de vaca e o outro de ovella (F. J. Viéitez M.)

Enxertos sobre castañas xerminadas

A idea primaria de enxertar pugas sobre castañas en xerminación foi de Moore (1963); pero este autor estaba lonxe de usar estas castañas como método de enxerto. Máis ben creu que os cotiledóns da castaña, actuando como reservorios, lle subministrarian á puga enxertada algunha substancia hormonal capaz de provoca-la formación de raíces na propia puga. Outros autores como Jaynes (1964), Park (1970), Beck (1970) ou Cummnings (1970) utilizaron este método modificando o grao de crecemento da radícula ou inserindo a puga na propia castaña ou no extremo da raíz.

Puga e castaña dispostas para ser enxertadas





Enxerto de castaña completado. As raíces non se forman na puga, senón na castaña

No “Grupo de Santiago”, María Luisa Viéitez Madriñán realizou a súa tese de doutoramento sobre os enxertos xuvenís do castiñeiro, feitos na súa fase de xerminación ou sobre os hipocotilos. Estudíase o efecto de diversos patróns e pugas e a adición de auxinas ó enxerto. Sobre cada un destes tres patróns enxertáronse pugas HV, e o clon 431 resistente e a variedade *Nana*.

As castañas utilizadas como patróns recolléronse en outubro-novembro e desinfectáronse cunha solución concentrada de Tirán durante unha hora, antes da súa estratificación en area mantida a $-2-0\text{ }^{\circ}\text{C}$, ata que se fixeron xerminar en perlita mantida a $10-14\text{ }^{\circ}\text{C}$ en febreiro e marzo. Os enxertos fixéronse cortando a raíz pola base e inserindo as pugas debidamente cortadas en bisel. O crecemento posterior fíxose en cámaras con perlita coa temperatura controlada e mantida a $10-14\text{ }^{\circ}\text{C}$.

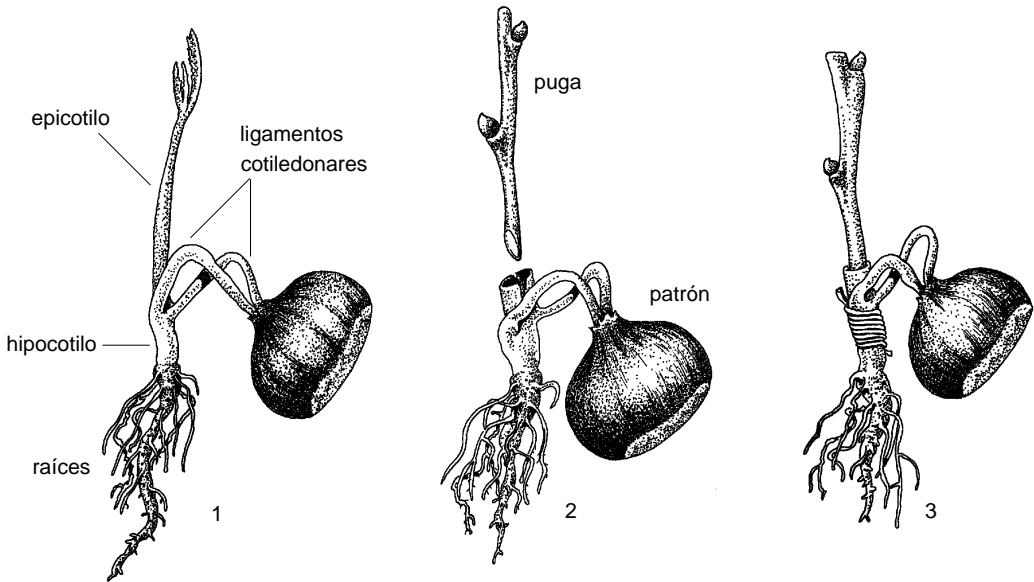
O máis notable dos enxertos sobre castañas xerminadas foi comprobar que as raíces que aparecen na base da puga non son formadas por esta, senón que pertencen á castaña patrón. A súa unión coa puga é débil e rompe con facilidade, dificultando a súa manipulación. Só cando transcorreu un tempo, non inferior ós 5-6 meses, se fan consistentes. A vascularización patrón-puga é defectuosa, repercutindo negativamente sobre o crecemento posterior das plantas. A aplicación de auxinas AIB e ANA, así como a citoquinina bencilaminopurina (BAP), tampouco mellorou o resultado dos enxertos e provocou a formación de calosidades.

Porcentualmente, no mellor dos casos, chegaron a un 58% de enxertos prendidos na combinación patrón, *Castanea crenata*, e puga, clon 431.

Á parte das dificultades na unión histolóxica, cunha porcentaxe relativamente razoable, a mortandade producida por fungos dos xéneros *Botrytis*, *Trichotecium* e *Rhacodium* fixo que os resultados non fosen todo o bos que se desexaba. Esta deficiencia sería factible corrixila cunha adecuada esterilización do medio de crecemento das castañas enxertadas.

ENXERTOS EN HIPOCOTILOS

Este enxerto foi desenvolvido por vez primeira por María Luisa Viéitez Madriñán (1978) e constituíu un método de enxerto do castiñeiro eficaz, non só polas altas porcentaxes de prendementos, que per-



Enxerto de hipocotilo:

- 1) plántula en condicións de ser enxertada;
- 2) eliminado o epicotilo féndese o hipocotilo e incrustaselle a puga;
- 3) enxerto completado coa ligadura

miten chegar ó 100%, senón tamén pola facilidade operatoria, a seguridade das unións e a rapidez de crecemento. Ademais de utilidade para a propagación clonal do castiñeiro, posteriormente revelárase como un método moi eficaz para o rexueneceamento de material adulto; feito de singular utilidade para as técnicas de cultivo *in vitro*.

M^a. Luisa Viéitez e Ana M^a. Viéitez (1983) utilizaron con éxito este tipo de enxertos na camelia.

Como dificultade pódese indica-la necesidade da desinfección da cámara de crecemento ou do solo onde son as plántulas enxertadas sobre os seus hipocotilos. Por outro lado, estas operacións non son complicadas.

O enxerto sobre hipocotilos de castiñeiro foi detalladamente analizado por María Luisa Viéitez e Ana María Viéitez (1981). Estudiaron o efecto do patrón e da puga. Utilizaron tres patróns de *Castanea sativa*, *C. crenata* e HV. Cada patrón recibiu as pugas dos clons resistentes HV e 431 e da mutación espontánea *Nana*; esta con características morfolóxicas e fisiolóxicas marcadamente diferentes dos dous primeiros.



Enxerto de hipocotilo coa puga brotada. Os cotiledóns da castaña contribúen ó éxito destes enxertos

A eficacia do enxerto sobre hipocotilo chega ó 100% de prendemento nas combinacións homoplásticas. En tódolos casos son altos, baixando ó 57,3% no peor caso, coa combinación *C. crenata* e *Nana*.

Comparando a eficacia do enxerto con castañas xerminadas e hipocotilos, ámbalas autoras consideran de fácil realización esta modalidade de enxerto. Ás plántulas obtidas da xerminación das castañas elimínaselle-lo epicotilo, a nivel dos ligamentos cotiledonares féndese o hipocotilo en 2-3 cm e introdúceselle a puga adecuadamente cortada en bisel e ligase a unión cunhas voltas de goma. Despois plántanse nunha cámara controlada ou mesmo no exterior nun chan que é aconsellable desinfectar para evita-lo efecto negativo de fungos que atacan ás raíces e ó colo dos enxertos.

O agromamento das pugas prodúcese 2-3 semanas despois, debendo evitarse o crecemento das xemas dos ligamentos cotiledonares, polo que é aconsellable eliminalas nos seus primeiros estadios; de non o facer, o enxerto acaba fracasando por desviación dos nutrientes procedentes dos cotiledóns cara a estas xemas, en prexuízo da puga, que primeiro deixa de medrar e despois morre.

A unión histolóxica patrón-puga prodúcese rapidamente en toda a superficie de contacto, coa formación eficaz das pontes vasculares entrámbalas partes do enxerto.

O enxerto sobre hipocotilos de castiñeiro é superior ó realizado sobre castañas xerminadas, como demostraron Viéitez e Viéitez (1982).

Patrón	Puga	Enxertos prendidos sobre	
		castañas xerminadas %	hipocotilos %
<i>C. sativa</i>	HV	44	88
	431	56	93
	Nana	22	50
<i>C. crenata</i>	HV	29	100
	431	73	89
	Nana	12	57
HV	HV	37	100
	431	44	98
	Nana	20	70

No enxerto sobre hipocotilos de plántulas, a orixe da unión establécese a través de tecidos cambiais da puga e da radícula que actúa como patrón. A continuidade de ámbolos cambios orixinou a conexión dos sistemas vasculares derivados daquel, co que a puga utiliza o sistema radical da plántula patrón.

No enxerto sobre castañas sepárase con relativa facilidade a puga ó seren manipuladas, mentres que este inconveniente non se produce no enxerto sobre hipocotilo, establecéndose unha sólida unión vascular entre patrón e puga.

No enxerto sobre hipocotilos os cotiledóns contribúen dun modo singular ó seu éxito, favorecendo o crecemento do novo castiñeiro, aínda en condicións nutritivas desfavorables.

COMO REALIZAR ENXERTOS SOBRE HIPOCOTILOS

Outubro-novembro:

- Selección de castañas que producirán as plántulas.
- Tratamento durante 1 hora cunha solución fungicida concentrada.
- Estratificación en area, a ser posible esterilizada.
- Conservación en frigorífico de -4 a 1 °C.

Xaneiro-febreiro:

- Selección das pugas para enxertar.
- Tratamento nunha solución fungicida.
- Empaquetado en plástico, para evitar que se desequen, e conservación a 4-6 °C.
- Utilización no momento de enxertar.

Marzo:

- Xerminación das castañas. Pódese facer en cámaras de crecemento a 11-14 °C ou á intemperie cara a finais de marzo.
- Selección de plántulas e eliminación do epicotilo a nivel dos ligamentos cotiledonares.
- Realización do enxerto.
- Colocación de plántulas enxertadas en cámaras de crecemento.

Se a plantación se fai ó aire libre é aconsellable a esterilización previa do solo ou polo menos o seu tratamento con fungicidas. Non o facer ata que non haxa perigo de xeadas serodias.

Abril-maio:

- Desenvolvemento das plántulas enxertadas. Evita-lo crecemento das xemas das

Enxertos en hipocotilos de dous meses
(M^a. L. Viéitez M.)



axilas dos ligamentos cotiledonares, suprimíndoas; de non o facer pode morre-la puga.

Xuño-setembro:

- Mantemento dos castiñeiros enxertados. Evita-lo déficit hídrico. Suprimi-los xermolos laterais da puga para unha mellor formación das plantas.

Outubro-novembro:

- Levantamento dos castiñeiros enxertados. Elimina-la goma de unión do enxerto. Pasar a viveiros de reforzo durante 2-3 anos. Posteriormente, plantación dos castiñeiros no sitio definitivo.

A RIZOXÉNESE ADVENTICEA NO CASTIÑEIRO

A explicación da formación de raíces adventiceas nas varas leñosas un dos problemas escuros en fisioloxía vexetal.

É aceptado que a formación de raíces nas varas está gobernada por un mecanismo complexo, que se pode resumir en tres hipóteses:

- Existencia dun nivel hormonal equilibrado ou de certos cofactores de crecemento (Hess, 1962, 1964; Henser, 1976).
- Presencia de inhibidores de enraizamento (Barlow et al., 1961; Coyama, 1962; Nichols et al., 1972; Taylor e Odom, 1970; Fadl e Hartmann, 1967; Viéitez et al., 1974; Gesto, 1977, 1980, 1981; F.J. Viéitez et al., 1987).
- Estructura do anel esclerenquimático que rodea o floema en moitas especies (Beakbane, 1961; Ciampi e Gellini, 1963; Goodin, 1965; González, 1966; Viéitez e Viéitez, 1974).

Estas hipóteses constitúen o que poderíamos considera-las bases fisiolóxicas, moleculares ou anatómicas explicativas do mecanismo de rizoxénese.

NIVEL HORMONAL, COFACTORES, PROMOTORES E ENRAIZAMENTO

Desde que en 1934 Went descubriu que o ácido indol-3-acético, AIA, era a hormona natural capaz de induci-la formación de raíces, entre outros efectos, numerosos autores comprobaron a súa presenza na maioría das plantas, por non dicir en todas. As súas propiedades rizoxénicas foron aproveitadas en horticultura e en fructicultura para favorece-la formación de raíces en gallos e varas; aínda que a aparición das auxinas de síntese como os ácidos indol-3-butírico e -naftilacético,

máis estables e sobre todo moito máis baratos, fixo que o uso práctico do AIA fose relegado a un segundo plano.

Saber que o AIA era a hormona natural de crecemento das plantas e que interviña na formación das raíces adventicias fixo que a atención dos fisiólogos se dirixise cara a esta hormona. O seu papel foi, incluso, sobrevalorado tratando de explica-lo mecanismo de rizoxénese en función da presenza ou ausencia do ácido indol-3-acético. Nalgúns aspectos chegou a ser considerada como a hormona mestra das plantas, e os horticultores, fructicultores e floricultores cifraron nela as súas esperanzas para resolver numerosos problemas dependentes da súa acción fisiolóxica; dun modo particular, para resolve-lo enraizamento das varas de numerosas especies de interese económico.

Parecía lóxico que a falta de capacidade de enraizamento das varas de numerosas especies leñosas fose explicada en función do seu contido hormonal, referido ó AIA endóxeno. Nun principio o problema, así proposto, resultaba fácil de explicar. A formación de raíces nas varas ou nos gallos sería unha consecuencia do seu contido de niveis adecuados de AIA, e a incapacidade de formar raíces sería debida á falta desta hormona, ou que se atopaba en concentracións subóptimas para inducirla formación de raíces adventicias nas varas. Era algo así como a teoría hormonal da formación das raíces adventicias.

Sen embargo, ó avanzaren as investigacións de numerosos autores, que, abraiados polas propiedades rizoxénicas do AIA, produciron unha bibliografía abundante, axiña se comprobou que o mecanismo hormonal era moito máis complexo. Sóubose que interviñan o sistema enzimático regulador do nivel do AIA endóxeno, a AIA-oxidasa, diversos cofactores e promotores capaces de potenciaren a acción rizoxénica do AIA, así como tamén a posibilidade de implicar neste proceso a outras hormonas distintas do AIA; tal sería o ácido abscísico, ABA, o etileno e as xiberelinas. A súa intervención contribuiría a facer aínda máis complexo o xa, de seu, escuro problema da formación de raíces adventicias nas varas e nos gallos leños.

COFACTORES DE ENRAIZAMENTO

Foron illados por primeira vez da hedra, *Hedera helix*, por Hess (1959), utilizando a separación por cromatografía de papel e determinando a actividade polo ensaio biolóxico de *Phaseolus aureus*. Suxeriuse a existencia de catro cofactores denominados 1, 2, 3 e 4, capaces de potenciaren a acción rizoxénica do AIA, acabando por concluír que a facilidade de enraizamento dos gallos xuvenís de hedra se debía a un maior contido en cofactores cós gallos adultos ou maduros da mesma, de difícil enraizamento.

Sen embargo, Hess e os seus colaboradores non foron capaces de illar e identifica-la estrutura química daqueles cofactores, co cal o problema tan só fora enunciado.

Sabemos que nas varas leñosas de varias especies se comprobou que os seus extractos metanólicos eran capaces de potencia-la actividade rizoxénica no ensaio de *Phaseolus aureus* e *P. vulgaris*, con ou sen auxinas. Sen embargo, algúns autores cuestionan este efecto promotor indicando que a cantidade de cofactores presente nos tecidos estudados non estaba necesariamente correlacionada coa súa capacidade de enraizamento.

Para outros autores os chamados cofactores de enraizamento tampouco están correlacionados coa idade da planta que produciu as varas.

Tanto no castiñeiro xuvenil coma nun mutante anano que denominamos *Nana*, tamén de fácil enraizamento, atopáronse cofactores de enraizamento e unha alta concentración de protoantocianidinas (Vázquez e Gesto, 1986), e isto non sucede no castiñeiro adulto. Os cofactores foron localizados en dúas zonas situadas a Rf 0.0-0.2 e 0.8-1.0 dos cromatogramas en papel co-sistema IAW, pero non nas adultas. Na segunda zona identificaron os fenóis alcohois vanílico e salícico, coñecidos como promotores de enraizamento.

A perda da capacidade de enraizar das varas de castiñeiro adulto correlacionouse coa presenza dun inhibidor da actividade promotora do AIA, e posiblemente na súa mínima capacidade de síntese de proantocianidinas.

A existencia de compostos endóxenos que potencian a acción rizoxénica das auxinas non se pon en dúbida. Non só actúan sinerxicamente sobre o AIA, hormona natural das plantas, senón tamén sobre auxinas sintéticas como o AIB, de acción similar a aquela. Sen embargo, o papel dos cofactores no enraizamento foi cuestionado por Hackett (1988) porque os ensaios biolóxicos de rizoxénese se fixeron con *Phaseolus aureus* e *P. vulgaris*, extrapolando as respostas á planta leño-sa da que foron extraídos os cofactores.

Convén indicar que esta observación non pasou desapercibida para os que traballamos sobre o mecanismo fisiolóxico da rizoxénese de especies leñosas. O problema estaba en poder ensaia-los cofactores sobre as plántulas das mesmas. No caso do castiñeiro, a preparación dun simple ensaio de valoración biolóxica da acción rizoxénica era complexa. Esixía dispoñer sempre de castañas, poñelas a xerminar e despois tomalas varas de plántulas xuvenís de 1-2 meses e face-lo ensaio biolóxico. Certamente era moi longo, fronte ó ensaio de *Phaseolus*, rápido e sin-

xelo. O que non hai dúbida é de que compostos que *per se* son inhibidores de crecemento son detectados con este ensaio biolóxico.

No 1986 Ravir e Reuveni, utilizando o ensaio biolóxico de *Phaseolus aureus*, illaron das varas novas de aguacate catro promotores de enraizamento non auxínicos que se acumulaban máis rapidamente nas varas novas, durante o seu enraizamento, ca nas varas maduras, de difícil formación de raíces. Aqueles autores comprobaron que estes promotores non auxínicos eran capaces de induci-lo arraigamento ó seren aplicados a varas de aguacate novas e maduras dun ano.

PRETRATAMENTO DAS PLANTAS NAI

Desde Gardner (1937) admítese que hai diversos tratamentos que, aplicados ás varas almacenadas ou ás plantas nai, favorecen a súa capacidade de enraizamento. Howard (1994) resume estes pretratamentos das plantas nai das varas deste modo:

- Etiolación ou exclusión xeral ou local da luz, procedemento revisado por Maynard e Bassuk no 1988.
- Modificación da calidade da luz, fotoperíodo, concentración de CO₂, auga e nutrientes minerais, revisado por Moe e Andersen (1988).
- Demouca invernal intensiva, ou crecemento en sebes densas (Libby et al., 1972), xeralmente considerado como “rexuvenecemento”.
- Obtención de plantas nai por vía da micropropagación. Crecemento rápido das plantas a temperaturas e humidades superiores ás normais (Campen et al., 1990).
- Enxerto en abanqueiro ou serie de pugas maduras sobre patróns xuvenís (Hackett e Murray, 1893).
- Anelado do talo principal, póla ou raíz (Higdon e Westwood, 1963).
- Inducción da formación de talos adventicios nas raíces (Gardner e Hatcher, 1964), ou de esferoblastos (Hatcher e Gardner, 1955).
- Tratamento da planta nai con retardadores do crecemento (Sadhu, 1979).

ALMACENAMENTO EN FRÍO E ENRAIZAMENTO

A existencia dunha relación entre o contido endóxeno de promotores e inhibidores do crecemento e a súa capacidade de enraizamento foi posta de manifesto en diferentes especies por varios autores (Viéitez et al., 1967; Biran e Halevy, 1973).

O balance entre inhibidores e estimuladores do enraizamento pode ser alterado por factores externos como as baixas temperaturas. Este feito foi comprobado en sementes e en tubérculos e varas de diversas especies; por exemplo, nas variedades de vide de difícil enraizamento, durante o inverno aparecen maiores concentracións de inhibidores solubles en auga e, almacenando as varas durante dous meses a 2-4 °C, acelérase a desaparición dos inhibidores, mentres que nas varas non almacenadas en frío os inhibidores permanecen ata o comezo da apertura das xemas, momento en que desaparecen (Spiegel, 1955).

Cando se almacenan as varas do castiñeiro a 4 °C, desde decembro ata abril, prodúcese un aumento do seu contido en compostos fenólicos libres, presentes na fracción ácida dos extratos das varas. Foi posible identificar 14 destes compostos fenólicos ós que se lles atribúe a actividade biolóxica daquelas, pódense clasificar do seguinte xeito:

1) Ácidos hidroxibenzoicos:

- xentísico, sirínxico, p-hidroxibenzoico, protocatético e vanílico.

2) Ácidos hidroxicinámicos:

- cafeico, ferúlico, p-cumárico e sinápico.

3) Cumarinas:

- aesculetina e escopoletina.

4) Alcohois:

- coniferílico, salicílico e vanílico.

Algunhas destas substancias son capaces de exercer actividades de crecemento (Viéitez et al., 1966, 1967; Ballester et al., 1975; Vázquez, 1980).

O almacenamento de varas de castiñeiro europeo a -10 °C, por espacio de 8 meses, produciu a desaparición do inhibidor detectado co ensaio biolóxico de elongación de segmentos de aveja, cromatografía de papel usando o sistema IAW, localizado entre os Rf 0.0 e 0.5 da fracción ácida. Inhibidor que é constante no castiñeiro, desde o momento en que as súas varas se fan moi difíciles de enraizar (Vázquez e Gesto, 1982). Estas dúas investigadoras do Grupo de Santiago comprobaron que,

simultaneamente á desaparición dos inhibidores das varas almacenadas a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, se produciu un significativo aumento da estimulación do crecemento, suxerindo que era debido a que as baixas temperaturas favoreceron a biosíntese de promotores do crecemento nas varas do castiñeiro. Por outra banda, sábese que o frío favorece a formación de compostos fenólicos de coñecida actividade sobre o crecemento.

Comprobaron que no material mantido en frío se formaran os alcohois vanílico e salicílico, que son estimuladores do enraizamento e incrementan o efecto da hormona AIA na formación de raíces.

No castiñeiro os traballos realizados para tratar de explica-la súa falta de capacidade rizoxénica nas varas de material maduro ou adulto fixéronse asumindo que o ácido indol-3-acético, AIA, era a hormona de crecemento que interviña ou regulaba a formación de raíces, apoiado pola súa ausencia ou baixo nivel no primeiro caso e alto contido no segundo.

Outro factor que incide negativamente na capacidade de enraizamento do castiñeiro, apoiando a hipótese de que a súa rizoxénese está gobernada polo AIA, é a intervención do sistema oxidante do AIA, a AIA-oxidasa, que reduce a actividade da hormona de crecemento. Os extractos obtidos de varas de castiñeiros adultos incrementan a actividade AIA-oxidasa, o que non sucede con varas xuvenís de fácil enraizamento (Mato et al., 1985).

SUBSTANCIAS DE CRECIMENTO DAS VARAS DE CASTIÑEIRO

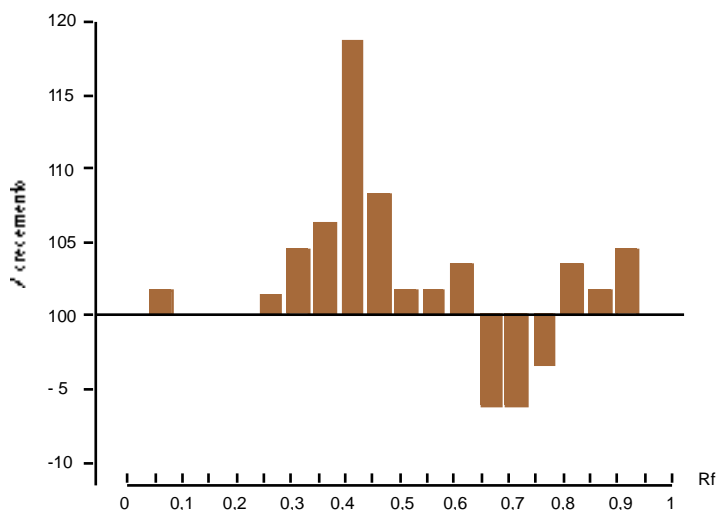
Os traballos realizados sobre as varas de castiñeiros maduros ou adultos, para coñece-lo nivel de posibles compostos químicos relacionados coa súa capacidade de enraizamento, foron realizados polo Grupo de Santiago nun proxecto de investigación hispano-norteamericano de 5 anos, financiado por EE.UU.

Nunha primeira aproximación estudiáronse quimicamente diversas especies arbóreas coñecidas como fáciles de enraizar, tales como: *Robinea pseudoacacia*, *Platanus orientalis*, *Salix atrocinerea*, *Salix viminalis*, *Cydonia vulgaris*, *Ribes rubrum*, *Ilex aquifolium*, *Alnus glutinosa* e *Ficus carica*. No grupo de árbores de difícil enraizamento incluíronse *Fraxinus excelsior*, *Quercus borealis*, *Castanea sativa*, *Juglans regia*, *Castanea mollissima*, *Quercus robur* e *Eucaliptus amigdalina* (Viéitez et al., 1964).

Nin nas varas adultas do castiñeiro europeo (*Castanea sativa*) nin no chinés (*C. mollissima*) foi posible detecta-la presenza da hormona do

crecemento, ácido indol-3-acético, AIA. Si, en cambio, se detectou a existencia de zonas de inhibición nas que aparecían compostos fenólicos. Nun seguinte traballo foron illados ou identificados diversos fenois no castiñeiro europeo e un ácido con marcada acción inhibitora de crecemento, que reducía a acción do AIA e que, por si só, non era inhibidor (Vázquez et al., 1978).

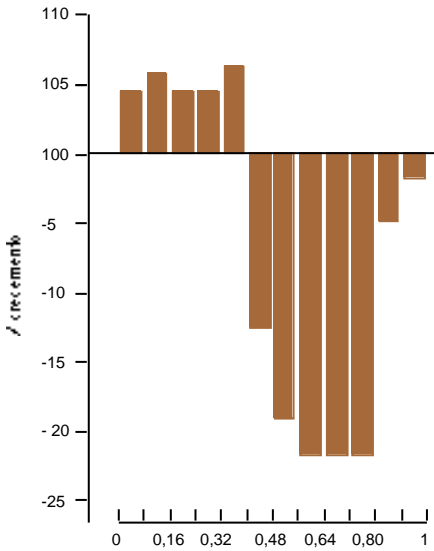
O coñecemento da composición química das varas de castiñeiro maduro e xuvenil e mailas modificacións inducidas por pretratamentos con baixas temperaturas foron completando o cadro dos compostos identificados no castiñeiro que puideron estar relacionados coa súa falta de capacidade de enraizamento.



Biohistograma de varas de castiñeiro de tres meses, revelando a presenza significativa de AIA, Rf 0.3 a 0.55, e pequenas cantidades de inhibidores Rf 0.67-0.80

Os traballos dirixíronse a identificar a presenza de AIA e a determinar os seus niveis en varas de castiñeiro de diversa idade. Para iso utilizáronse métodos fisicoquímicos ou químicos, de extracción metanólica, fraccionamento, separación cromatográfica e ensaios químicos e biolóxicos. Destes últimos o máis usado foi o de elongación de segmentos de coleóptilos de avea, primeiro, e de enraizamento de *Phaseolus vulgaris* despois. No primeiro caso, os resultados permitiron obter biohistogramas correlacionados coas variacións da capacidade de enraizamento das varas de castiñeiro segundo a idade. Os castiñeiros de 3 meses, fáciles de enraizar, presentaban unha forte actividade biolóxica nos Rf correspondentes ó AIA. Tiñan escasa presenza de inhibidores de crecemento, mentres que nos castiñeiros maduros o seu histograma era moi diferente. A zona do AIA, Rf 0.3-0.5, reducírase ata deixar de ser significativa. A presenza de inhibidores, localizados entre os Rf 0.6 e 0.80, era moi marcada.

INHIBIDORES DE ENRAIZAMENTO NO CASTIÑEIRO



Biohistograma das varas dun castiñeiro adulto con forte nivel de inhibidores

O biohistograma obtido en cromatografía de papel co sistema IAW, das varas do castiñeiro maduro, que xa perdeu a súa capacidade de enraizar coa desaparición do AIA e a aparición de inhibidores de crecemento en cantidade significativa, fai válida a hipótese de que a formación das raíces está regulada por estes compostos, sen poder concretar que se trate de inhibidores de crecemento en xeral ou de inhibidores específicos de enraizamento; dado que este fenómeno se pode considerar como unha manifestación máis do crecemento.

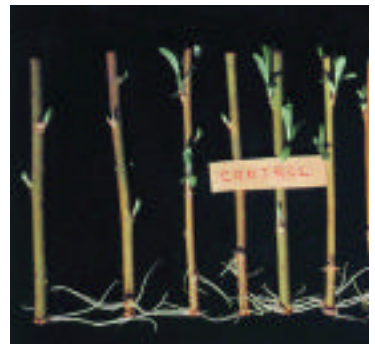
O feito da falta de enraizamento nas varas de numerosas especies, ou que nunha mesma especie as súas varas xuvenís enraícen con facilidade e as maduras non enraícen, presupón máis dunha interrogante. Atribuírle a falta de enraizamento á formación de inhibidores, tal como se postulou na segunda das hipóteses formuladas, cae dentro do lóxico. Hai feitos empíricos que aparentemente apoian esta tese, como a práctica antiga de tratar con auga durante varios días as varas dalgunhas especies antes de seren postas a enraizar. Neste caso cabería imaxinar con certa lóxica que a auga arrastraría “algo” que impediría a formación de raíces, que poderían ser inhibidores de enraizamento hidrosolubles.

O Grupo de Santiago que colaborou nos traballos do castiñeiro participou desta idea de que as varas maduras desta árbore non enraizaban pola presenza de inhibidores do enraizamento.



Varas de *Salix viminalis* (vimbieira) tratadas con extracto de madeira de castiñeiros que inhiben a formación das raíces

As varas da vimbieira forman facilmente raíces
(E. Viéitez C.)



A idea xurdiu xa nos primeiros anos dos traballos sobre o castiñeiro, na década dos cincuenta, durante a estada de E. Viéitez na Misión Biolóxica de Galicia. Foi dun modo casual, despois de reiterados experimentos de enraizamento de varas, tratadas cunha ampla gama de auxinas. Invariablemente, os resultados foron negativos, independentemente de que houbo respostas de inchado da base das varas, que é síntoma de enraizamento ou da formación dalgúns raíces fráxiles que acaban morrendo. Todo facía pensar que, unha vez estimulada a formación do primordio radical, se iniciaba o crecemento da raíz a través do parénquima cortical pero, por causas descoñecidas, abortaba o crecemento da raíz ou, se chegaba a saír ó exterior, facíao en condicións precarias. No corte histolóxico de seccións transversais de varas de castiñeiro, postas a enraizar, observábanse primordios radicais abortados coa zona de mitose apical necrosada. Como é sabido, a mitose é a primeira fase do crecemento da raíz. A falta dalgún factor necesario para a mitose e o posterior crecemento das células formadas podería se-la causa da morte destas raíces en formación.

Nunha daquelas experiencias de enraizamento do castiñeiro, feita en novembro-décembro, tomáronse varas do ano en número de varios centos. Fixéronse feixes de 25 varas de 20-30 cm e dispuxéronse coa súa base, somerxidas uns 10 cm en auga corrente á intemperie; cando no mes de marzo se examinaron as varas, comprobouse como preto do 30% formara raíces, esbrancuxadas e longas, de varios centímetros; similares ás que puideran formar, en iguais condicións, as varas de *Salix*, que tan ben enraízan (Viéitez et al., 1966).

Este material foi sometido a extracción metanólica, fraccionamento, cromatografado e bioensaio da fracción ácida que, no caso das varas maduras normais, dá un histograma cunha forte zona de inhibición.

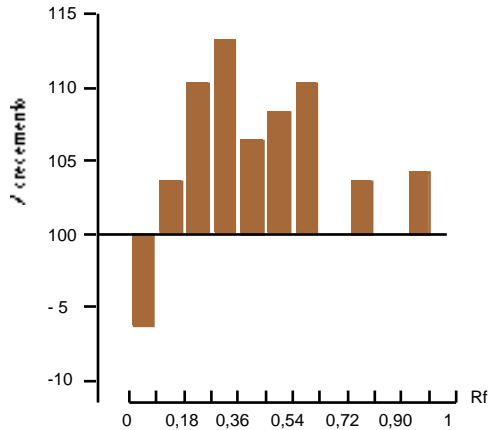
Nas varas lavadas con auga corrente durante varios meses, o seu histograma carecía da zona de inhibición. O máis fácil foi pensar en que o posible composto que producía a inhibición fora eliminado dos tecidos pola auga.

Sen embargo, esta experiencia tan atractiva coma bonita, non a logramos repetir cos mesmos resultados. A dúbida estaba no material utilizado. Probablemente se usaron varas feitas con rebentos procedentes da multiplicación de castiñeiros por acodo baixo, que non enraizaran; pero que durante este proceso se produciu a etiolación, ó seren recubertas as súas bases con terra. Despois comprobaríase que as varas etioladas non tiñan inhibidores de enraizamento a diferenza das normais (F. J. Viéitez, 1986).



Varas de castiñeiro con raíces formadas en auga corrente
(E. Viéitez C.)

Biohistograma de varas adultas etioladas, nas que desapareceron os inhibidores de crecemento, presentando actividade na zona do AIA



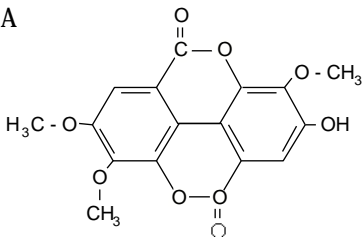
A existencia de inhibidores de enraizamento tamén foi comprobada polos australianos Nichols et al., 1972 nas varas de *Eucalyptus grandis* e *E. deglupta*. Atoparon que a concentración de inhibidores de enraizamento aumentaba nas follas de *E. grandis* a medida que envellecían. Este incremento apareceu correlacionado co descenso na capacidade de enraizamento das varas tomadas de internodos sucesivamente máis altos (Paton et al., 1970; Paton e Willing, 1974).

No *E. grandis* foron identificados tres inhibidores de natureza moi próxima entre si, estruturalmente relacionados con β -tricetonas. Ademais destes inhibidores, foi atopado nas follas maduras de *E. grandis* outro inhibidor que foi chamado grandinol, presumiblemente derivado do floroglucinol, igual cós outros tres inhibidores.

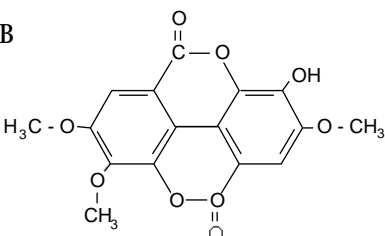
No castiñeiro a idea da existencia de inhibidores de enraizamento nas varas de árbores adultas ten moitos apoios experimentais, como xa indicamos, pero os que puideran ser máis relevantes e novos na bibliografía do castiñeiro foron a identificación de dous compostos derivados do ácido eláxico: o 3, 4, 3' -tri-o-metileláxico (A) e o 3, 4, 4' -tri-o-metileláxico (B), asociados á falta de capacidade de enraizamento das varas do castiñeiro adulto (F. J. Viéitez, e A. Ballester, 1986).

O achado destes compostos inhibidores foi o froito dun paciente e meticuloso estudo realizado por F. J. Viéitez na Facultade de Bioloxía e no Instituto de Investigacións Agrobiolóxicas de Galicia, do CSIC, de Santiago, que habería de constituí-la súa tese de doutoramento, dirixida polo profesor de investigación Dr. Antonio Ballester. A falta de medios adecuados obrigou a F. J. Viéitez a marchar para os Estados Unidos, ó abeiro

A



B



dun proxecto de investigación hispano-norteamericano. Alí traballou co profesor David Kingston, director do Departamento de Química Orgánica da famosa Virginia Polytechnic Institute and State University. A riqueza dos seus equipos fisicoquímicos permitíronlle levar a cabo o illamento, purificación e determinación das estruturas químicas daqueles inhibidores de rizoxénese.

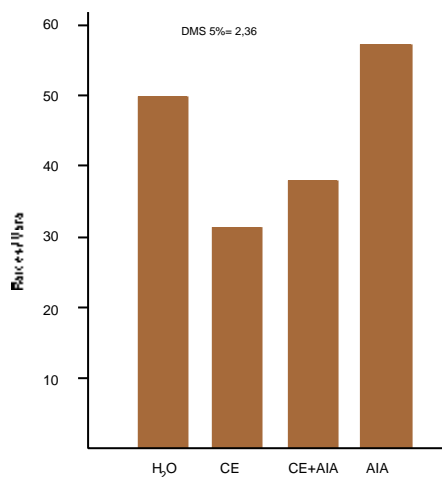
A incorporación dos inhibidores eláxicos ó que poderíamos chamar “a problemática do castiñeiro”, que pasa pola solución do enraizamento das súas varas adultas, é dos feitos máis relevantes que houbo nos últimos anos.

A utilización de métodos químicos e fisicoquímicos adecuados permitiu o estudo do comportamento químico destes compostos, logrando os sistemas máis eficaces para o seu illamento, separación, purificación e identificación. A análise espectral U.V. permitiu o recoñecemento individual dos dous compostos de forma precisa, tendo en conta a similitude de resultados con outras técnicas xa que se trataba de dous isómeros. Por primeira vez describiuse unha técnica sinxela por cromatografía de líquidos de alta eficacia (HPLC), que lles permitiu o illamento destes dous compostos eláxicos en menos de 24 horas. Esta técnica permitiulles detecta-la súa presenza nas distintas partes do castiñeiro, utilizando tan só 0,3 gramos de tecidos.

Dado o baixísimo rendemento na síntese dos compostos 3, 4, 3' -tri-o-metileláxico e 3, 4, 4' -tri-o-metileláxico, a obtención das cantidades necesarias de ámbolos dous para completa-los estudos da súa acción biolóxica, sobre o enraizamento, desistiuse da súa síntese, non por dificultades técnicas senón porque o custo resultaba prohibitivo. Non obstante, foi posible illar do castiñeiro cantidade suficiente de 3, 4, 3' -tri-o-metileláxico para comproba-la súa acción fisiolóxica, que sería a primeira referencia coñecida.

A acción biolóxica foi ensaiada utilizando o test de *Phaseolus vulgaris*. A pesar da baixa solubilidade daquel composto, comprobaron como a concentracións tan baixas com 10^{-5} M era activo, inhibindo significativamente o enraizamento con respecto á auga nun 32%. O seu efecto fíxose maior, ata un 41%, se se comparaba co efecto producido por unha disolución 10^{-5} M de AIA. Cando se valorou unha mestura de composto eláxico con esta auxina, a acción rizoxénica da última viuse reducida nun 31,5%; pero a súa acción non se limitou a reduci-lo número de raíces, senón que tamén modificou o seu modelo, afectándolles á súa disposición e ó seu tamaño.

Resposta do ensaio da actividade de enraizamento de composto -tri-o-metileláxico 3,4,3' (CE) solo ou combinado coa hormona AIA



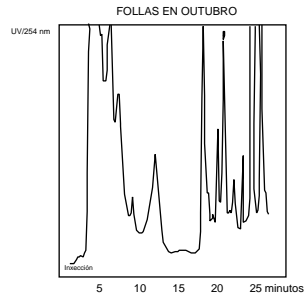
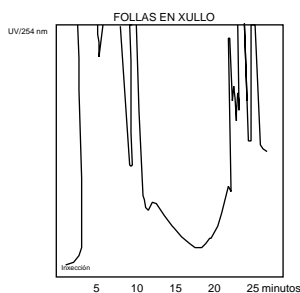
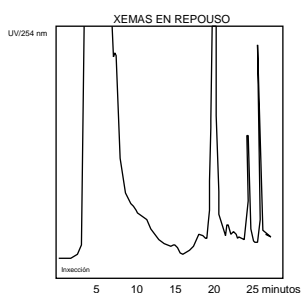


O composto illado do castiñeiro, 3,4,3'-tri-orto-metileláxico, non só reduce a porcentaxe de enraizamento, senón que tamén modifica o modelo de formación das raíces. Á esquerda control en auga; á dereita efecto daquel composto (F. J. Viéitez M.)

enraizamento das varas de castiñeiro. Están sempre presentes nas situacións en que as varas pertinazmente non enraízan. Polo contrario, están ausentes ou en concentracións moi baixas naqueles casos en que se produce o fácil arraigamento das varas, como sucede co material xuvenil, sombreado ou etiolado, cunha resposta que pode chegar ó 100% de enraizamento (F. J. Viéitez e Ballester, 1988). Tampouco se atoparon estes compostos eláxicos en raíces ou cotiledóns. Están presentes nas follas maduras e nas xemas, das que desaparecen ó agromaren, para ir aumentando o seu nivel nas follas a medida que se desenvolven. Fórmanse nas follas e acumúlanse despois nos talos, de onde se toman as varas. A luz contribuiría á formación dos compostos eláxicos. A redución da intensidade luminosa, ata a súa ausencia no material etiolado, anula a formación dos dous compostos eláxicos.

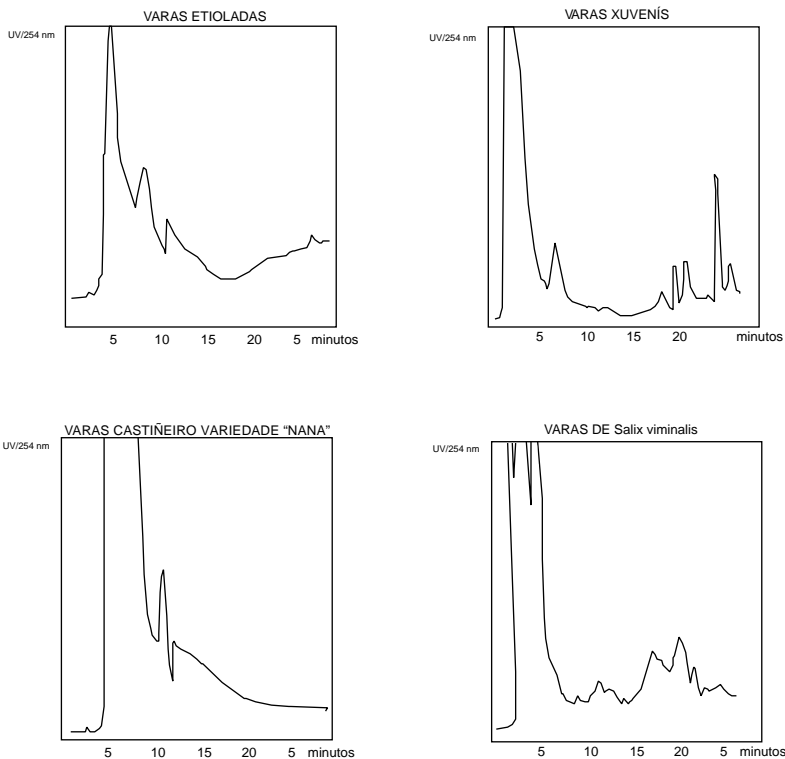
Compostos eláxicos en xemas e follas de castiñeiro

Aparecen no final do cromatograma de HPLC, ós 25 e 27 minutos respectivamente. A evolución destes compostos seguida por HPLC dos mesmos nas xemas mostra que corre en sentido contrario ó desenvolvemento do seu; en abril, cando aínda están pechadas as xemas, os dous compostos alcanzan



valores altos, que comezan a descender a medida que se produce o agromamento da xema, para alcanzar valores mínimos unha vez abertas. Os dous compostos non evolucionan igual, o 3, 4, 4' anúlase máis rapidamente có 3, 4, 3', que conserva valores elevados na apertura das xemas. Durante o desenvolvemento das follas, a síntese de ámbolos dous tampouco se produce con intensidade simultánea, aparecendo en setembro maior concentración do 3, 4, 3' e en novembro do 3, 4, 4'.

As varas de castiñeiro adulto que non enraízan presentan o cromatograma HPLC con moitos compostos no final do mesmo, entre os que están os dous eláxicos.



Nas condicións en que as varas de castiñeiro enraízan ben, os seus cromatogramas de HPLC non acusan a presenza dos dous compostos eláxicos que aparecen nos minutos 25 e 27, ou a súa cantidade é moi baixa. Curiosamente a vimbeira (*Salix viminalis*), que enraíza moi ben, tampouco presenta os devanditos picos

As varas adultas, previamente etioladas, que enraízan ben non presentan os picos típicos dos compostos eláxicos finais do cromatograma HPLC.

Igualmente non apareceron os dous compostos eláxicos nas varas dunha mutación espontánea de *Castanea sativa*, chamada *Nana*, que é de fácil enraizamento, así como tampouco en varas etioladas ou que se mantiveron almacenadas durante 3 meses a $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Estes dous compostos eláxicos atopados no castiñeiro, que están correlacionados co comportamento rizoxénico das súas varas, aparecen

escasamente citados ou incluso a súa cita é dubidosa. Isto dálle maior relevancia ó achado efectuado por F. J. Viéitez e A. Ballester do Grupo de Santiago.

ETIOLACIÓN E ENRAIZAMENTO

A formación de raíces adventicias nos gallos leñosos ou nas mesmas pólas é favorecida pola ausencia de luz ou polo sombreado intenso. Deste fenómeno, coñecido como etiolación polos anglosaxóns, sábese desde antigo polos propagadores de plantas.

A etiolación pódese definir como a exclusión total da luz para así evita-lo efecto negativo que esta exerce sobre o proceso da rizoxénese adventicia. Pódese falar de etiolación e de vendaxe, que os anglosaxóns denominan “banding”, para describi-lo feito de recubrir parcialmente a parte onde se quere que se formen as raíces cunhas bandas opacas, por exemplo de cinta plástica negra ou de velcro, manténdoas así durante un tempo que vai desde varios meses ata un ano. Ó retirar-las bandas a zona cortical descuberta presenta actividade rizoxénica. Forma raíces dun modo fácil, aumentando notablemente a porcentaxe de enraizamento se se lles aplican auxinas ás varas feitas con material previamente sombreado coas bandas.

A etiolación pódese producir facilmente, provocando a exclusión da luz sobre a póla ou a planta que vai producir-las varas, recubrindo-se con tea ou cun plástico negro (Biran e Halevy, 1973; Davis e Potter, 1983), ou máis simplemente recubrindo a parte a etiolar con papel de aluminio (Viéitez e Viéitez, 1974). Non é necesaria a aplicación de material con brión, turba ou vermiculita entre a casca da póla e o material utilizado para etiolar.

O castiñeiro respondeu favorablemente ó tratamento de etiolación con papel de aluminio, tanto sen auxinas como aplicándoas simultaneamente. Os resultados que obtivemos (Viéitez e Viéitez, 1974) foron sorprendentes, tanto pola alta porcentaxe de enraizamento como pola facilidade de lograr respostas de enraizamento seriadas nun mesmo xermolo.

A etiolación realizouse a principios de xuño sobre xermolos formados en cepas de castiñeiros resistentes, cortados a nivel do chan en xaneiro e que comezaran a xermolar en abril. Os xermolos etiolados tiñan sobre un mes. Recubrironse na zona basal con

Varas de castiñeiro ó pouco tempo de ser etioladas mostrando a forte reacción con aparición de raíces. A da dereita, unha vara co papel de aluminio



papel de aluminio, que foi enrolado arredor do talo, nunha lonxitude duns 15 cm, sobresaíndo o ápice uns 5 cm por encima do aluminio. Con intervalos dun mes, a medida que foi medrando o xermolo, repetiuse a etiolación na zona media e apical. Desta maneira cada xermolo levaba tres zonas etioladas: basal, media e apical. A duración do tratamento foi de seis meses. O mesmo tratamento repetiuse aplicando unha mestura de auxinas en vaselina, a razón de 4 mg/g ANA + 4 mg/g AIB, e despois enrolouse o papel de aluminio arredor da zona tratada.

Ó levantar, en novembro, as envolturas de aluminio observáronse os seguintes resultados:

RESPOSTA DE ENRAIZAMENTO DOS XERMOLOS ETIOLADOS, %			
	Control	Etiolado	Etiolado + auxinas
Zona basal	47	84	94
Zona media	23	35	100
Zona apical	4	3	79

A adición simultánea de auxinas á etiolación incrementou a resposta de enraizamento, tamén nas zonas media e apical. A formación de raíces no ápice dos xermolos foi tan sorprendente coma espectacular. Unha vez máis, a etiolación demostrou ser unha das condicións máis favorables para o enraizamento de varas leñosas remisas a formaren raíces, como son as do castiñeiro.

Outros interesantes resultados do efecto da etiolación sobre a capacidade rizoxénica do castiñeiro tamén os obtivo, anos máis tarde, no Grupo de Santiago, F. J. Viéitez na súa tese de doutoramento, orientada cara ó coñecemento dos posibles inhibidores de enraizamento do castiñeiro como responsables da imposibilidade de propagar castiñeiros polo método de envarado.

Estudou o contido de inhibidores eláxicos en material etiolado e, simultaneamente, fixo experiencias de enraizamento de varas de castiñeiro previamente etioladas. A ausencia nestas de inhibidores foi acompañada dun sorprendente aumento da capacidade rizoxénica. As varas etioladas foron tratadas cunha mestura de 4 mg AIB + 4 mg ANA en talco, postas en cámara de enraizamento con temperatura e

Raíces formadas nas varas de castiñeiro etioladas despois de quita-lo papel de aluminio (A. M^a. Viéitez M.)



nebulización controladas. Levantadas no mes de marzo deron os seguintes resultados:

RESPOSTA DE ENRAIZAMENTO DE VARAS ETIOLADAS						
Varas	% enraizamento		% inchado basal		N raíces/vara	
	con auxinas	control	con auxinas	control	con auxinas	control
Non etioladas	2	0	2	0	0,01	0
Etioladas	100	33	100	0	1,6	0,3

A etiolación favoreceu claramente o efecto das auxinas, chegando ó 100% de varas enraizadas. Como cabía esperar, as varas normais tan só responderon con enraizamento o 2%; pero, ademais, estas raíces foron moi pobres, incapaces de sobrevivir. Contrastaron coas raíces formadas nas varas etioladas, que foron abundantes, fibrosas, de aspecto normal e cun crecemento posterior bo, igualmente normal, permitindo a rexeneración do castiñeiro por varas etioladas.

RESPOSTA DE ENRAIZAMENTO DO CASTIÑEIRO CHINÉS, %				
Medrados con luz		Etiolados		Tempo de enraizamento Semanas
Sen bandas	Con bandas	Sen bandas	Con bandas	
0	0	44	100	2

As varas do castiñeiro chinés (*Castanea mollissima*), igualmente difíciles de enraizar coma as do castiñeiro europeo, tamén responderon positivamente á etiolación, como comprobaron no 1996 Maynard e Bassuk.



Se pasa moito tempo despois de ser etioladas as raíces formadas debaixo do papel de aluminio, comezan a necrosarse (A. M^a. Viéitez M.)

Transporte do estímulo da etiolación

Algúns autores admiten a existencia dun estímulo xerado pola etiolación ou sombreado (Harrison-Murray e Howard, 1982). Apóiase no feito da frecuente formación vertical de gran número de raíces adventicias, dispostas coma os dentes dun peite. Este estímulo perderíase gradualmente pola posterior exposición á luz das partes etioladas.

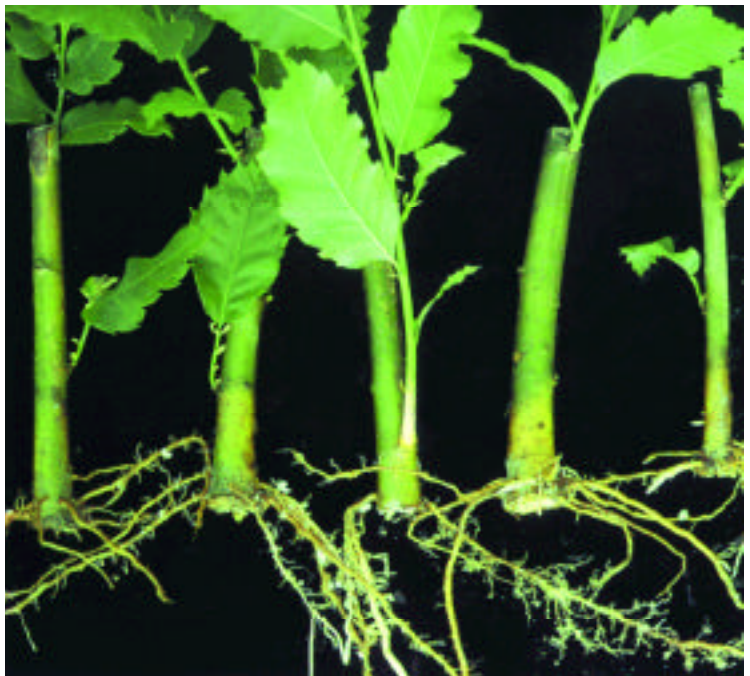
O efecto da etiolación, lonxe de ser efémero, comprobouse que pode persistir durante varios meses, como sucede en maceiras e en aguacates previamente sombreados e posteriormente expostos á luz (Maynard e Bassuk, 1988).

Entre os autores que defenden o transporte do estímulo da etiolación cabe destacar ós xaponeses Kawase e Matsui (1980), os cales, con hipocólitos de *Phaseolus vulgaris* ós que lles aplicaron diversas bandas opacas de escurecemento, afirman ter comprobado como inmediatamente debaixo das bandas aparecía unha zona duns 4 cm na que se formaron raíces. Igualmente, Howard (1983) menciona que, debaixo das zonas cubertas con bandas opacas, aparecen zonas cunha maior actividade rizoxénica, suxerindo que un estímulo formado na zona etiolada se movía basipetamente cara ás partes inferiores iluminadas pola luz.

Non existe unha transmisión do estímulo formador de raíces producido pola etiolación, que actúa localmente ou estendéndose a unha área moi pequena.

Outros autores tamén apoian claramente o non transporte do estímulo da etiolación. Traballo con gallos de aguacate demostraron que non había movemento ascendente ou descendente do estímulo xerado en bandas opacas. Doss e os seus colaboradores (1980) afirman que a etiolación actúa localmente nos talos medrados *in vitro* de *Rubus idaeus*. Delargy e Wright (1978) tamén apoian esta idea ó comprobaren que a zona de enraizamento, creada pola etiolación, se reduce ás partes excluídas da luz. O

Varas de castiñeiro que foron etioladas e despois tratadas con auxinas. A resposta de enraizamento foi moi boa, así como o tipo de raíces formadas (F. J. Viéitez M.)



propio Shapiro (1958) xa postulou a existencia de factores inmóviles que afectaban ó enraizamento, os cales eran negativamente influídos pola luz.

Tamén se atopou unha posible relación entre o contido en antocianinas dos órganos e as súas relacións coa formación de raíces adventicias. Isto podería explica-las relacións entre os fenilpropanoides e o potencial para formar raíces, debido a que algúns destes compostos son precursores da lignina; en consecuencia, están relacionados coa vascularización (Hackett et al., 1993).

A etiolación aféctalle notablemente á anatomía do talo a través do catabolismo do amidón. O escurecemento producido polo sombreado actúa, en certo modo, sobre o cociente carbono/nitróxeno, que afecta á síntese protoplasmática e parcialmente ó abrandamento dos tecidos duros, por deslignificación das paredes celulares nas que o proceso de deposición de polisacáridos é reversible mentres as células se manteñen vivas. Este proceso é directamente afectado pola etiolación e, ata certo punto, pode intervir no rexuvenecemento.

A ESTRUCTURA ANATÓMICA E O ENRAIZAMENTO

Son varios os autores que correlacionan a capacidade para formaren raíces das varas leñosas coas características anatómicas do anel de esclerenquima que envolve os feixes do floema. Constitúe unha das tres hipóteses propostas para explica-lo mecanismo da rizoxénese que se postularon anteriormente.

O desenvolvemento do anel esclerenquimático dos talos de castiñeiro (*Castanea sativa*) foi estudiado detalladamente por Ana María Viéitez (1975). Chegou á conclusión de que é modificado por factores ambientais e polo crecemento do castiñeiro, o que vai acompañado da perda da súa capacidade de enraizamento.

Nas pólas do castiñeiro adulto o anel esclerenquimático ten unha estrutura continua con grupos de fibras, entre as que están as esclereidas. O contorno do anel é ondulado, sobre todo cando a póla ten sección transversal arestada, neste caso o anel cinguese a esta forma; na parte cóncava da onda do anel afástanse os elementos do floema.

Pola parte interna do anel, bastante próxima ó cambium, existe un segundo nivel discontinuo de esclerenquima, formado por bandas tanxenciais de fibras de disposición estratificada situadas no floema secundario. Segundo a dirección radical da sección o ancho é de 3-6 fibras para o nivel externo e 2-3 fibras para o interno.

Ó microscopio electrónico aprécianse as paredes celulares das fibras moi desenvolvidas e queda en moitas delas un lumen celular practicamente puntual.

Na parede secundaria distínguese perfectamente a zonificación en tres capas. A media é a máis desenvolvida, formando a maior parte da parede. A máis interna é a máis fina de todas. A parede primaria é máis densa, está pegada pola súa parte interna á zona máis externa da parede secundaria, mentres que pola parte externa limita coa película media que separa as fibras entre si.

A parede primaria está fortemente lignificada e tamén a película media. A cantidade de lignina diminúe en dirección centripeta, chegando a ser practicamente nula nas que esta autora denomina “fibras xelatinosas”.

A maioría das fibras carecen de protoplastos, non obstante nalgunhas observouse a presenza de grans de amidón e de restos citoplasmáticos que suxiren a evidencia de certa actividade metabólica. As fibras considéranse como elementos mortos na súa madurez, con funcións mecánicas, especialmente de soporte.

Hai veces que as fibras libriformes do xilema conservan o seu contido vivo despois da formación da grosa parede lignificada.

A ultraestructura das esclereidas tamén foi minuciosamente estudada por Ana María Viéitez (1975), e do seu traballo reproducímo-lo seguinte:

As paredes celulares das esclereidas están fortemente lignificadas. A diferenza das fibras a súa parede secundaria está impregnada de lignina, ata nas capas máis próximas ó lumen celular.

Durante a diferenciación de esclereidas o citoplasma xera unha parede secundaria, excepto nas rexións dos plasmodesmos, onde se interrompe a parede para orixinalas puntuacións, que na súa maioría son simples; moito máis abundantes nas esclereidas ca nas fibras, suxeríndose que permiten certa continuidade co citoplasma das células vivas. Deste modo sería posible a achega de nutrientes a un grupo de citoplasmas que dificilmente os poderían recibir sen a existencia destas puntuacións.

A etiolación modifica os factores anatómicos correlacionados co enraizamento. Coa desaparición da clorofila prodúcese un aumento da suculencia dos internodos, acompañada dunha diminución da forza mecánica dos tecidos do talo e da lignificación. As paredes celulares fanse máis delgadas e falta o anel continuo de esclerénquima na vaíña de fibras floemáticas. Con frecuencia aparecen menos esclerificadas.

A etiolación incrementa o carácter herbáceo do talo; o que está correlacionado cun aumento da capacidade de enraizamento ó incrementa-los sitios de iniciación dos primordios radicais. Este feito é considerado como un dos efectos máis favorables da etiolación na rizoxénese, incluso superior á supresión ou ó debilitamento da barreira mecánica do tecido esclerenquimático, considerado por algúns autores como un obstáculo material para o desenvolvemento das raíces.

Tamen incide sobre o desenvolvemento do anel de esclerénquima do floema atrasando a formación de esclereidas e diminuindo a lignificación do mesmo; factores estes que son negativos para a rizoxénese (Viéitez e Viéitez, 1974).

A CONDICIÓN XUVENIL E O ENRAIZAMENTO

O castiñeiro é unha planta cun estado xuvenil que presenta diferencias fisiolóxicas substanciais co estado maduro. Entre esas cómpre salientármola súa capacidade para formar raíces adventicias nas varas. A diferenza pódese considerar como sorprendente. Sabemos que as varas de castiñeiros maduros ou adultos pertinazmente se resisten a formar raíces. Son consideradas como “intratables” cando se pretende propagar vexetativamente o castiñeiro mediante o envarado convencional.

As varas procedentes de castiñeiros xuvenís enraízan con facilidade ó seren tratados con auxinas. A resposta facilmente chega ó 100% de enraizamento (Viéitez, 1963), sendo as raíces formadas fibrosas e o crecemento posterior normal, consentindo a rexeneración do castiñeiro con facilidade.

Varas xuvenís de castiñeiro tratadas con auxinas enraizadas (E. Viéitez, 1963)



A condición xuvenil do castiñeiro é de curta duración, pode oscilar entre os 4 e os 8 meses, aproximadamente, dependendo das condicións ambientais en que medrara. O “cambio de fase” prodúcese gradualmente, a través dunha redución do contido hormonal. Aumenta a actividade do sistema AIA-oxidasa e da presenza de inhibidores de crecemento, así como unha complexidade crecente da estrutura anatómica do esclerénquima.

Este feliz achado permitiulle ó Grupo de Santiago acometer novas liñas de investigación para tratar de chegar ó

fondo de por que había diferencias tan dramáticas na capacidade de enraizamento das varas xuvenís e das maduras; xurdindo a esperanza de poder chegar a controla-lo mecanismo de enraizamento do castiñeiro.

En relación co estado xuvenil do castiñeiro, Ana María Viéitez (1973) estudou os factores que lle afectan desde o punto de vista anatómico. Fixo un minucioso traballo, no que utilizou as técnicas de cultivo *in vitro* de embrións de castiñeiro utilizada por Adelina Vázquez (1968). Analizou o efecto da etiolación, diferentes niveis de nutrientes minerais, sombreado para atrasa-lo “cambio de fase” do castiñeiro, efecto da densidade de sementeira e de distintas lonxitudes de ondas, etc.

Comprobou que nos castiñeiros xuvenís a partir dos 4 meses comeza a esclerose secundaria de células do parénquima conducente á formación de esclereidas.

A complexidade da estrutura esclerenquimática increméntase coa idade do castiñeiro, aparecendo ós 12 meses un segundo nivel interno de tecido esclerenquimático. Feito que, comprobou, vai acompañado dunha perda da capacidade rizoxénica que comeza a se manifestar segundo as condicións ambientais de crecemento.

Nas varas xuvenís de castiñeiro é notable a ausencia de inhibidores de crecemento e a presenza de cantidades altas de AIA; dous feitos relacionados directamente con dúas das tres hipóteses para explica-la formación de raíces adventicias.

COMPOSTOS FENÓLICOS EN VARAS DE CASTIÑEIRO DUN ANO

Compostos identificados	Idade en meses					
	2	4	6	8	10	12
ácidos	2	4	6	8	10	12
p-hidroxibenzoico	-	-	+	+	+	+
vanílico	-	-	+	+	+	+
p-cumárico	-	-	+	+	+	+
caféico	-	-	+	+	+	+
ferúlico	-	-	-	+	+	+
protocaquético	-	-	-	-	+	+
sirínxico	-	-	-	-	-	+

Nas varas xuvenís do castiñeiro de 2 a 6 meses de idade García, Ballester e Viéitez (1981) destacan a ausencia dos compostos fenólicos que se atopan sempre nas varas a partir dos 12 meses. Este aumento de compostos fenólicos puidera estar relacionado co aumento da lignificación das varas, principalmente polo que se refire ó ácido sirínxico. Isto coincide coa idea de que as formas metoxiladas dos ácidos fenólicos son máis abundantes nos órganos máis lignificados.

O almacenamento frío (4 °C) de varas de castiñeiro non lle afectou ó proceso de síntese de lignina nin á lignificación do esclerénquima.

REXUVENECIMENTO DAS VARAS

A condición ou o estado xuvenil é ideal para a formación de raíces nas varas do castiñeiro. A súa reversión do estado maduro ó xuvenil converteuse en obxectivo prioritario para moitos investigadores. Os métodos de rexuvenecemento inclúen a manipulación de factores ambientais como puidera se-lo sombreado, facendo medra-los castiñeiros adultos formando sebes densas. Nestas condicións, determinados xermolos conservan a súa condición xuvenil. A aplicación de retardadores do crecemento que alongan esta situación; atrasa-lo cambio de fase; a transmisión do carácter xuvenil mediante o enxerto en cascada de material adulto sobre patróns xuvenís, como poderían se-los hipocolitos de castañas; as recepaxes sucesivas de talos maduros; e, finalmente, á produción por cultivo *in vitro* de microvaras xuvenís, fáciles de enraizar etc., son exemplos de como recupera-lo estado ou a condición xuvenil do castiñeiro, que permite a súa multiplicación vexetativa por envarado.

A MICROPROPAGACIÓN DO CASTIÑEIRO

Probablemente, a aplicación práctica máis importante que ten tecnoloxía de cultivo *in vitro* de plantas superiores é para a propagación clonal a grande escala, a través da rexeneración de plantas a partir de pequenos anacos das mesmas chamadas explantos. Mediante modificacións sucesivas da composición do medio de cultivo pódese induci-la secuencia de diferenciación celular que leva á formación de talos e raíces. Inicialmente obtéñense plantas miniatura, microplantas, de aí que a propagación *in vitro* se denomine “micropropagación”.

O obxectivo esencial da micropropagación comercial é a produción de plantas de calidade con características idénticas á planta nai e a un prezo competitivo. A micropropagación diferénciase dos métodos tradicionais de propagación vexetativa por utilizar propágulos de moito menor tamaño e por exercer un mellor control sobre os diferentes factores que lle poden afectar á propagación asexual; require o mínimo espacio e permite ensaiar gran variedade de condicións ambientais (temperatura, intensidade de luz e fotoperíodo) e a aplicación de compostos químicos en circunstancias facilmente controlables, ata a optimización dos requirimentos específicos de cada especie. Isto permite obter taxas de multiplicación inalcanzables polos métodos tradicionais e, en ocasións, posibilita a propagación de especies ou xenotipos imposibles de reproducir convencionalmente. Ademais, a micropropagación require moi pouco espacio dedicado a planta nai e pódese realizar ó longo de todo o ano sen dependencias estacionais, o que permite programa-la produción en función da demanda.

Cada vez son máis numerosas as empresas privadas que fan uso da micropropagación para a produción a grande escala de plantas de interese económico, fundamentalmente especies agrícolas, ornamentais e algúns portaenxertos clonais de melocotoeiro, cerdeira e maceira.

No ámbito forestal, onde a micropropagación pode ser de maior utilidade debido ós millóns de plantas que demandan os repoboamentos, a tecnoloxía aínda está en fase de investigación e expansión.

MÉTODOS DE MICROPROPAGACIÓN

A micropropagación é un proceso secuencial a través do cal os tecidos evolucionan ata a obtención de plantas listas para seren transplantadas á terra. Realízase sempre polo menos en tres etapas, comezando co establecemento dun cultivo aséptico do material vexetal seleccionado, seguido dunha fase de multiplicación ou de incremento rápido dos propágulos e finalizando coa preparación destes para a súa transferencia ó ambiente natural.

Micropropagación vía proliferación de xermolos axilares

É o método preferido polos laboratorios comerciais e tamén o máis utilizado na micropropagación de especies arbóreas anxiospermas, por se-lo máis fácil e o que mellor asegura a estabilidade fenotípica das plantas rexeneradoras, xa que se inicia a partir de meristemas preformados ou xa existentes nos explantos; mentres que nos outros métodos existe o risco inherente de inducir variabilidade xenética durante o cultivo, porque a rexeneración de plantas ten lugar a partir de meristemas neoformados ou adventicios.

Os cultivos pódense iniciar facilmente ou ben a partir da porción apical dun xermolo vexetativo (ápice caulinar) que inclúe o meristema e un número variable de primordios foliares ou ben a partir de xemas vexetativas, que en realidade son xermolos vexetativos rudimentarios pero completos.

O proceso consiste en induci-la elongación ou o desenvolvemento dun xermolo a partir do explanto, a posterior ramificación axilar deste por supresión da dominancia apical que inhibe o desenvolvemento das xemas laterais e, finalmente, o enraizamento individualizado dos xermolos desenvolvidos. Ata a data, o sistema de proliferación de xermolos axilares é a vía que ofrece maior potencial para a micropropagación do castiñeiro. Esta logrouse inicialmente a partir de epicótilos de

Proliferación de xermolos axilares de castiñeiro a partir dun ápice caulinar (F. J. Viéitez M.)

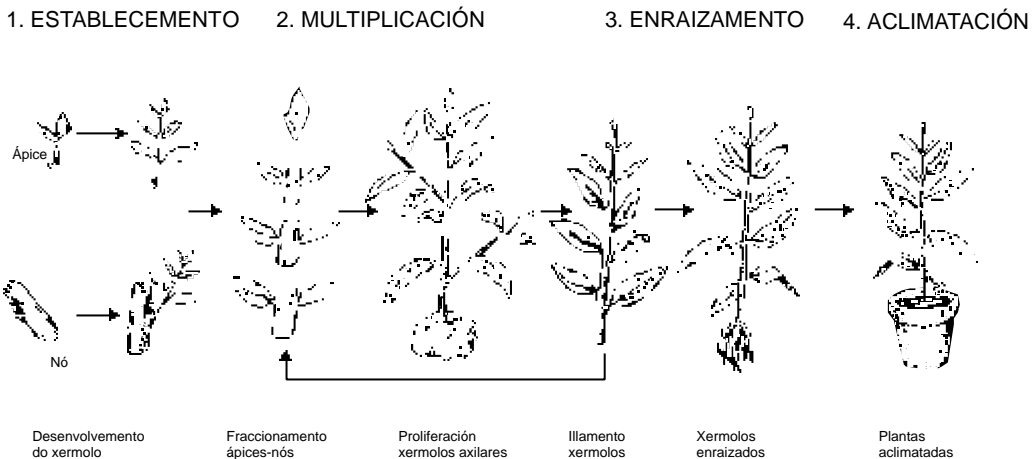


embrións xerminados *in vitro* e de plántulas medradas en invernadoiro de *C. sativa* (Viéitez e Viéitez, 1980a, 1980b; Viéitez e cols., 1981; Viéitez e Viéitez, 1982; Rodríguez, 1982; Chevre e cols., 1983) e de *C. dentata* (Keys e Cech, 1981, 1982).

No 1983 conseguíuse por primeira vez a rexeneración *in vitro* do híbrido euroxaponés HV, resistente á enfermidade da tinta e parcialmente do cancro a partir de ápices caulinares de rebentos anuais de tres castiñeiros adultos recepados (Viéitez e cols., 1983). Estes estudos permitiron establecer as bases dos protocolos actuais de micropropagación de xenotipos seleccionados de castiñeiro (Viéitez e cols., 1986a, 1986b, 1987). Este foi un proceso difícil, mesmo ás veces imposible, xa que a selección se realiza sobre exemplares adultos que xa demostraron xenotipos superiores, e a capacidade morfoxenética dos tecidos e dos órganos descende drasticamente a medida que aumenta a idade ou o grao de madurez dos órganos e das plantas de onde proceden.

O proceso consta de catro etapas: 1) Establecemento, 2) Multiplicación, 3) Enraizamento e 4) Aclimatación.

Micropropagación vía xermolos axilares



1. Establecemento dos cultivos

Unha vez seleccionado un determinado xenotipo, que interesa micropropagar, débese localizalo material que teña maior grao de xuventude, para utilizalo como doador de explantos, o que facilitará a instalación *in vitro* e a resposta dos cultivos. Nas árbores existe un cono de xuventude cara á base do tronco, de maneira que os tecidos desta zona reteñen durante máis tempo características xuvenís, de aí que os

materiais preferidos sexan os rebentos basais e os xermolos epicórmicos, aínda que non sempre están dispoñibles, coma no caso de variedades enxertadas.

A mellor época para inicia-los cultivos é na primavera, cando os xermolos teñen maior vigor, xa que están en plena actividade de crecemento. A instalación *in vitro* do material require a previa desinfección superficial dos xermolos (8-10 cm) para impedi-la contaminación de algas, bacterias e fungos, e que se ten que realizar sen dana-los tecidos. O tratamento esterilizante tense que optimizar en cada caso en función do estado fitosanitario do material, o cal depende moi directamente das condicións ambientais da zona onde medra. Unha inmersión rápida en alcohol 70°, durante 30-60 segundos, seguida dun baño en hipoclorito sódico ou calcio ó 5-7%, durante 5-10 min, adoita abondar nos casos máis sinxelos. Sen embargo, os materiais recollidos en zonas con gran contaminación de patóxenos ou os procedentes de exemplares moi lonxevos resultan practicamente imposibles de descontaminar, a pesar de utilizar tratamentos tan fortes coma baños de 3 min en alcohol 96° e de 25-30 min en hipoclorito cálcico ó 8%.

Para facilita-la instalación *in vitro* destes materiais, Viéitez e cols. (1987) recomendan recoller varas (20-30 cm) en decembro, almacenalas en frío e forza-lo seu abrollamento en primavera no inverna-doiro ou en cámaras de crecemento. Os pequenos xermolos que se desenvolven descontaminanse relativamente ben sen necesidade de utilizar tratamentos excesivamente fortes.

Despois de aplica-lo tratamento esterilizante, nas cámaras de fluxo laminar, baixo estricto ambiente aséptico e utilizando sempre instrumental esterilizado, enxáuganse os xermolos 2-3 veces en auga destilada estéril para elimina-los restos de hipoclorito e pásase á obtención dos explantos, ápices caulinares (0,5-2 cm) e xemas axilares inhibidas, xeralmente unidas a un segmento de talo (nó). A continuación estes transfírense (seméntanse) individualmente sobre un medio de cultivo dispensado en tubos de ensaio. Acabada a sementeira, os cultivos incúbanse en cámaras de crecemento baixo condicións ambientais rigorosamente controladas e uniformes, xeralmente en fotoperíodo de 16 h baixo unha intensidade de iluminación de 2,5-4 Klux, arredor de $30 \mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ de radiación fotosinteticamente activa (PAR), e con 25 ± 2 e 20 ± 2 °C de temperatura diurna e nocturna respectivamente.

A composición do medio de cultivo é un factor moi importante para o establecemento dos cultivos. Despois de ensaiar numerosas formulacións de medios de cultivo dispoñibles na literatura e outras definidas empiricamente no laboratorio, Viéitez e cols. (1986) comprobaron

que os medios minerais máis apropiados para o cultivo do castiñeiro son os formulados por Heller (1953), Murashige e Skoog (1962) (MS) e Gressoff e Doy (1972) (GD).

A fase de establecemento remata cando un número adecuado de explantos sobreviven libres de contaminación e amosan unha resposta de crecemento. O éxito depende moi directamente do tipo e do tamaño dos explantos utilizados. En xeral, os ápices caulinares amosan maior reactividade ós tratamentos *in vitro* cás xemas axilares, o que se traduce en taxas iniciais de crecemento máis elevadas e con porcentaxes de supervivencia maiores.

2. Etapa de multiplicación

Os cultivos viables consisten xeralmente nun xermolo principal de 1 a 3 cm de lonxitude, con reducida ou nula proliferación de xemas axilares na súa zona basal. O número depende da dominancia apical particular de cada caso.

No castiñeiro o desenvolvemento de xermolos axilares estímula-se subcultivando sucesivamente os rebentos en medios de cultivo engadidos con BA (benzil-amino-purina), a intervalos mensuais.

A concentración óptima de BA para esta etapa oscila entre 0,1 e 0,5 mg/l, que asegura na maioría dos casos unhas taxas de multiplicación aceptables e un crecemento vigoroso dos xermolos.

Existe unha gran variación interclonal con respecto ás taxas de multiplicación dos cultivos. Nalgúns clons obtéñense entre 8 e 10 novos xermolos por explanto, mentres que noutros tan só de 1 a 3. En xeral, despois de varios subcultivos sucesivos os cultivos estabilízanse e as taxas de multiplicación aumentan, o que se lle atribúe ó posible rexuvenecemento dos clons, xa que o cultivo *in vitro* se considera unha técnica de rexuvenecemento *per se* (Francllet, 1979).

3. Etapa de enraizamento

O obxectivo desta etapa é induci-lo enraizamento dos xermolos obtidos nos ciclos de multiplicación. Utilízanse unicamente os xermolos de máis de 2 cm e aspecto san, que requiren necesariamente a aplicación dunha auxina (AIB) (ácido 3-indol-butírico) para induci-lo seu enraizamento.

A resposta rizoxenética depende de moitos factores, do estado fisiolóxico dos xermolos, do tipo de tratamento auxínico aplicado, da composición do medio e dos factores ambientais, cunhas interrelacións que aínda non se saben ben.



Cultivos de castiñeiro ó final da fase de multiplicación (F. J. Viéitez M.)



Os tratamentos habituais consisten no cultivo dos xermolos durante 7-8 días en medio engadido con doses baixas de AIB (3-10 mg/l) ou nunha breve inmersión basal dos xermolos en solucións concentradas de AIB (0,5-1 g/l), transferíndose a continuación a un medio desprovisto de auxina para estimular o crecemento das raíces neoformadas. Un tratamento que proporcionou resultados moi satisfactorios é o cultivo en medio engadido con 25-50 mg/l de AIB durante 24 horas, seguido da transferencia ou ben a un medio sólido sen auxina e provisto de carbón activo ó 1% ou ben a unha mestura estéril de turba, vermiculita e perlita, impregnada con medio líquido.

O estudo ontoxenético da rizoxénese *in vitro* do castiñeiro revelou que os primordios de raíz se forman de 7 a 10 días despois de aplicarlle a auxina (Viéitez e Viéitez, 1983). O tratamento auxínico é un factor moi importante xa que a auxina é necesaria para a indución do proceso e para a formación dos primordios de raíz, pero inhibe o crecemento posterior das raíces neoformadas. De feito, o cultivo continuado de xermolos de castiñeiro en presenza de auxina resulta normalmente no desenvolvemento de raíces curtas e grosas, non aptas para o seu transplante á terra.

A composición do medio de cultivo débese modificar con respecto ó das etapas anteriores, especialmente a concentración de macronutrientes, que se debe reducir á metade (Viéitez e Viéitez, 1980, 1982; Viéitez e cols., 1983, 1986, 1987; Rodríguez, 1982a; Keys e Cech, 1982). Xeralmente utilízanse os medios $\frac{1}{2}$ GD (macronutrientes reducidos á metade) ou $\frac{1}{2}$ MS- $\frac{1}{4}$ NO₃ (macronutrientes á metade e os nitratos reducidos á cuarta parte). Nestes medios e utilizando os tratamentos antes citados obtivéronse taxas de enraizamento que oscilan entre o 50 e o 90%, cun número medio de 3-7 raíces por xermolo e con abundancia de raíces laterais.

Actualmente, de cara á produción comercial e con obxecto de reduci-la man de obra e mailo prezo final da planta, téndese a realizar simultaneamente as etapas de enraizamento e aclimatación; é dicir, os xermolos tratados con auxina transfírense directamente ó túnel de aclimatación sobre un substrato non estéril.

4. Etapa de aclimatación

É a fase final do proceso, durante a cal os xermolos enraizados se preparan gradualmente para o cambio brusco das condicións ambientais: das uniformes e controladas do cultivo *in vitro* ás variables do exterior.

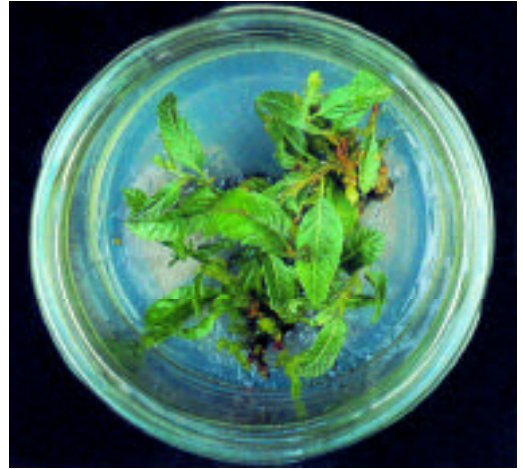
Ó final da súa permanencia *in vitro*, os xermolos enraizados son moi tenros e vulnerables, con baixa capacidade fotosintética. As súas follas carecen de ceras epicuticulares, teñen unha estrutura interna pouco desenvolvida e carecen de estomas funcionais, polo que se deben someter a un proceso de aclimatación ou endurecemento fisiolóxico previo ó seu transplante ó ambiente natural.

As plantas transfírense a mesturas de turba-area de cuarzo (1:1, v/v) e mantéñense no invernadoiro baixo un ambiente inicial de alta humidade e baixa iluminación para, de forma progresiva, ir diminuindo a humidade e aumentando a intensidade da luz. Esta etapa remata despois de 3 ou 4 semanas, cando as microplantas continúan o crecemento; é dicir, cando as plantas revelan que pasaron do desenvolvemento heterótrofo, propio das condicións *in vitro*, ó autótrofo, conseguido pola funcionalidade adquirida das súas follas e raíces.

Micropropagación vía xemas adventicias

Este método consiste en induci-la diferenciación de xemas adventicias a partir de explantos de calquera natureza (seccións de follas, talos, raíces, inflorescencias, etc.) e o seu subseguinte desenvolvemento en xermolos enraizables.

A aplicación de citoquininas é esencial para a inducción de xemas adventicias, as cales poden neoformarse directamente sobre os explantos ou indirectamente sobre calos desenvolvidos a partir das superficies de corte dos explantos. A proliferación das xemas e a elongación dos xermolos estímase subdividindo os cultivos e transferindo os fragmentos a medios con doses máis baixas e sen citoquininas.



Cultivos de castiñeiro ó final da fase de multiplicación
(F. J. Viéitez M.)

Normalmente, despois de 2 ou 3 transferencias os cultivos consisten en macizos ou masas moi prolíferos, nos que novos xermolos adventicios se desenvolven continuamente. Estes orixínanse tanto directamente sobre os xermolos, previamente formados, coma indirectamente sobre calos desenvolvidos a partir dos xermolos que están en contacto co medio. Unha vez illados, os xermolos enraízanse e aclimátanse de igual forma cós xermolos axilares.

Este método tivo éxito con numerosas especies de coníferas (Smith, 1986; Thorpe e cols., 1991; Gleed, 1994), pero moi pouco nas anxiospermas forestais. No caso concreto do castiñeiro, a indución de xemas adventicias resultou ser un proceso moi difícil. Proba disto é que, a pesar de ser unha das primeiras especies leñosas cultivadas *in vitro* (Jaquiot, 1950), as referencias bibliográficas sobre a diferenciación de xemas adventicias son moi escasas e limitadas a cultivos de material xuvenil (Viéitez e cols., 1986). Algúns autores observaron a formación de estruturas “tipo xema adventicia” en cultivos de epicótilo de *C. dentata* (Keys e Cech, 1979) e de cotiledón de *C. mollissima* x *C. dentata* (Skirvin, 1981) e *C. sativa* (González, 1981), as cales nunca deron lugar á formación de xermolos. A rexeneración de plantas completas só se logrou a partir de xemas adventicias inducidas, e nunha moi baixa frecuencia en seccións de epicótilo de *C. sativa* cultivadas en medio Heller engadido con 2 mg/l de BA (San-José, 1983; San-José e cols., 1984). Mediante o illamento e posterior cultivo das xemas neoformadas, en presenza de doses moito menores de BA (0,1-0,2 mg/l), desenvolvéronse xermolos, que se multiplicaron e enraizaron sen grandes dificultades.

A pesar de que este método pode proporcionar maiores taxas de multiplicación cá vía dos xermolos axilares, é pouco utilizado comercialmente polo risco de inestabilidade xenética ou fenotípica nas plantas rexeneradas dun mesmo clon, o que se denomina variación somaclonal. Actualmente, as investigacións sobre organoxénese adventicia enfócanse máis cara á indución de variación somaclonal con fins de melloira xenética que cara ó desenvolvemento de protocolos de propagación. De feito, a variación somaclonal xa permitiu seleccionar e obter clons de chopos resistentes a *Septoria* e a herbicidas.

Micropropagación vía embrioxénese somática

Unha das contribucións máis importante do cultivo *in vitro* á Bioloxía foi demostrar que as células somáticas (con 2n cromosomas) poden producir unhas estruturas comparables ós embrións cigóticos que se orixinan como consecuencia da fusión dos gametos masculino e

feminino (con n cromosomas). Tales estruturas, *embrións somáticos*, de orixe non sexual, ó xerminaren rexeneran plantas con idéntico xenotipo ó do material de partida; é dicir, este proceso de embrioxénese somática ou asexual constitúe o verdadeiro modelo de expresión da totipotencia.

A embrioxénese somática é o método de micropropagación máis difícil, pero teoricamente o máis eficaz en canto que pode permiti-la clonación a escala moito maior ca calquera outro método e con menores custos de produción. É o método ideal de propagación de especies forestais. Consiste en induci-la diferenciación ou reversión de células somáticas a un estado indiferenciado e a súa posterior diferenciación en células embrioxénicas, é dicir, células con potencial de desenvolvemento determinado ou restrinxido á ruta embrioxénica. Os embrións pódense formar directamente sobre o explanto ou, o que é máis frecuente, indirectamente a partir dun calo característico que se espaxa en pequenos fragmentos subcultivables. No seu desenvolvemento posterior os embrións pasan polos estados globular, torpedo e cotiledonar, típicos da embrioxénese cigótica, para finalmente alcanza-la madurez e xerminar.



Castiñeiros obtidos por cultivo *in vitro*
(F. J. Viéitez M.)

O potencial de clonación deste método radica en que unha vez inducido o proceso das células embrioxénicas proliferan a gran velocidade, especialmente cando se cultivan en medios líquidos provistos dun sistema de axitación-aireación (cultivos de células en suspensión), e teoricamente cada célula pode orixinar un embrión e este unha planta. Ademais, as células dos embrións somáticos adoitan reter bastante tempo a determinación embrioxénica, polo que poden iniciarse novos ciclos de produción mediante o recultivo dos embrións a través do proceso denominado embrioxénese secundaria ou repetitiva.

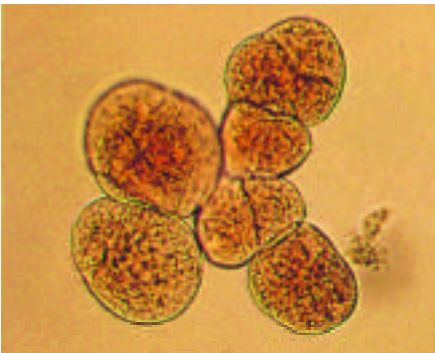
Os custos de produción abarátanse con relación ós outros métodos polo menor requirimento de man de obra, xa que:

- Ó obtérense embrións a rexeneración de plantas pódese realizar nun só paso, mentres que os outros métodos requiren un medio de cultivo para o desenvolvemento dos xermolos e outro distinto para o seu enraizamento.
- Nun pequeno volume pódense producir grandes cantidades de embrións, normalmente entre 60.000 e 100.000 embrións por litro de medio de cultivo.

- Pódese aumentar e automatiza-la produción de embrións utilizando biorreactores (Ammirato e Styer, 1985; Denchev e cols., 1992).

A pesar deste enorme potencial, actualmente a embrioxénese somática é un método que non ten aplicación práctica coas especies forestais debido ós problemas que aínda presenta, v. gr.: dificultade de indución, baixa porcentaxe de embrións que maduran, alta porcentaxe de estruturas anormais e moi baixa de xerminación. Ademais, unha vez optimizados os sistemas de produción, tense que testar rigorosamente o comportamento no campo e a fidelidade clonal das plantas rexeneradas, antes de que estas poidan utilizarse a escala operativa. Neste sentido, a embrioxénese ofrece a vantaxe adicional de que os cultivos embrioxénicos poden criopreservarse con relativa facilidade. O almacenamento crioxénico a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ permite manter cultivos de material moi vigoroso (a embrioxénese supón o verdadeiro rexuvenecemento) sen necesidade de subcultivo durante os longos períodos de tempo que require a testaxe das árbores. A curto prazo, non obstante, esta vía pode facerse realidade en moitas especies de interese forestal. No *Forest Research Institute* de Nova Zelandia xa se está testando o comportamento de 5.800 plántulas de 50 clons de *Pinus radiata* rexenerados

Etapas da formación de embrións somáticos en cultivos de células de castiñeiros (F. J. Viéitez M.)



mediante un sistema embrioxénico que está baixo patente internacional (Smith 1986). Nas parcelas de experimentación da Weyerhaeuser Co. en Tocama (Estados Unidos) tamén se están testando 2.000 plántulas de 10 clons de *Pseudotsuga menziensis* (Gupta e cols., 1994).

A longo prazo, a embrioxénese somática pode contribuír con outras tecnoloxías a revolucionar-lo sector forestal. Desde hai anos esta-se desenvolvendo a denominada Tecnoloxía de Semente Artificial (Redenbaugh e cols., 1986, 1987 e Gray e Purohit, 1991), que consiste en encapsular-los embrións en alxinato cálcico ou noutro polímero, para os dotar dunha cuberta sintética e permiti-la súa manipulación como verdadeiras sementes. Os embrións encapsulados son o sistema ideal de distribución para unha propagación clonal eficiente, xa que ofrecen a posibilidade de combina-lo potencial de clonación da embrioxénese somática cos aspectos máis vantaxosos da propagación por semente, baixo custo e facilidade de plantación.

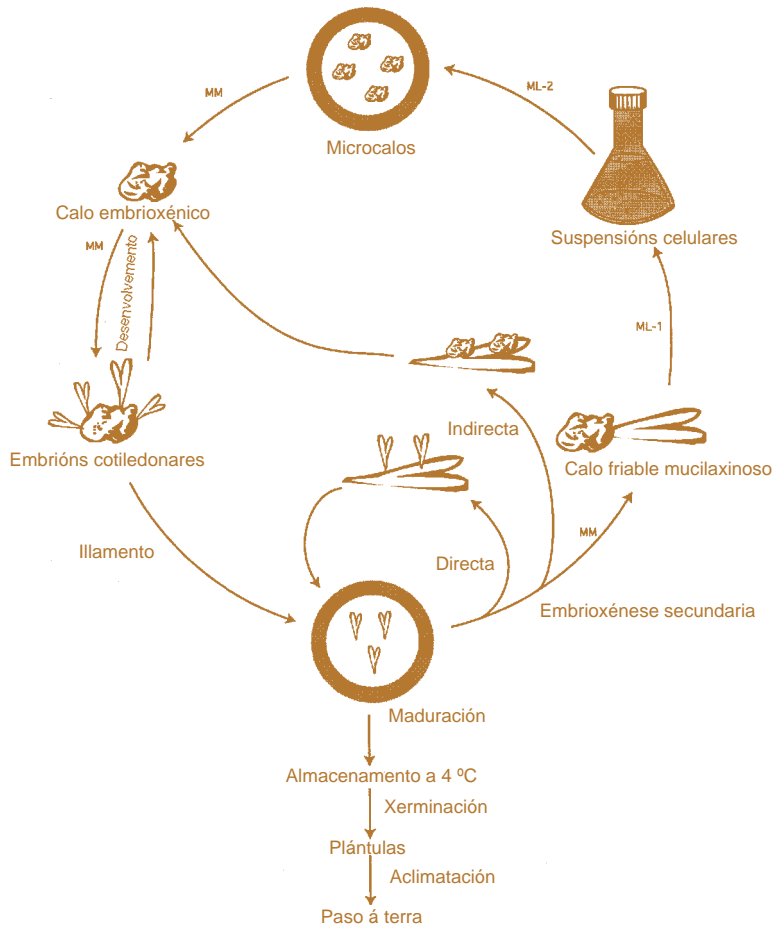
Obviamente, o verdadeiro impacto desta tecnoloxía producirase cando se alcancen elevadas porcentaxes de xerminación con embrións somáticos obtidos a partir de xenotipos adultos seleccionados, e cando as sementes artificiais sexan o suficientemente robustas como para resistiren as moi variadas e severas condicións de campo.

Por outra banda, e á marxe de que como método rápido de clonación xa permite acelera-los programas de mellora xenética, como sistema de rexeneración de plantas a partir de células illadas posibilita seleccionar rápida e facilmente mutantes que presenten caracteres desexados. Por exemplo, é moito máis fácil seleccionar tolerancia á salinidade entre un millón de células ca entre un millón de árbores.

A embrioxénese somática tamén ofrece a posibilidade de obter árbores transformadas e melloradas xeneticamente mediante as técnicas de enxeñería xenética, xa que os cultivos de células embrioxénicas son os máis apropiados para levar a cabo transferencias de xenes, e só se pode asumir que as árbores rexeneradas están totalmente transformadas se a súa orixe é unicelular.

Tras ter ensaiado numerosos explantos, tanto de material xuvenil coma de adulto, e moi diferentes tratamentos inductores, o proceso de embrioxénese somática soamente foi inducido e en moi baixa frecuencia (2-3%) en cultivos de calos derivados de embrións inmaturos de *C. sativa* x *C. crenata* dos clons HV e 431 (Viéitez e cols., 1990) e *C. dentata* (Merkle e cols., 1991, 1994; Carraway e cols., 1994). Sen embargo, ata a data, unicamente no caso do material híbrido euroxaponés HV e 431 se logrou a xerminación dos embrións e o posterior establecemento en campo das plantas rexeneradas (Viéitez e cols., 1992b, 1993; Viéitez, 1994).

No seguinte cadro esquematízase o protocolo desenvolvido no Instituto de Investigacións Agrobiolóxicas de Galicia, que permitiu a multiplicación e mailo mantemento dos cultivos embrioxénicos de material híbrido de castiñeiro, iniciados no verán do 1988 ata a actualidade, e tamén demostrou a súa validez para manter unha produción continua e elevada de embrións somáticos en etapa cotiledonar e a rexeneración de plantas capaces de sobreviren en condicións de campo.

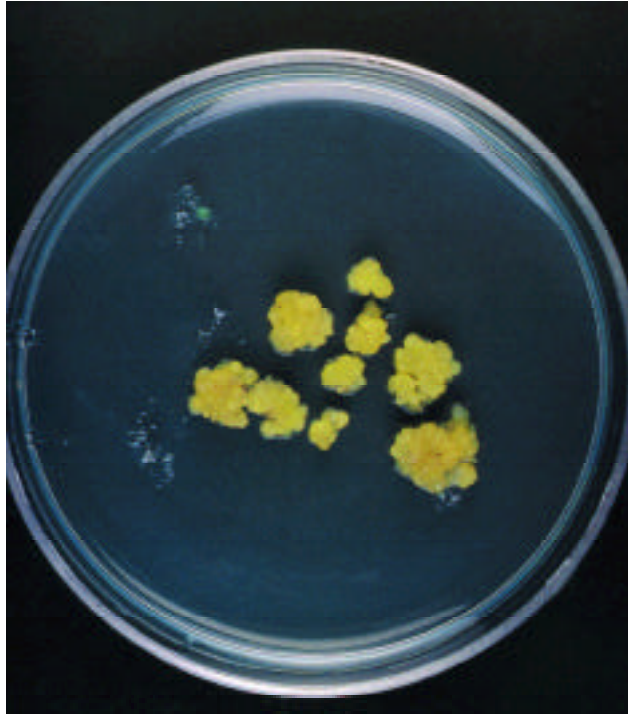


O sistema cíclico comeza co subcultivo dos calos embrioxénicos en medio sólido (MS) engadido con glutamina, Zeatina 0,2 mg/l e AIB 0,05, denominado medio de mantemento (MM). Despois de 4 semanas de cultivo en condicións de luz difusa, os calos incrementan de 2 a 3 veces o seu peso fresco e desenvólvense máis de 400 embrións somáticos por gramo de calo. Arredor do 40% deles están en etapa cotiledonar, o 15-20% presentan algún tipo de anomalía (sobrecrecemento, un ou máis de dous cotiledóns, hipocótilos fusionados...) e o resto están en etapas precotiledonares.

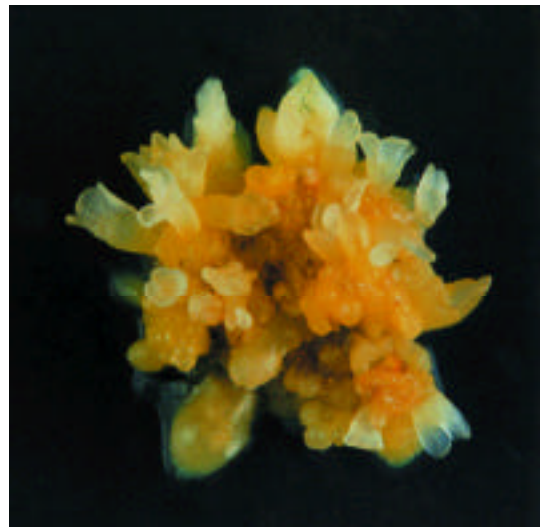
Unha vez illados dos calos, os embrións cotiledonares menores de 4 mm e as estruturas anómalas recultívanse en medio MM para iniciar novos ciclos de produción a través do proceso de embrioxénese somática secundaria ou repetitiva, mentres que os de maior tamaño se utilizan en ensaios de maduración e xerminación.

Os embrións somáticos secundarios desenvólvense ou ben directamente sobre os embrións primarios ou ben indirectamente a partir de dous tipos de calos. Un, idéntico ó calo embrioxénico inicial a partir do cal se desenvolven novos embrións despois da súa transferencia a medio MM fresco. O outro é un calo friable, moi brando e de aspecto mucilaxinoso que se transfire a medio líquido engadido con 2,4-D 0,1-0,25 mg/l (ML-1) para establecer cultivos de células en suspensión e obter novos embrións, seguindo un protocolo similar ó utilizado por Viéitez e cols. (1992a) para a produción de embrións somáticos de *Fagus sylvatica*.

As suspensións celulares cultívanse na escuridade en axitadores orbitais e mantéñense por subcultivo regular cada 5-6 días. Despois de 2 ou 3 subcultivos, as células embrioxénicas, que se recoñecen polo seu pequeno tamaño (< 30 micróns), núcleo voluminoso, citoplasma moi denso e grande afinidade polo carmín acético, son xa maioritarias nas suspensións. En moitas delas obsérvase unha primeira división asimétrica que dá lugar á formación de dúas células fillas desiguais, o que é considerado como o primeiro paso do desenvolvemento embrionario. Mediante sucesivas divisións dunha ou de ámbalas células fillas fórmanse unhas estruturas globulares que se illan peneirando as suspensións a través de mallas con poros de 100-150 micróns e transfírense a medio ML-2 engadido con Z, onde dan lugar á formación dunhas masas proembrioxénicas, denominadas microcalos pola súa semellanza cos calos embrioxénicos iniciais, a partir das que se

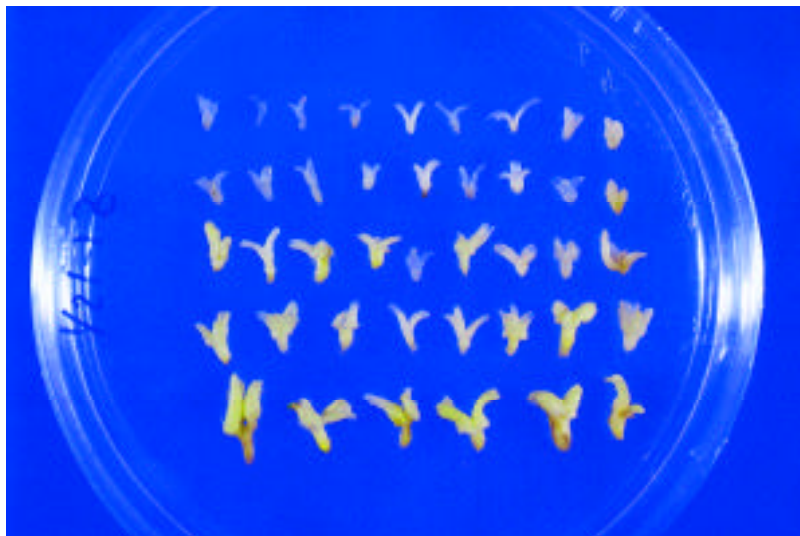


Calos embrioxénicos de castiñeiro
(F. J. Viéitez M.)

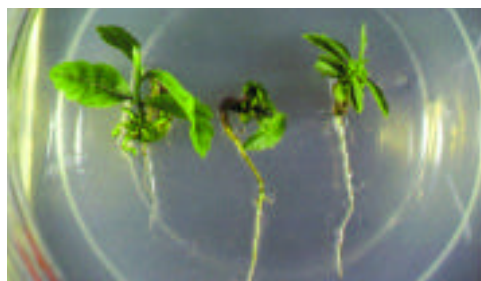


Calo con embrións somáticos de castiñeiro
(F. J. Viéitez M.)

Embríons cotiledonares de castiñeiro illados dos calos (F. J. Viéitez M.)



Desenvolvemento da radícula ó comezo da xerminación dos embríons somáticos de castiñeiro (F. J. Viéitez M.)

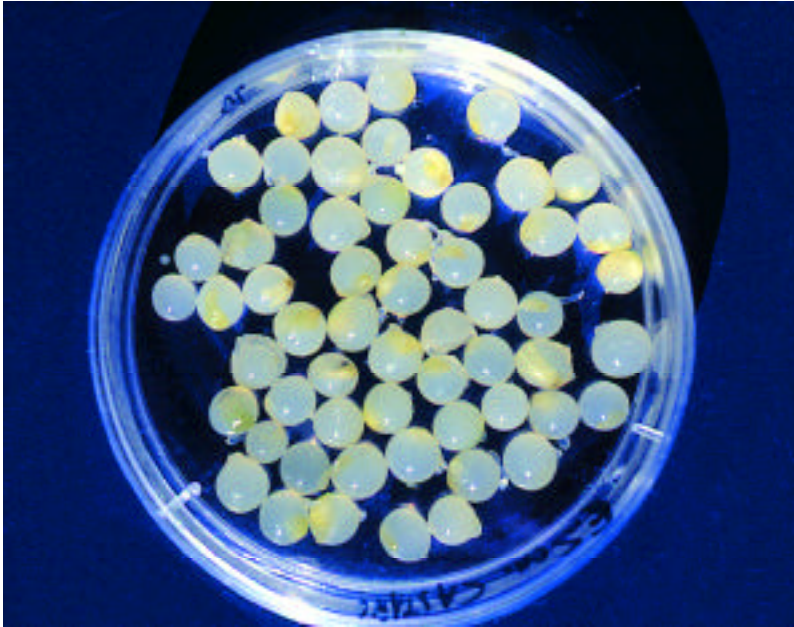


Plantas de castiñeiros rexenerados a partir dos embríons somáticos (F. J. Viéitez M.)

desenvolven múltiples embríons de forma repetitiva. É dicir, a medida que estes embríons medran, despréndense e volven actuar como masas proembrioxénicas en vez de proseguiren o seu desenvolvemento ata a etapa cotiledonar; isto conséguese mediante a transferencia a medio sólido MM. O aspecto e o comportamento posterior dos microcalos é exactamente igual ó dos calos orixinais, polo tanto pechando o sistema cíclico de cultivo.

A etapa máis problemática do proceso é a maduración e a xerminación dos embríons e máis concretamente o desenvolvemento do xermolo. O cultivo dos embríons en medio desprovisto de reguladores de crecemento resulta xeralmente no desenvolvemento das radículas, pero non no dos xermolos; mentres que cando se cultivan en presenza de reguladores indúcese a embrioxénese secundaria.

Ata a data, os mellores resultados obtivéronse mediante un precultivo de 4 semanas en medio engadido con 1 mg/l de ácido abscísico, previo ó almacenamento dos embríons en frío a 4 °C de 6 a 24 semanas. Despois do período de frío, os embríons que sobreviven (60-75%) transfírense a medio MS engadido con Z 0,1 e mantéñense en condicións de iluminación elevada. Ás 8 semanas obtéñense unhas porcentaxes de xerminación que oscilan entre o 40 e o 55% segundo as liñas embrioxénicas. Máis do 80% das plantas así rexeneradas continúan un crecemento normal despois de 6-8 semanas no túnel de aclimatación e non presentan diferencias substanciais con respecto ás plántulas de semente.



Sementes artificiais de castiñeiro. Embrións somáticos encapsulados en alxinato cálcico (F. J. Viéitez M.)

No 1991 establecéronse en solo as primeiras plantas de castiñeiro rexeneradas vía embrioxénese somática. Despois do segundo ano de crecemento en campo excedían os 2 metros de altura e o seu aspecto era completamente normal. Durante o terceiro ano algunhas destas desenvolveron pequenas candeas masculinas que contiñan pole aparentemente normal. Despois de tres ou catro anos comezaron a producir castañas. Ó final de 1998, os primeiros castiñeiros rexenerados excedían dos 6 metros de altura e máis de 70 cm de circunferencia.



Primeiro castiñeiro rexenerado dun embrión somático logrado, no seu segundo ano de crecemento en campo

AS GRANDES ENFERMIDADES DO CASTIÑEIRO

Do castiñeiro fálanlo-lo pobo norteamericano, os europeos e os chineses, coreanos e xaponeses. Falan do castiñeiro, aínda que se estean a referir a catro especies distintas (*Castanea dentata* en Norteamérica; *Castanea sativa* en Europa; *Castanea mollissima* en China e *Castanea crenata* en Xapón, Corea e a mesma China). Pero todos falan do castiñeiro como algo común, moi querido e moi vinculado coa cultura dos seus pobos.

Sen dúbida, pola relevancia que tivo e aínda ten o castiñeiro nos “seus” pobos, as enfermidades que lle afectaron e as consecuencias por elas producidas tiveron unha gran resonancia; en parte debido a que unha destas enfermidades conduciu ó que se pode considerar como o maior desastre ecolóxico de tódolos tempos, a case desaparición do castiñeiro americano.

Este fenómeno regresivo prodúcese nos Estados Unidos e en Europa. Nun caso é o castiñeiro americano (*Castanea dentata*) o que experimentou a regresión e no outro é o castiñeiro europeo (*Castanea sativa*).

O comezo da regresión do castiñeiro europeo é bastante anterior á do americano. Non se sabe de certo cando comezou. Só a información histórica permite establecer unha dubidosa época do seu comezo, que pode te-la orixe no século XIV, sen que poidamos afirmar tampouco onde comezou.

A regresión do castiñeiro americano coñécese con todo tipo de pormenores e detalles: cando, como e onde comezou e os seus devastadores efectos. Aparecida no 1904 no leste norteamericano, a mediados desta centuria practicamente estaba consumada. Puxo á beira da extinción ó castiñeiro americano.

O DECLIVE DO CASTIÑEIRO EUROPEO

Podemos consideralo en dúas fases; a primeira é de orixe patolóxica e a segunda, que se sumou á primeira, foi debida a factores socio-económicos dos últimos tempos. A primeira poderíase considerar como unha regresión natural, a segunda antrópica.

Desde hai moitos anos, desde finais do século XIV, o home puido comprobar como o castiñeiro morría sen saber cales eran as causas. Coñecíanse os efectos e preocupaban as súas consecuencias, dada a importancia económica que tiña. Convertido en árbore fundamental para a vida do home, que atopaba no castiñeiro comida, tan limitada entón, e materiais de construción e de traballo; nada tiña de estraño que preocupase a súa morte.

Os coñecementos da época non permitiron coñecer as causas que produciron a destrución do castiñeiro. As máis frecuentes atribuíanlle o mal do castiñeiro ós insectos. A aparición en Europa da filoxera da vide serviu para apoiar a aqueles que postulaban a orixe entomolóxica da enfermidade que destruíu os castiñeiros.

Durante anos aceptouse como válida esta idea, que serviu para que un médico pontevedrés, Leopoldo Salgueso, publicase no 1903 un curioso traballo no que afirma que “respecto á patoxenia ou causa íntima da xa tan debatida e transcendental desaparición do castiñeiro, árbore que era un emporio de riqueza e que a súa ausencia é unha das causas principais da actual decadencia agraria e por conseguinte do abandono dos campos”. “A castaña era o pan dos pobres; a economía da madeira do castiñeiro constituía un poderoso aliciente para as construcións, que hoxe por temor ó seu custo non se verifican en gran proporción como demanda o século en que vivimos, en prexuízo do obreiro”.

A ENFERMIDADE DA TINTA DO CASTIÑEIRO

O fungo *Phytophthora cinnamomi* é o causante da enfermidade coñecida por tinta do castiñeiro, por alusión á coloración que presentan as raíces e o colo do tronco do castiñeiro afectado por esta enfermidade. A coloración débese á oxidación dos polifenóis liberados polas células do floema da casca e do cambium do castiñeiro atacado polo fungo e a súa reacción cos sales de ferro do solo adxacente ás raíces. A primitiva tinta de escribir facíase a base de tanino e de sales de ferro.

Os efectos da enfermidade do castiñeiro, desgraciadamente, haberían de ser familiares na maioría dos países da área xeográfica do castiñeiro europeo. A finais do último tercio do século XIV comezou en Europa a preocupación polos danos desta enfermidade, que fixo a súa



aparición en Portugal, España, Francia, Italia e nos países balcánicos. Foi unha enfermidade que se expandiu con rapidez destruindo millóns de castiñeiros. A idade non foi obstáculo para seren atacados; desde árbores novas ata fermosos exemplares de castiñeiros pluricentenarios quedaron como mudas testemuñas, pero elocuentes, da gravidade da enfermidade.

A etioloxía da tinta foi aclarada no 1917 polo italiano Lionello Petri, quen illou e identificou como axente causante daquela enfermidade un fungo que denominou *Blepharospora cambivora*, incluído posteriormente por Buissman no xénero *Phytophthora*, da familia das *Phitiaceas*, dentro dos fungos oomicetos.

En España foi illado este fungo por primeira vez no 1941 polo enxeñeiro agrónomo Pedro Urquijo, director da Estación de Fitopatoloxía Agrícola da Coruña, logrando cultivar dúas estirpes, orixinais de Meirás e da Coruña. Despois sería tamén identificado por José Benito Martínez, xefe do Grupo de Fungos e Patoloxía Vexetal do Instituto Forestal de Madrid, quen illou o fungo de material de castiñeiros enfermos de tinta, procedentes dos soutos de Xirona, onde a enfermidade se manifestou de improviso moi virulentamente. Durante os anos 50 o profesor Viéitez illaría 16 estirpes do fungo procedentes de castiñeiros atacados pola enfermidade noutras tantas localidades galegas. Estas estirpes foron utilizadas polo mesmo autor para a selección de castiñeiros resistentes por inoculación experimental da enfermidade (Viéitez, 1960).

Castiñeiros coa enfermidade da tinta (E. Viéitez C.)

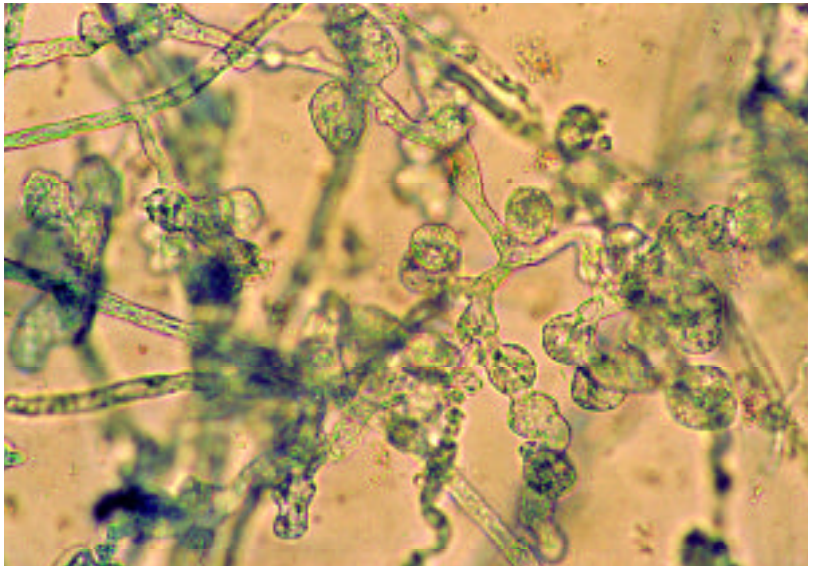
A *Phytophthora cambivora* Buisson (Petri), que foi considerada ó principio como productora da enfermidade da tinta do castiñeiro, está moi próxima a *Phytophthora cinnamomi* Rands. Posteriormente comprobaríase que é un patóxeno de amplo espectro, sendo numerosas as especies parasitadas por este fungo, desde plantas herbáceas ata arbóreas, pasando por arbustivas e subfrutícolas.

O xénero *Phytophthora*, que significa “destructor de plantas”, foi así denominado por Antón de Bary no 1876, cando fixo a descrición do fungo da pataca *Phytophthora infestans* como a especie tipo deste xénero, considerado durante moitos anos como unha especie moi importante polos graves prexuízos económicos causados nas colleitas de patacas. Nalgúns casos chegaron a producir verdadeiras catástrofes, como a sufrida por Irlanda, que quedou sumida na fame e propiciou a emigración irlandesa ós Estados Unidos.

A tolerancia de *Phytophthora* ós antibióticos do tipo polieno, característica única, débese á falta de esteroides; como tamén fan que sexa un xénero realmente notable polas súas propiedades patóxenas, xenéticas, morfolóxicas e fisiolóxicas.

Phytophthora cinnamomi foi descrita por vez primeira no 1922 por Rands sobre a árbore da canela (*Cinnamomum burmannii* Blume) en Sumatra, de onde tomou o seu nome específico.

Micelio de *Phytophthora cinnamomi*, produtor da enfermidade da tinta (Cortesía de P. Mansilla)



Este fungo está considerado como un dos patóxenos máis destructivos e versátiles. É das especies de *Phytophthora* con máis ampla distribución xeográfica e a de maior rango de hóspedes susceptibles á súa acción; tamén é notable a súa variedade á quimiotaxia, saprofitis-

mo, patoxeneidade, xenética, resposta a funxicidas, resistencia, esporulación e relacións co medio en que vive. Todo isto contribúe a que sexa un dos fungos con maior capacidade destructiva e dos que máis atención mereceron por parte dos fitopatólogos.

Nos Estados Unidos Gravatt (1954) considera que poucos fungos procedentes do exterior causaron tanta destrución coma *Phytophthora cinnamomi*, responsable da podremia das raíces de innumerables plantas que lle serviron de hóspedes. Considera que este fungo patóxeno penetrou no país norteamericano cara ó 1854, provocando a destrución de grandes extensións de castiñeiros americanos (*Castanea dentata*). Certos autores (Milburn e Gravatt, 1932; Grandall et al., 1945; Gravatt, 1954) refiren citas antigas que falan da expansión da enfermidade producida por aquel fungo coñecido por “root-rot” ou “ink-disease”, afectando a dez estados, desde Maryland ata Arkansas, atacando a millóns de castiñeiros americanos.

Gravatt dedicoulle moito tempo, entre o 1912 e o 1945, ó estudo no campo desta enfermidade, escoitando unha e outra vez a granxeiros de numerosos estados, que sempre contaban a vella historia da morte progresiva dos xigantescos castiñeiros americanos.

No sur-leste *Phytophthora cinnamomi* é a causa principal da enfermidade coñecida por “little leaf”, ou folla curta, de *Pinus echinata* e *Pinus taeda*, estendéndose por dous millóns e medio de hectáreas.

No 1950 a enfermidade fixo a súa aparición no estado de Oregón, sendo citada por Gravatt (1954). Apareceu sobre *Chamaecyparis lawsoniana* e *Pseudotsuga menziesii*, que medran nuns 10 millóns de hectá-



Esporanxios de
Phytophthora cinnamomi
(Cortesía de P. Mansilla)

reas, en densas formacións, coas súas raíces mesturadas, creando condicións ideais para a expansión progresiva da enfermidade da tinta. Este autor admite que a súa expansión se ve limitada polas baixas temperaturas das montañas, así como tamén polo tipo de solo, pola aireación e a actividade microbiana. Salienta que cando se trata de hóspedes moi susceptibles estes factores non son relevantes. A humidade e maila temperatura si, en cambio, teñen moita importancia sobre o parasitismo do fungo.

A ENFERMIDADE DA TINTA EN EUROPA

Para Gravatt (l.c.) a enfermidade da tinta do castiñeiro en Europa expandiuse desde Portugal ó resto dos países da área do castiñeiro, chegou ata Inglaterra, ó norte, e polo oeste ata os montes Cáucaso en Rusia e Turquía en Asia Menor. Practicamente afectoulles a tódolos países europeos onde medra o castiñeiro, desde o 1888, en que foi descuberta en Portugal, ata o 1953, en que Gravatt completou o seu estudio sobre a presenza de *Phytophthora cinnamomi* no noso continente.

En Europa a enfermidade da tinta do castiñeiro, segundo aquel autor, entrou por Portugal, supoñéndoa procedente das illas Azores, a vulgar pola referencia de Sousa Pimentel (1943), quen afirma que no 1888 había nas beiras do río Lima, na provincia do Miño, gran número de castiñeiros afectados por unha enfermidade entón descoñecida, pero que posteriormente se sabería que era a tinta.

Elorrieta (1949) menciona a existencia no 1859 de castiñeiros enfermos cos síntomas da enfermidade da tinta no norte de Italia, nas provincias da Toscana, Piemonte e Liguria; en Francia nos departamentos do Gard, Lozère e Baixos Pireneos; en Portugal no centro e no norte. En tódolos casos era frecuente a existencia de castiñeiros afectados por unha enfermidade que se estendía gradualmente e que os castiñeiros que atacaba acababan morrendo.

A TINTA EN ESPAÑA

Confirmada a presenza da tinta no norte de Portugal, cabería supor que en España a enfermidade penetrase pola provincia de Ourense, seguindo o curso do río Limia, que nace en Galicia. Suposición lóxica se temos en conta que a conca dos ríos é unha das vías naturais da penetración das especies. Ourense sería a primeira provincia española onde apareceu a enfermidade da tinta do castiñeiro.

Sobre a orixe da enfermidade en España, Elorrieta fundamentaa “nos datos históricos achegados na traducción española do *Diccionario*

de Agricultura do Abate Rozier, publicado en Madrid no 1803, e no que figura unha nota adicional ó artigo CASTAÑO, do que é autor Merino de Vargas, racioneiro da igrexa de Plasencia, quen indica a existencia dunha enfermidade que ‘arrasó e hizo perecer’ os castiñeiros, polos anos 1726 e seguintes, existentes nun outeiro chamado do Parral, situado ó poñente da vila de Jarandilla. A enfermidade atravesaría o porto do Rabanillo, que separa a Vera do val de Plasencia, para lles afectar ós castiñeiros da beira esquerda do río Jerte e tamén ós do lugar de Cabeza Velloso á dereita deste río”.

A enfermidade continuou espallándose, detallando o autor as numerosas aldeas e lugares afectados, resultando que no ano 1797 a produción de castañas se reducira moito, mencionando que en Cabezuela a penas se recolleu o décimo, cento cincuenta e tres fanegas, cando antes do contaxio adoitaban recoller mil duascenas.

“Non se estendeu este contaxio con tanta celeridade polas aldeas situadas ó oriente de Jarandilla, a unha, dúas ou cinco leguas de distancia. Destaca que permanecen sans os que están nalgunha altura da aba das serras, pero non os do pé dela e chans contiguos, que se perderon todos, e que os que están en clima máis frío non empezaron a enfermidade.

Como nas aldeas onde se crían estas árbores hai moi poucos coñecementos de física, son pouquísimos os remedios que se practicaron, e só algún curioso aplicado mandou, ó principio, labrar e esterca-lo pé das árbores e demoucalas; pero visto que o primeiro non curaba a enfermidade e que o segundo aceleraba a súa morte, desesperanzados de atopar remedio, déixanas medrar sen auxilio, pois vían ademais que o mesmo se contaxiaban e morrían as vellas cás novas; as de sequeiro cás de regadío; as do ermo cás que se labraban e cultivaban ben.

Ó arrinca-las raíces dos castiñeiros mortos, atopábanse uns vermes grandes, chamados couzas, que roen e se alimentan da madeira; a estes atribúenlles vulgarmente a causa da enfermidade, que ó meu modo de entender –continúa Pablo Merino Vargas, racioneiro da Igrexa de Plasencia– só é un efecto dela; porque sempre vin estes vermes na madeira seca e nunca na verde. Outros atribúena a insectos ou vermes pequenos, que se espaxen por todo o interior da madeira, ata as poliñas máis delgadas. Eu rexistrei algúns castiñeiros enfermos e quebrándoos por varios sitios nunca descubrín a simple vista tales insectos”.

Vello castiñeiro morto pola tinta nas Alpuxarras granadinas de Serra Nevada



Unha observación interesante é a que fai este mesmo personaxe, segundo Elorrieta (l.c.): “Esta enfermidade que tantos danos e prexuízos causou e á cal ata agora non se lle atopou remedio, foina corrixindo pouco a pouco o tempo; non porque este curara as árbores que xa estaban enfermas, senón porque hai xa nalgúns soutos enxertos novos naquelas aldeas de Vera de Plasencia, como Jarandilla e outros inmediatos onde primeiro se perderon os vellos, logrando ultimamente criar moitas árbores e coller xa abundante froito sen que se contaxien coma ó principio”.

A anterior descrición histórica, que abarca desde o ano 1726 ó 1800, despois de se estende-la infección polas provincias de Cáceres, Salamanca e Ávila, Elorrieta (l.c.) non dubida en afirmar que se trataba da enfermidade da tinta.

No 1894 Crié indica que esta enfermidade estaba nos soutos de Ávila, feito confirmado por Goicoechea no 1900 ó describirla nos concellos de Jarandilla e Guijos. Todo fai pensar que a tinta, sen tela identificado entón, xa existiu desde hai moito tempo, xa que no 1726 Merino de Vargas afirma que “antigamente perdéronse os castiñeiros” ó se sucederen períodos de recrudescencia e outros de remisión.

¿Desde cando existe a enfermidade da tinta e cantas “vagas” de virulencia se produciron? Unha pregunta de resposta non fácil. Os actuais coñecementos inclínanse por un comportamento cíclico da enfermidade e de certos equilibrios biolóxicos entre o axente produtor, *Phytophthora cinnamomi*, e todos aqueles factores ambientais: físicos, químicos e biolóxicos que inciden sobre o comportamento deste fungo patóxeno.

A información publicada por Elorrieta fai pensar que a tinta apareceu en España un século antes de que fose mencionada en Portugal e en Italia, o cal non permite afirmar que o foco inicial se orixinase precisamente no noso país. É probable que noutras nacións europeas onde os seus castiñeiros sufriron o ataque da tinta tamén haxa información histórica, máis ou menos antiga, que nos fale indirectamente desta enfermidade. O descrito polo francés Abate Rozier sobre os castiñeiros da provincia de Cáceres ben pode te-la súa réplica noutros países. O certo é que empiricamente se sospeitou a enfermidade da tinta do castiñeiro moito antes do seu coñecemento científico no 1917 cando L. Petri aclarou a etioloxía da mesma.

O que permanece case sen esclarecer son as causas do “equilibrio biolóxico”, cando se trata de explica-la remisión da enfermidade e a aparición brusca de focos de virulencia da mesma; desde a produción de

mutacións no fungo patóxeno ata factores ambientais cambiantes poden entrar no posible mecanismo que explicase o distinto comportamento de *Phytophthora cinnamomi*.

A dispersión da enfermidade da tinta en España chegou a tódalas zonas onde medra o castiñeiro, se nos atemos ó que di Elorrieta (l.c.) e que graficamente expresa nun mapa que reproducimos:

Na provincia de Huelva, considerada como libre da enfermidade, aparecían os primeiros ataques nos castiñeiros dos concellos de Aracena, Jabugo e Higuera de la Sierra.

Os maiores danos que causou a enfermidade da tinta foron producidos nos castiñeiros do noroeste de España. Galicia perdeu ata o 80%; a rexión Vasco-Navarra o 75%; Asturias-Cantabria o 50%. En León a enfermidade arrasou os soutos das veigas baixas que se estenden polos concellos limítrofes con Galicia e Zamora, sendo a zona máis afectada a do val do Bierzo.

Nas provincias de Zamora e Burgos, que tiñan castiñeiros, tamén a tinta fixo acto de presenza nos mesmos, pero Elorrieta non cuantifica os danos. En cambio, a de Ávila tiña entón afectados o 75% e estendíase nesta provincia polos sopés do sur da Serra de Gredos, enlazando coas zonas afectadas dos soutos de Cáceres e Salamanca.

Non di nada da Serra de Ronda e das Alpuxarras granadinas, o que fai pensar que os seus castiñeiros aínda non padecían o ataque da tinta. Non hai que esquecer que Elorrieta era bo coñecedor de Serra Nevada. E. Viéitez puido comprobar, nos anos 70, que a había, pola presenza de grandes castiñeiros mortos pola tinta, que permanecían erguidos, como mudos testemuños dun fermoso pasado.

Nos soutos de Cataluña, no 1941, foron descubertos castiñeiros coa tinta e observouse que a enfermidade se propagaba nas abas dos montes, en sentido descendente, probablemente favorecida polas escozras da auga da chuvia ou da rega. Elorrieta suxeriu que a importación de gando vacún procedente da rexión cantábrica, producida para repórtese as perdas que na facenda causou a Guerra Civil, puido se-lo medio de penetración do fungo produtor da tinta en terras catalanas.

A mediados do século XX tódalas zonas da área do castiñeiro na España peninsular estaban atacadas pola enfermidade da tinta. Non sucedía así no caso das Illas Canarias. ¿Produciuse unha contaminación



Intensidade dos ataques da tinta en España en 1949 (segundo Elorrieta)

dunhas zonas a outras polo movemento antrópico de castiñeiros? En parte puidera ser, e o caso canario apoiaría esta hipótese, asumindo que non houbo envíos de castiñeiros ou froitos contaminados ás Illas Afortunadas. Como ou por que se produciu a aparición da enfermidade da tinta nas diferentes zonas da área do castiñeiro segue a ser unha pregunta sen fácil resposta.



Evolución da regresión do castiñeiro en Galicia (segundo Molina, 1984)

ENFERMIDADE DA TINTA EN GALICIA

Na bibliografía non hai referencias da orixe e evolución da enfermidade da tinta en Galicia. Abófa en moitas narracións se fala da riqueza que antano representaba o castiñeiro na nosa rexión; a súa regresión non podía pasar desapercibida. Son narracións circunstanciais da morte dos castiñeiros que serviron para que, en épocas recentes, se intentase reconstruí-lo seu pasado en Galicia.

Bouhier (1979) indica que na metade occidental se produciu unha desaparición lenta dos soutos ó longo dos séculos XVII, XVIII e a primeira metade do XIX, que contrastou co resto de Galicia, particularmente coa parte oriental, onde o castiñeiro adquire a máxima expresión socioeconómica e incluso fitosociolóxica; de tal forma que se pode dicir que, en termos xerais, a situación florecente do castiñeiro se mantivo ata o 1880-1890, data que vai marca-lo declive do que poderíamos considerar como a era do castiñeiro en Galicia.

Bouhier (l.c.) atribúe a regresión do castiñeiro non só a causas fitopatolóxicas, senón a outras de orixe socioeconómica ou políticas, como puideron se-la substitución de soutos por parras, a expansión do cultivo do millo e da pataca, o sobrepastoreo, incompatible co establecemento e a reconstitución dos soutos. Así como a introducción de *Pinus pinaster*, que, procedente de Portugal, se estendería primeiro pola zona litoral e despois comezaría a súa penetración gradual cara ó interior. Boa parte da expansión do piñeiro marítimo foi a necesidade de madeira para a construción de barcos, e a de piñeiro é resistente mentres permanece mollada pola auga salgada.

A penetración cara ó interior de Galicia, daquela enfermidade viuse obstaculizada polo eixe montañoso do Suído-Avión, onde se detivo temporalmente, pero cos anos continuaría penetrando e expandíndose polo interior ata chegar a consolidar unha división de Galicia en

dúas zonas: unha occidental e outra oriental. A primeira representaba o paso devastador da enfermidade, que foi destruíndo practicamente os soutos, que quedaron reducidos a exemplares illados ou en pequenos grupos. A súa permanencia puidera ser atribuída a certa resistencia á enfermidade ou a non seren atacados por aquela.

Actualmente esta zona occidental presenta unha recuperación espontánea dos castiñeiros, que medran vigorosos en terras agrícolas abandonadas, nas beiras das leiras. Todo fai pensar que a virulencia daquela enfermidade se atenuou ata o punto de facer recomendable a plantación de castiñeiros. Feito que cada vez ten maior expansión, só limitada pola falta das plantas adecuadas nos viveiros.

Este fenómeno de recuperación do castiñeiro, nunha zona que foi severamente castigada pola enfermidade da tinta, apoia a tese do carácter cíclico da mesma.

No último tercio do século XIX e nas primeiras décadas do XX produciuse a expansión da enfermidade do castiñeiro por case toda Galicia. Foi detectada na provincia da Coruña cara ó ano 1900. Uns anos despois, no 1908, apareceu nos castiñeiros do norte da provincia de Lugo, desprazouse polos vales dos ríos Landrove e do Masma e invadiu as zonas de Viveiro e Mondoñedo. Na parte meridional da meseta lucense aparecería a enfermidade cara ó ano 1922, supoñendo que foron os vales do Ulla e do Miño as rutas da súa penetración. Cara ó 1940 a metade dos soutos lucenses foran destruídos pola enfermidade do castiñeiro.

A parte oriental de Galicia, onde hai os meirandes e mellores soutos da rexión, representa a parte montañosa amparada polas serras dos Ancares e do Courel, onde se refuxiou o castiñeiro, aproveitando unhas condicións climáticas menos favorables para o desenvolvemento da enfermidade. Isto non supón que a mesma non se producira nesta zona, na que se atoparon castiñeiros enfermos nas localidades de Cervantes, Becerreá, As Nogais, ou no centro do macizo dos Ancares, cara a Cereixedo. Nestes casos, o progreso da enfermidade non presenta o cadro observado nos castiñeiros atacados na zona media ou litoral, cando a virulencia da enfermidade alcanzaba cotas moi altas.

COMPORTAMENTO DO AXENTE DA ENFERMIDADE DA TINTA

Phytophthora cinnamomi é un fungo saprófito no solo que se desenvolve na capa superior do mesmo, sobre 20-30 cm de profundidade, segundo sexa o tipo daquel. A auga constitúe un dos factores eda-



O castiñeiro de San Blas, en Seixo –Marín– (Pontevedra). Preciosa árbore centenaria morta en 1997 pola tinta (M^a. L. Viéitez M.)

folóxicos que maior influencia ten na súa difusión mediante as zoosporas e as oosporas do fungo.

O ataque do patóxeno ó castiñeiro prodúcese polas raíces, ben aproveitando unha vía mecánica de entrada, producida por unha lesión, ou ben pola acción directa da propia *Phytophthora*, mediante encimas capaces de provocaren a destrucción das paredes das células do tecido cortical das raíces. Deste xeito prodúcese unha vía de penetración das hifas do fungo, que invaden a cavidade celular para acabar consumindo os compoñentes citoplasmáticos.

O ataque do fungo comeza polas raíces máis finas provocando a lise celular, pasando despois ás máis grosas no seu crecemento centrípeto cara ó colo da raíz.

O avance do patóxeno dentro das raíces prodúcese a través dos tecidos vivos, en especial do cambium, pasando polo mesmo das raíces ó tronco, polo que continúa ascendendo ata preto dun metro.

A altura alcanzada polo patóxeno no tronco do castiñeiro depende das condicións climatolóxicas. Se o ataque coincide con abundancia de chuvias ou se produce nun solo con moita auga, *Phytophthora* alcanza as alturas máis elevadas pero normalmente non supera 1 m.

No seu avance polos tecidos das raíces, primeiro, e do tronco despois, o fungo vai deixando tras de si tecidos mortos nos que é posible atopar gran número de saprobios.

O micelio vivo do fungo *Phytophthora* límitase á liña de avance da enfermidade e por iso, cando se pretende illa-lo patóxeno, se recomenda toma-las mostras no límite, entre os tecidos aínda non afectados e os mortos, de tal forma que a toma leve parte de ámbolos tecidos.

Cando *Phytophthora cinnamomi*, no seu crecemento sobre a base do tronco do castiñeiro, chega a circundalo, produce a interrupción da circulación de solutos entre a parte aérea e o sistema radical. A consecuencia é a morte do castiñeiro. Esta pódese producir dun modo súbito ou gradual. A interrupción do sistema vascular polo ataque do fungo tradúcese nun primeiro estrés hídrico, que conduce a un murchamento parcial das follas, non sempre patente. Despois prodúcese unha perda gradual de clorofilas, que dá lugar a unha clorose ben definida, para finalmente producirse a morte das follas, que se manteñen cloróticas ou parcialmente viran a castaño claro. Isto non sempre é así. Pódense atopar castiñeiros mortos que conservan as follas murchas, cunha cor verde-amarelada e tamén se poden observar árbores mortas nas que as follas viraron á coloración castaña. Completa a sintomatoloxía da enfermidade da tinta a permanencia no castiñeiro dos ourizos, aínda en época

invernal, así como a aparición de políñas terminais mortas, entremesuradas con outras vivas.

O ataque de *Ph. cinnamomi* para ocasiona-la enfermidade da tinta prodúcese nos castiñeiros independentemente da súa idade. O mesmo ataca plantas de 1-3 meses que árbores centenarias.



A idade do castiñeiro non inflúe na susceptibilidade á enfermidade da tinta, como amosa este castiñeiro centenario morto

FACTORES QUE AFECTAN A PHYTOPHTHORA CINNAMOMI

A actividade do fungo patóxeno está amplamente gobernada pola predisposición dos tecidos da planta hóspede, estando influenciada polas propiedades físicas, químicas e ecolóxicas do solo. Entre estas últimas cómpre salientarmos, pola súa importancia, o antagonismo microbiano e o antagonismo no solo de *Phytophthora* como as principais causas do distinto comportamento deste patóxeno.

ANTAGONISMO MICROBIANO

Malajczuk (1977) fixo unha excelente revisión deste fenómeno. A desaparición de *Phytophthora cinnamomi* e doutros parasitos do solo vén determinada polo antagonismo. Fenómeno que está gobernado polos procesos de amensalismo, parasitismo, predación e competencia. Estes procesos pódense producir dun modo independente, entre si ou seren a consecuencia dunha acción conxunta, cun resultado que é a anulación ou redución do fungo patóxeno.

O amensalismo conduce á supresión mediante a lise e a redución do fungo patóxeno, como consecuencia da produción de antibióticos ou

metabolitos tóxicos por parte do microorganismo do solo. A súa acción pode ser potenciada coa adición de emendas orgánicas e fertilizantes.

No caso da predación e do parasitismo intervén o contacto activo entre os microorganismos, producíndose a degradación das células das hifas de *Phytophthora* ou a micofaxia dos propágulos. Tanto as estruturas vexetativas coma as reproductivas do fungo poden ser colonizadas por virus, bacterias ou incluso certos fungos, anulando ou reducindo a súa virulencia. A penetración previa ou a colonización, ou a lise, é favorecida pola segregación extracelular de toxinas ou encimas degradantes por parte das bacterias de fungos como *Trichoderma spp.*

As amebas do solo tamén interveñen nos fenómenos de predación e parasitismo ó produciren a perforación das esporas e das hifas do patóxeno. Sospéitase que outros organismos do solo, como os animais micófagos, colémbolos e ácaros tamén poden contribuír á diminución das poboacións de *Phytophthora* do solo.

Finalmente, a competencia, nun sentido amplo, supón a existencia de factores que favorecen a supervivencia dunhas especies sobre outras; restrictivamente, pode expresa-la demanda, por parte de dous ou máis microorganismos, dos mesmos recursos, con evidente prexuízo dun con respecto ó outro. Os recursos poden ser nutrientes, osíxeno e espacio; entre os primeiros carbono, nitróxeno e vitaminas xogan un papel importante no crecemento e na infección exercida polos patóxenos do solo, en competencia con outros microorganismos.

No caso do antagonismo a nivel do solo hai que considera-la capacidade de supervivencia no mesmo dos propágulos do fungo patóxeno, a presenza de antagonistas microbianos, a existencia de solos supresivos e conductivos e a microfauna do solo.

O antagonismo de *Phytophthora* na rizosfera trátase de explicar a través dos fenómenos producidos polos exsudados da raíz, papel dos microorganismos, microorganismos simbiotes da raíz, asociacións de *Rhizobium*, asociacións micorrízicas e antagonismo microbiano dentro dos tecidos das plantas.

A SUPERVIVENCIA DOS PROPÁGULOS

É un dos aspectos máis interesantes do antagonismo entre *Phytophthora* e o solo. Varios autores coinciden en lle atribuíren a este fungo moi pouca capacidade de competitividade saprofítica nas condicións dos solos naturais. En consecuencia, prodúcese a súa morte por unha lise rápida do seu micelio.

En ausencia da planta hóspede, a supervivencia de *Phytophthora* no solo está moi supeditada ás condicións ambientais, biolóxicas, físicas

e químicas. Pódese afirmar que a súa supervivencia depende da dos seus propios propágulos.

O micelio é a forma do seu ciclo biolóxico máis vulnerable e, en consecuencia, a menos adecuada para asegurar unha longa supervivencia do patóxeno. Ségueno despois as fases de zoosporas e esporanxios como pouco resistentes no solo; mentres que as clamidosporas e as oosporas son as formas que máis duración lle permiten a *Phytophthora* no solo, incluso en condicións ambientais desfavorables.

Comprobase que en condicións de solo adversas se produce primeiro a lise do micelio do fungo así como o inicio da morte das súas partes vexetativas; despois ten lugar a formación de zoosporas e clamidosporas, que lles permiten permanecer en vida latente durante longos períodos.

As zoosporas e os cistos compórtanse coma inóculos activos axiña que se poñen en contacto co hóspede, desempeñando os microorganismos do solo un papel activo na motilidade das zoosporas.

A grosa capa celular que rodea as clamidosporas e as oosporas fai que poidan sobrevivir no solo durante longos períodos. Son os propágulos iniciadores da enfermidade da tinta, cando as condicións lles son favorables para xerminaren e medrar en presenza das raíces do castiñeiro.

O repouso forzado das clamidosporas e das oosporas nos solos está en gran parte regulado polo fenómeno de funxistase (Lockwood, 1977); sábese que nel interveñen microorganismos pero descoñécese o mecanismo que o goberna. Non obstante, sábese que a ausencia de nutrientes necesarios para a xerminación das clamidosporas, a presenza de inhibidores producidos por microorganismos e o solo son factores que interveñen naquel fenómeno. Para a xerminación das clamidosporas é necesario a subministración esóxena de nutrientes; a funxistase desaparece ó esteriliza-lo solo.

SOLOS SUPRESIVOS E SOLOS CONDUCTIVOS

Os primeiros son aqueles que non favorecen a expansión da enfermidade producida por *Phytophthora*. O seu crecemento é en boa parte favorecido pola achega de nutrientes do solo. As diferencias dos solos no seu contido en nutrientes e na súa composición microbiana levan consigo distintas respostas de crecemento do fungo patóxeno; se é mínimo, chámanse solos supresivos. O grao de supresión da enfermidade varía co tipo de solo e as prácticas de cultivo.

Esta propiedade, chamada por algúns autores supresividade, parece estar gobernada polo compoñente microbiano do solo; dado que cando se esterilizan deixan de ser solos supresivos e vólvense conducti-

vos. Isto suxire a existencia dun control biolóxico das enfermidades exercido por *Phytophthora*, tanto en áreas forestais coma agrícolas, que sería exercido pola flora microbiana do solo. O coñecemento do mecanismo supresor do crecemento do patóxeno pode se-la clave dun posible control biolóxico do mesmo.

Fronte ós solos supresivos están os conductivos para expresar aqueles que favorecen a manifestación da enfermidade.

Unha das características dos solos supresivos é a de teren un alto contido en arxila, catións de cambio, baixo contido en materia orgánica e posúiren unha alta actividade microbiana. Algúns autores como Nesbitt et al. (1979) relacionan a supresividade do solo coa capa de humus do perfil do solo, de intensa actividade microbiana.

A rizosfera posúe unha barreira microbiana moi eficaz que pode contribuír á resistencia dalgúns especies de plantas ás enfermidades das raíces producidas por *Phytophthora*. Isto suxire que a manipulación destes microorganismos, mediante técnicas culturais dos solos, fai pensar na posibilidade de chegar ó control das enfermidades producidas polas especies de *Phytophthora*, tanto nas plantas agrícolas coma nas forestais. Aumentou o interese polos efectos beneficiosos da adición de materia orgánica ó solo para incrementa-la súa actividade microbiana, ante os resultados espectaculares obtidos por algúns autores (Baker e Cook, 1974) sobre o control biolóxico de *Phytophthora*; a incorporación de dolomite favorece este proceso ó acelera-la descomposición da materia orgánica.

A aplicación de fertilizantes ó solo tamén pode aumenta-la resistencia a *Phytophthora spp.* a través de cambios producidos na fisioloxía das plantas hóspedes, ó favorece-la excreción de exsudados ou cambiando as condicións do solo, por exemplo o seu pH. O nitróxeno aplicado como NO_3^- e NH_4^+ dá respostas contradictorias, resultado tóxico para o patóxeno, ou estimula a súa esporulación.

A adición de fósforo favorece o desenvolvemento de micorrizas nos solos con niveis subóptimos deste elemento, e, como é sabido, estas inflúen negativamente sobre o crecemento de *Phytophthora*. É o caso da enfermidade producida por *Phytophthora* en *Pinus radiata* en Nova Zelandia, coñecida como de "follas pequenas", que aparece sobre solos arxilosos e ó ser corrixida esta, desaparece a enfermidade nos piñeiros.

ANTAGONISTAS MICROBIANOS

As grandes poboacións de bacterias constitúen un dos compoñentes microbianos máis significativos do solo que inflúen sobre o comportamento dos propágulos de *Phytophthora*. As súas hifas son intensa-

mente colonizadas polas bacterias, que son atraídas quimiotacticamente polas hifas. Nesbitt e os seus colaboradores (1981) comprobaron entre os exsudados daquel fungo a presenza de fenilalanina e glicosa. Suxeriron que estes compostos poden actuar como atraentes quimiotácticos e, ó mesmo tempo, seren substratos para as bacterias.

Na maioría dos experimentos realizados *in vitro* sobre o antagonismo microbiano e as súas relacións con *Phytophthora cinnamomi* comprobouse a produción de antibióticos por bacterias antagonistas do fungo, entre as que figuran *Bacillus*, *Rhizobium*, *Flavobacterium* e *Pseudomonas spp.* Suxeriuse que poden se-los primeiros microorganismos que interveñen na segregación extracelular dos metabolitos que inician a lise das hifas, xa que ó principio da mesma as bacterias se observaron dentro das mesmas en fases avanzadas da súa lise, pero non na súa iniciación, suxeríndose que penetran no seu interior unha vez que as paredes celulares foron rotas por outros axentes microbianos.

Como actinomicetes capaces de exercer antagonismo con *Phytophthora cinnamomi* identificáronse: un *Bacillus*, produtor de antibióticos (Malajczuk, 1977); *Pseudomonas fluorescent*, productora de lise das hifas (Broadbent et al., 1971); e *Streptomyces griseoalbus*, produtor de antibiótico.

Hai fungos do solo que tamén son antagonistas de *Phytophthora cinnamomi*, como os xéneros *Penicillium* e *Trichoderma spp.*, por ser produtores de antibióticos; ou os basidiomicetos, que actuarían a través das micorrizas que forman coas raíces do castiñeiro. Os dous primeiros interveñen na estimulación da formación das oosporas, lises das hifas e produción de clamidosporas.

A lise das hifas de *Phytophthora* realizada polos fungos do solo como *Trichoderma spp.* é rápida, producíndose primeiro o contacto e o enrolamento do parasito arredor das hifas antes de penetrar na mesma.

Coñécese o antagonismo con *Phytophthora cinnamomi* dos fungos *Dactylella spermatophaga*, que actúa como parasito das súas hifas e oosporas; *Trichoderma harzianum* e *Trichoderma viride*, que producen a lise e destrución das hifas mediante a excreción de antibióticos.

TRATAMENTOS QUÍMICOS

Moito antes de que no 1917 L. Petri descubriese o fungo produtor da enfermidade da tinta do castiñeiro, fixéronse intentos para combatela. A primeira referencia que coñecemos débese ó italiano Gandolfo, a finais do século XIX. Consistía en facer unha fochanca arredor do castiñeiro afectado pola enfermidade, de tal forma que a base

das raíces principais e a súa inserción no colo do tronco quedasen ó descuberto. Para Gandolfo, as baixas temperaturas do inverno provocarían a morte do axente causante da enfermidade e, con isto, a curación do castiñeiro.

Se o grao de ataque da enfermidade non é moi avanzado, o descalce da base do castiñeiro, seguindo as recomendacións de Gandolfo, produce a recuperación da árbore enferma. Non é precisamente a acción do frío invernal senón a simple aireación e exposición ó sol, aínda que sexa parcial, o que produce a acción beneficiosa do método de Gandolfo. En España este método foi seguido por D. Serafín Blanco Pazos de Proven, coñecido como o mestre de Bora, a 6 km de Pontevedra en dirección a Ourense; un home entusiasta do castiñeiro que, aló pola década dos anos 30 do noso século, realizou un meritorio labor educativo en favor da nosa árbore porque tiña estreito contacto co director da Misión Biolóxica de Galicia, Cruz Gallástegui, que por entón dedicou gran parte dos seus traballos ó castiñeiro. Cómpre supor que os seus achados e os seus coñecementos llos comunicaría ó mestre de Bora, que, na súa leira, montou experiencias con castiñeiros europeos e xaponeses, especialmente da compatibilidade de enxertos, algúns dos cales son hoxe en día referencias que hai que ter en conta. No 1941, Urquijo modificou o procedemento de Gandolfo ó lles aplicar funxicidas ás raíces e ó tronco que quedaban ó descuberto. Despois de numerosas experiencias acabaría por recomendar a aplicación de po de carbonato de cobre por considerar que, ó ser insoluble na auga do solo, a súa acción funxicida era máis duradeira. Este autor denominouno “Método Urquijo”, que tivo unha incidencia restrinxida a castiñeiros illados. Os portugueses aplicárono no norte de Portugal (Taveira Fernandes, 1966).

Schad e colaboradores (1952) recomendaron un tratamento químico para a nogueira, que, como sabemos, tamén é atacada por *Phytophthora cinnamomi*, producíndolle a mesma enfermidade que ó castiñeiro. Por isto consideramos que o seu tratamento é válido para esta árbore. Estes autores franceses utilizaron produtos órgano-mercurícos insolubles en auga. Os máis convenientes son os que posúan unha alta tensión de vapor, que exercen unha forte acción funxitóxica a distancia sobre *Phytophthora*. Na práctica trátase de combina-la súa acción pola súa tensión de vapor e a súa lenta solubilidade no solo. Os produtos máis eficaces son a base de silicato de mercurio-metoxietano, tamén chamado silicato de metoxietilmercurio, contendo 1,5 ppm de mercurio metal. Na práctica, estes compostos aplícanse en tres capas alternas de terra duns 25 cm de grosor no foxo onde se planta a árbore.

FUNXICIDAS SISTÉMICOS

Os tratamentos a base de funxicidas aplicados ó solo, ás raíces e ó colo do tronco do castiñeiro son relativamente válidos para as árbores illadas ou para pequenas masas de castiñeiros; particularmente cando se explotan como árbores de froito, teñen que ser repetidos cada certo número de anos. Teñen eficacia se se aplican ben, aínda que non sempre, sobre todo se o grao da enfermidade é avanzado, pero como preventivo son válidos aínda que caros.

Nas últimas décadas apareceron no mercado dos funxicidas compostos químicos que abriron novas perspectivas e esperanzas na loita contra *Phytophthora* e que foron capaces de logra-lo control doutras especies deste xénero. Está considerado como un patóxeno cun amplo espectro de plantas hóspedes, moitas delas de grande interese agronómico e forestal. Algunhas das enfermidades producidas por especies deste xénero *Phytophthora* son de moita gravidade, por mor da contía dos danos que causan.

Nun principio, o control químico destes patóxenos fíxose baseándose na súa acción protectora e preventiva do composto funxicida, aplicado en pulverizacións antes de que aparecesen visibles os síntomas da enfermidade.

A este tipo de compostos químicos sucedeu a xeración de produtos capaces de exercer a súa acción funxistática a través dun mecanismo sistémico, que permite a protección dos órganos como as raíces e as partes subterráneas do tronco, sen necesidade de seren tratados directamente, como sucedía no caso dos primeiros compostos químicos aplicados ó control da enfermidade da tinta.

A sistemía é a propiedade que presentan certos compostos, naturais ou non, de se moveren dentro da planta seguindo as leis que regulan o transporte de solutos dentro das mesmas.

A aparición no mercado de compostos químicos de acción sistémica abriu e mellorou as posibilidades de logra-lo control da enfermidade da “tinta” do castiñeiro. Actualmente dispónse de produtos que permiten un razoable control da *Phytophthora* tanto no solo coma na propia planta, aínda que hai diferencias na resposta dunhas plantas ás outras.

Estes funxicidas ofrecen unha notable flexibilidade na súa aplicación foliar, non sendo necesaria a súa distribución uniforme para cubrir toda a follaxe. Abonda co seu recubrimento parcial para que por sistemía se redistribúa por toda a planta. O que si é necesario é que a cantidade de produto químico sexa a suficiente para a eficaz produción e tamén ter en conta o tempo de aplicación foliar do funxicida e os intervalos que deben mediar entre os tratamentos.

A estas propiedades dos fungicidas sistémicos cabe engadi-la ausencia practicamente de perigos para as persoas e carecer de efectos ecolóxicos. A súa combinación co uso de plantas resistentes non é incompatible.

A nova xeración de produtos fungicidas pertence a catro clases diferentes de compostos:

Clase química	Nome común	Nome comercial
1 Carbamatos	Protiocarb.	Previcur 570 (5 CW)
	Propamocarb.	Previcur N (5 CW)
2 Oxinas cianoacetamidas	Cimoxamil	Curzate (WP)
3 Acilamina	Furalaxil	Fongarid
	Metalaxil	Rodomil, Acilon, Aprom
4 Etilfosfito	Milfuram	Patafol, Caltan
	Benalaxil	Galben
	Fosetil Al.	Aliette

Os carbamatos son principalmente activos para o tratamento de solos contra patóxenos produtores de enfermidades das raíces e dos troncos como *Phytophthora* e *Phythium* en ornamentais, bulbos, talos, etc.

Os etilfosfitos, descubertos en Rhone-Poulen na década dos setenta, presentáronse como compostos con novas propiedades biolóxicas como fungicidas, capaces de controlaren no campo as enfermidades a doses de 2,5-5 g a.i./l, transformándose nas plantas hóspedes en compostos máis tóxicos. Descoñécese o modo de acción bioquímica dos etilfosfitos nas plantas, e sábese que presenta acción relativamente débil *in vitro*, sendo a súa DE para a inhibición do crecemento micelial de arredor de 1.000-3.000 ppm.

O foseetil Al foi o primeiro fungicida comercial sistémico. Cando se lle aplica á follaxe é transportado dentro da planta en ámbolos sentidos, basípeta e acrópeta, e isto exerce unha acción curativa do sistema radical e protectora das novas follas formadas despois da súa aplicación. Este efecto prodúcese a expensas da concentración pulverizada nas follas, o que require aplicar unha determinada cantidade de produto activo por árbore, se se quere lograr un control efectivo do ataque de *Phytophthora cinnamomi* ás raíces. De feito, da cantidade inicial de foseetil Al aplicado ás follas, unha parte queda absorbida nos tecidos que ten que atravesar no seu camiño desde o punto de entrada nas follas ata descender basipetamente á base do tronco e das raíces. Isto tradúcese

nunha diminución gradual do composto activo que, para ser mantido a un nivel letal para as hifas do fungo, ten que ser aplicado nunha concentración suficiente.

No caso de *Phytophthora citrodora*, que produce o cancro do tronco dos cítricos, o foseetil Al aplicado foliarmente exerce unha acción curativa alta. Este efecto tamén se pode lograr por aplicación directa do funxicida ó tronco ou ás raíces lesionadas por *Phytophthora*.

As acilaminas son outros novos funxicidas sistémicos, descubertos nos laboratorios Ciba-Geigy, que exercen unha forte acción curativa e preventiva contra *Phytophthora cinnamomi*. A súa apoplastia é desigual, no sentido de que presenta un forte transporte acrópeta, que lle permite chegar ata as partes superiores da planta. Sen embargo, móvense basipetamente a través do floema dun modo máis reducido. Isto tradúcese nunha maior dificultade para alcanza-las raíces afectadas por *Phytophthora*, sen que isto chegue a ser obstáculo para lograrlo seu control sempre que se aumente a concentración funxicida aplicada á follaxe.

Das acilaminas o composto máis activo para loitar contra a enfermidade da tinta do castiñeiro é o metalaxil. Tan versátil coma eficaz, pódese aplicar como pulverización a doses de 200-250 g/hl, respectando a concentración de 25 g por castiñeiro de tamaño medio. A pulverización repítese en abril, xullo e setembro. Tamén se pode aplicar localmente sobre a base do tronco do castiñeiro e o nacemento das raíces principais, unha vez postas ó descuberto, e tamén é efectivo aplicándoo no solo contiguo ás raíces, aínda que a súa acción se reduce sensiblemente por mecanismos non ben coñecidos, pero que se poden operar a través da acción da microflora do solo e por fenómenos de adsorción das moléculas de metalaxil por partículas do solo.

Sábese que o metalaxil aplicado *in vitro* bloquea o desenvolvemento do ciclo de *Phytophthora* de varios modos. Impide o crecemento do seu micelio, a formación de clamidosporas e de esporanxios, así como a formación e a liberación de zoosporas. O período de inhibición destes procesos é proporcional á intensidade de aplicación do composto e a súa actividade mantense durante vinte semanas (Margot, 1982).

Nalgunhas especies de *Phytophthora* a aplicación do metalaxil produce un forte incremento no contido de fitoalexinas das plantas hóspedes. Aféctanlles escasamente á intensidade respiratoria do fungo, á permeabilidade das membranas ou á formación da parede celular; pero tamén producen un descenso na síntese das proteínas e sobre todo unha redución no RNA, o que induciu a Kerkenaar (1981) e Davidse (1981) a suxeriren que o modo de acción bioquímico do metalaxil se opera por interferencia coa síntese do RNA.

RESISTENCIA ÓS FUNXICIDAS SISTÉMICOS

Son coñecidos os casos dalgúns fungos patóxicos que acabaron desenvolvendo resistencia a fungicidas do tipo dos bencimidazois e as pirimidinas. Sen embargo, non se sabe de exemplos de resistencia ós novos fungicidas capaces de controlar *Phytophthora* como os protocarbamatos ou propamocarbamatos, cimoxamil ou fosetil Al; pero, en cambio, si se atoparon casos de resistencia ás acilalaminas dalgúns especies de *Phytophthora*, aínda que non atopamos referencias da *P. cinnamomi*.

No caso das acilalaminas parece que as posibilidades de que se induza resistencia son maiores das que se puidera crer nun primeiro momento. Como posible estratexia para previla resistencia recoméndase o uso de mesturas de acilalaminas con fungicidas convencionais como ditiocarbamatos ou talamidas, que actuarían como protectores das primeiras.

A ENFERMIDADE DO CANCRO DO CASTIÑEIRO



Castiñeiro morto polo cancro, con abundantes rebentos na súa base, na zona de Valdeorras, unha das máis afectadas polo cancro en Galicia
(F. J. Viéitez M.)

O axente causante desta enfermidade é un fungo, *Ascomiceto pireneal*, da familia *Esferiaceae*, identificado no ano 1906 como *Diaporthe parasitica*, Murrill. Consideracións taxonómicas levaron ós micólogos no ano 1912 a rebautizalo como *Endothia parasitica*, Anderson; nome co que foi coñecido ata o 1978; ano en que novamente foi cambiado para pasar a ser *Cryphonectria parasitica* (Murr.) Barr.

O cancro do castiñeiro é unha das enfermidades cunha orixe e distribución mellor coñecidas. É un claro exemplo de como o home actuou como espallador dunha enfermidade, trasladándoa involuntariamente desde o continente asiático ó americano, onde apareceu na primeira década do século actual.

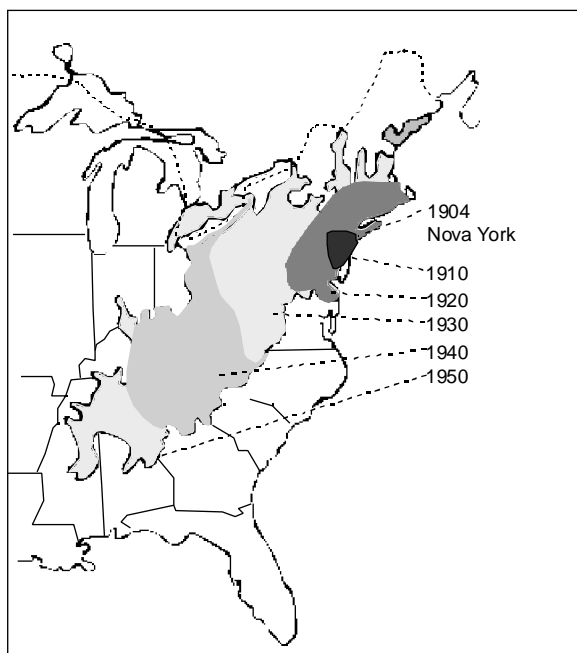
Non é de estrañar que a orixe da enfermidade do cancro do castiñeiro, en Norteamérica, merecera a atención de numerosos autores. No 1992 Sandra Anagnostakis publicou unha completa revisión dos traballos relacionados coa orixe, introducción e expansión da enfermidade do cancro nos castiñeiros americanos.

H. W. Merkel foi o primeiro que a observou no verán do 1904 sobre algúns castiñeiros americanos (*Castanea dentata*) do Parque Zoolóxico de Bronx, Nova York. No 1905, escribiu:

“Durante o 1904 produciuse unha epidemia dunha enfermidade producida por un fungo, que se estendeu polos parques do distrito; aínda que está confinada a unha única especie de árbore poderíase estender rapidamente e afectarlles a outras especies”.

No ano 1906, Murrill observou a enfermidade en castiñeiros de Nova Jersey, Maryland, o distrito de Columbia e Virxinia; e dous anos máis tarde comprobaría que era abundante en Nova York, Long Island e Nova Jersey; así como os castiñeiros que había ó longo das beiras do río Hudson.

Expansión da enfermidade do cancro do castiñeiro en Norteamérica, desde a súa aparición en Nova York, no ano 1904



No 1909, Metcalf e Collins publicaron o primeiro mapa da distribución do cancro do castiñeiro. A velocidade de dispersión do principal foco da enfermidade foi de 15 a 20 km por ano (Kuhlman, 1978); sen embargo apareceron focos illados de infección en condados de Carolina do Norte e do Sur, a uns 250 km dos límites da área da enfermidade. Admítese que esta rápida expansión do cancro do castiñeiro foi debida á dispersión das súas esporas polos paxaros, sen excluí-lo papel que puidera ter desempeñado a libre circulación dos produtos do castiñeiro, dado que non estivo restrinxida. Tódalas medidas adoptadas para evita-la expansión devastadora da enfermidade resultaron ineficaces.

No 1950, o 80% da área xeográfica do castiñeiro estaba invadida pola impar-

ble expansión de *Cryphonectria parasitica*. Unha superficie que algúns autores como Bourgois (1992) cifran nuns 400.000 km² e outros como Bazzigher et al. (1982) estiman en 1.000.000 km², sobre a que medraban miles de millóns da árbore máis querida polos americanos; fermosos castiñeiros de 1-2 m ou máis de diámetro desapareceron da paisaxe dos estados orientais de Norteamérica na maior das catástrofes forestais de tódolos tempos.

Os castiñeiros xaponeses foron considerados como os introductores da enfermidade do cancro nos Estados Unidos; despois contribuíron á súa dispersión interior, desde os estados da costa Atlántica ata os do Pacífico.

Poucos anos despois da súa aparición en Nova York, do 1912 ó 1914, o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos e o estado de Pennsylvania adoptaron medidas para a evita-la dispersión do cancro do castiñeiro facendo un proxecto conxunto de medidas preventivas. O programa baseouse en datos deficientes, pois estudos posteriores revelaron que xa entón a enfermidade estaba moito máis estendida do que se sospeitaba en diferentes estados. As medidas adoptadas serviron para atrasa-la enfermidade pero non para o seu control, o que lles permitiu ós propietarios de millóns de hectáreas de bosque de castiñeiros dispoñer de tempo abondo para vende-la súa madeira.

As medidas preventivas aplicadas no oeste do país salientaron as dificultades que entrañaban e ata que punto foron eficaces para impe-

Castiñeiro novo americano atacado polo cancro. Comezo da enfermidade (Cortesía de S. Anagnostakis)





Cancros nun castiñeiro
híbrido euroxaponés, F₄
(F. J. Viéitez M.)

diren que a enfermidade chegase ós estados do Pacífico. O primeiro foco do cancro foi observado nuns castiñeiros xaponeses e europeos que medraban na localidade de Agassir, na Columbia británica (Gravatt, 1949). Elimináronse as árbores enfermas pero a enfermidade volveu aparecer sobre outros castiñeiros europeos que, pola súa vez, foron eliminados. O segundo foco de infección da enfermidade localizouse no 1929 sobre castiñeiros xaponeses do estado de Oregón. Despois de eliminalos volveu aparecer no 1934. Un terceiro foco apareceu no estado de Washington, nuns castiñeiros do campus da Universidade de Seattle e que, segundo Gravatt (l.c.), tiñan a súa orixe nuns castiñeiros americanos enviados desde o leste norteamericano.

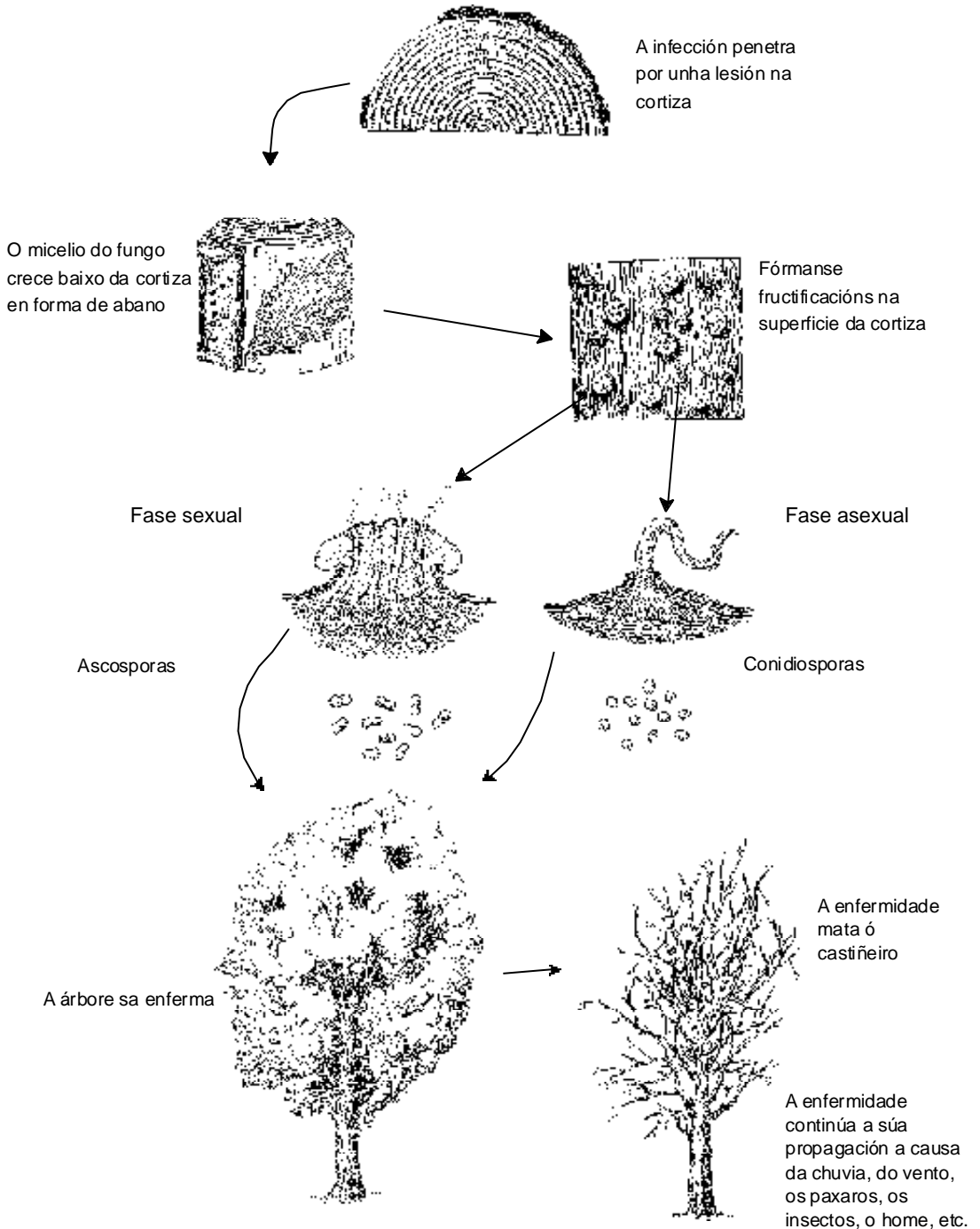
O cancro tamén foi atopado sobre castiñeiros duns hortos de California, que foron eliminados. As enérxicas medidas preventivas tomadas nos estados do Pacífico aparentemente tiveron éxito no control da enfermidade, que non se comportou dun modo tan devastador como o fixera no leste.

A pesar de que foi atopada esta enfermidade en 1934 (Gravatt, 1949) en diversas localidades dos estados do Pacífico, Dan Opgenorth (1987) indica que non a viu nos castiñeiros de California. Atribúe o feito a que as súas condicións climatolóxicas, diferentes ás da parte oriental dos Estados Unidos, moito máis húmida, non son idóneas para o desenvolvemento de *Cryphonectria parasitica*. Non descartou a posibilidade dunha perda da virulencia do fungo patóxeno ou que en California o castiñeiro predominante é o europeo, máis resistente a aquela enfermidade có castiñeiro americano.

En Canadá *Cryphonectria parasitica* penetrou a principios do 1920. Vinte anos máis tarde toda a poboación de castiñeiros deste país, estimada nuns 2.000.000 millóns de árbores, foi afectada pola enfermidade do cancro.

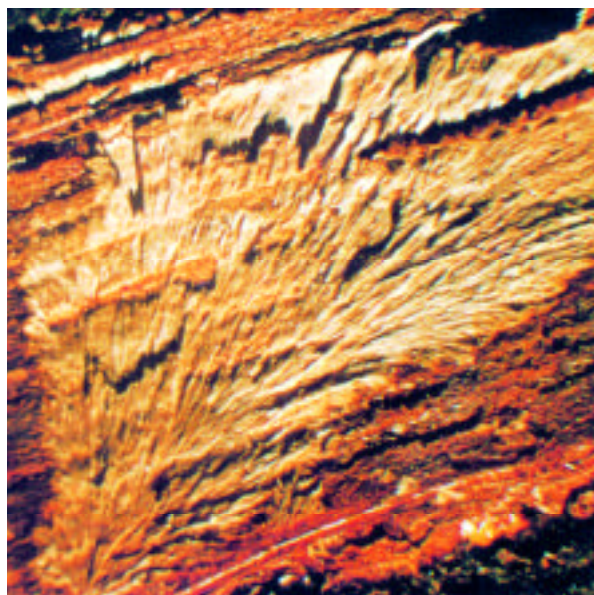
Nos Estados Unidos pódese considerar que o cancro do castiñeiro se estende desde os estados occidentais ata as Montañas Rochosas. No mundo atópase practicamente en tódolos países onde medra o castiñeiro: Europa, China e Xapón; pero parece non ter entrado nin en Nova Zelandia nin en Australia, nin atopamos referencias da súa pre-

CICLO DA ENFERMIDADE DO CANCRO

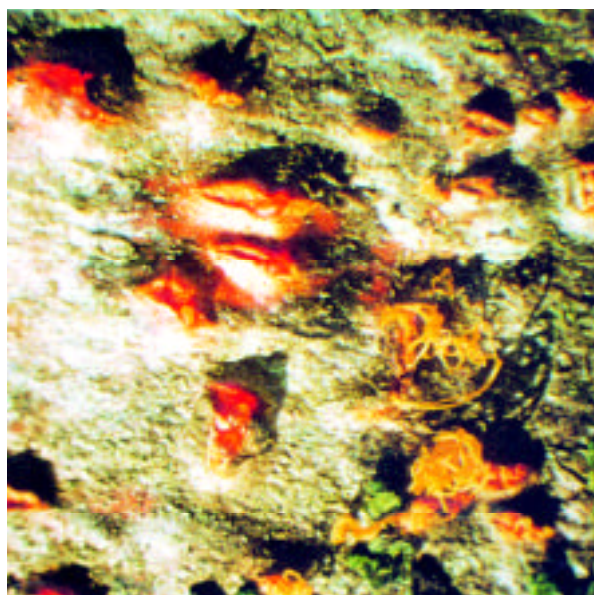


sencia en Chile, fóra da área xeográfica de distribución natural do castiñeiro.

Micelio alaranxado ou amarelo en forma de abano de *Cryphonectria parasitica virulenta* (Cortesía INRA)



Picnidios e conidios de *Cryphonectria parasitica virulenta* (Cortesía INRA)



A ENFERMIDADE DO CANCRO DO CASTIÑEIRO EN EUROPA

Todo fai pensar que o home foi o responsable de que a enfermidade do castiñeiro saltase a barreira do Atlántico e chegase a Europa. O fungo *Cryphonectria parasitica* foi recoñecido sobre uns castiñeiros na área de Xénoa no 1938 por Biraghi; desde entón a enfermidade estendeuse por toda Italia, cunha velocidade de expansión desigual. No 1940 foi localizada no distrito de Udine e tres anos máis tarde no de Avelino. No ano 1968 practicamente toda a área do castiñeiro en Italia estaba infectada por *Cryphonectria parasitica* agás algunhas provincias (Mitterperger, 1978).

Biraghi (1966) salienta o estraño comportamento da expansión da mesma, marcadamente máis lento nunhas provincias ca noutras. Non dubidou en destacar que o comportamento da enfermidade era moi diferente a como fora en Norteamérica. Necesitaba moito máis tempo para produci-la morte completa do castiñeiro.

Igual que se fixo nos Estados Unidos, as autoridades forestais italianas adoptaron unha serie de medidas para atalla-la expansión do cancro, con similares resultados negativos. Moitos bosques de grandes castiñeiros foron demoucados, cortándolle-las súas pólas; ou foron cortados a rentes do chan para explotalos, en réxime de monte baixo, con aproveitamento dos talares; ou as súas áreas foron ocupadas por outras especies.

En Francia, *Cryphonectria parasitica* foi mencionada por Darpoux et al. (1957) a

finais do 1956, sobre castiñeiros dos departamentos de Ardeches e dos Baixos Pireneos. Solignat apunta que no 1952 se sospeitou da presenza da enfermidade do cancro do castiñeiro en Francia e que podería proceder de España, Italia ou Suíza, onde se recoñecía a súa existencia con anterioridade; pero entón non se chegou a confirmala súa presenza.

Por outra banda, recollemos unha referencia da presenza daquel patóxeno xa no 1946 en castiñeiros xaponeses procedentes de sementes duns viveiros do Baixo Pireneo. Isto non sería nada estraño xa que por aqueles anos, 1947, foi detectada a súa presenza en Biscaia por Biraghi (l.c.)

En Suíza a presenza de *Cryphonectria parasitica* foi descuberta no ano 1948, en castiñeiros do cantón de Ticino. Expandiuse con lentitude por toda a zona meridional do país, ó sur dos Alpes, que ocupa unhas 15.000 ha. Igual ca noutros países europeos, os castiñeiros sobreviviron á enfermidade do cancro, debido á baixa susceptibilidade de *Castanea sativa* ó ataque de *Cryphonectria parasitica* e á aparición de formas hipovirulentas, de tal xeito que o castiñeiro en Suíza non corre un perigo real que afecte á súa supervivencia (Conedera e Heiniger, 1994). A abundancia da hipovirulencia natural nesta parte do país favoreceu a regresión espontánea da epidemia da enfermidade do cancro; situación que Bazzingher (1981) atribuíu principalmente ó reducido número de grupos de compatibilidade vexetativa (v-c), estimado en 5, e á existencia illada dalgunha forma que pertence a máis dun grupo de compatibilidade vexetativa.

Conedera e Heiniger (l.c.) consideran que as prácticas silvoculturais aplicadas ós soutos do sur de Suíza, tales como a corta a matarrasa, eliminando os castiñeiros que presentan cancros hipovirulentos, impiden a difusión espontánea da mesma e favorecen a difusión das formas virulentas de *Cryphonectria parasitica*. Tamén consideran que as grandes tormentas poden favorecer a difusión do cancro por mor das lesións causadas polos raios nas pólas superiores e nos troncos dos castiñeiros, xa que lles abren unha vía de penetración á enfermidade.

En Austria, a presenza de *Cryphonectria parasitica* foi citada por vez primeira por Donabauer (1964), expandíndose polas partes meridio-



Formación de rebentos vigorosos debaixo dun tronco de castiñeiro euro-xaponés atacado por *Cryphonectria parasitica* (F. J. Viéitez M.)



Castiñeiro cunha reacción
hipovirulenta
(F. J. Viéitez M.)

nais do país. Actualmente constitúe un serio problema na área de dispersión natural do castiñeiro, nas rexións de Syria e Burgenland, próximas á fronteira con Hungría e Eslovenia (Wilhelm, 1994).

Na antiga Iugoslavia a enfermidade do cancro do castiñeiro foi citada por primeira vez no 1950, en Nova Gorica, hoxe Croacia, preto da fronteira italiana (Schad et al., 1952).

En Grecia e en Turquía menciónase por primeira vez no 1967. A última referencia que coñecemos é a aparición de *Cryphonectria parasitica* na antiga Checoslovaquia (Yuhasova, 1991), quen menciona a súa presenza en catro formacións de *Castanea sativa* e en dúas de *Quercus sp.*, situadas nas localidades de Prasice-Duchonka, Brody-Podhradie, Bratislava e Stredné Plachtince.

En Portugal, Abreu (1992) cita a presenza de *Cryphonectria parasitica* en Tras-os-Montes, localidades de Curapós, Prada e Rio Bom, sendo atopada por primeira vez sobre uns castiñeiros de Carrizado de Montenegro no verán do 1989. A súa proximidade a Galicia, onde este fungo está presente desde hai uns trinta anos, fai pensar que a frontei-

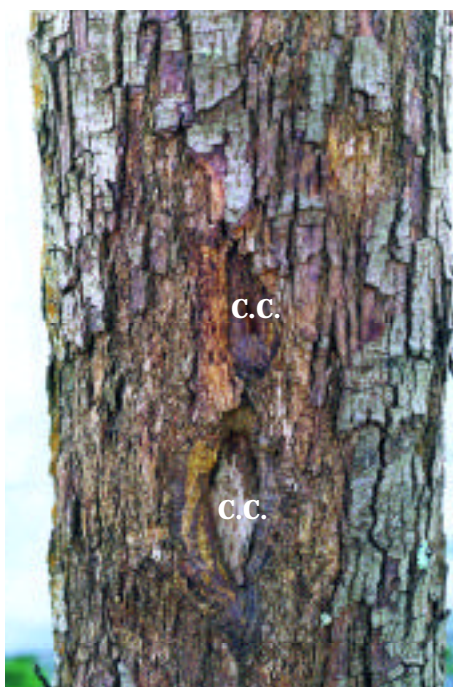
ra non foi atranco para que aquel fungo patóxico se instalara no veciño país portugués.

A enfermidade do cancro do castiñeiro é orixinaria de China e Xapón, onde pasaba desapercibida debido a que se consideraba que *Castanea mollissima* e *C. crenata* eran resistentes a *Cryphonectria parasitica*. Sen embargo, no 1970 comezou a ser un problema en China, contrariamente ó que sempre se creu. A súa presenza fíxose máis notable na rexión sur da área do castiñeiro neste país, constituíndo unha epidemia local nunhas áreas si e noutras non. Descoñécense as causas deste desigual comportamento da enfermidade do cancro, que os chineses trataron con éxito, segundo eles, aplicando mesturas funxicidas.

En España, a presenza de *Cryphonectria parasitica* foi citada por vez primeira no 1947 polo fitopatólogo italiano Biraghi sobre castiñeiros xaponeses dos viveiros dos Servicios Forestais de Elorrichueta en Biscaia.

Igual que sucedera noutros países, foi imparable a dispersión da enfermidade do cancro polos castiñeiros da Cornixa Cantábrica, chegando ata Galicia e despois a outras rexións. Unha vez máis, a facilidade de propagación de *Cryphonectria parasitica* fixo que a súa dispersión en España fose inevitable e apareceu en focos illados, xeralmente distantes uns doutros.

Castiñeiros atacados por *Cryphonectria parasitica*, nos que se mestura a hipovirulencia con certa resistencia ó cancro. Os dous teñen cicatrizados os calos iniciais (C.C.). As lesións secundarias afectaron ó felóxeno, causando o desprendemento do ritidoma (F. J. Viéitez M.)



No 1954 E. Viéitez observou no Centro Forestal de Lourizán (Pontevedra) como nunha parcela de *Castanea crenata* de 10-15 cm de diámetro había varios castiñeiros que presentaban nos seus troncos lesións similares ó cancro producido por *Cryphonectria parasitica*. Sen chegar a identifica-lo fungo causante destas lesións, foron destruídos estes castiñeiros xaponeses como medida preventiva.

No ano 1940 Rodríguez Sardiña, da Estación de Fitopatoloxía da Coruña, cita en castiñeiros xaponeses importados de Francia, que medraban nunha parcela de Córghomo, na comarca de Valdeorras, a existencia de lesións similares ás producidas pola enfermidade do cancro, illando das mesmas un fungo que identificou como *Endothiella gyrosa* Saur., considerada como a forma conídica da *Cryphonectria parasitica* (Murr.) Barr. Actualmente o foco máis importante de cancro en Galicia localizouse nesta comarca de Valdeorras sobre castiñeiros europeos.

No 1965, na parcela do Instituto de Investigacións Agrobiolóxicas de Galicia, CSIC, de Santiago de Compostela, comprobámo-la existencia do cancro sobre un castiñeiro híbrido resistente á enfermidade da tinta, o clon HV (antes HS). O seu crecemento foi moi lento, non producindo a súa morte como se esperaba ó principio. O ataque do cancro a este castiñeiro HV prolongouse ata hoxe e, ó cabo de máis 30 anos, afectou a diversas pólas, pero sen que chegasen a morrer. Este feito é explicable baseándose en certo grao de resistencia do clon HV á enfermidade do cancro.

Uns anos máis tarde, en 1978, varios exemplares do clon 481, tamén híbrido resistente á enfermidade da tinta, situados nas proximidades da facultade de Farmacia, e non afastados do caso anterior, apareceron con lesións de cancro, nos troncos e nas pólas, e aínda que fosen circundadas polo fungo non se produciu a morte da parte superior, que continuou verde; e se nalgún caso morrían pólas secundarias, antes pasaba moito tempo desde o comezo do ataque ás mesmas.

As lesións producidas polo fungo, tanto no tronco coma nas pólas, presentaban un calo de cicatrización que impedía a expansión do cancro, ou a casca aparecía externamente fendida verticalmente. Ámbolos síntomas axústanse a unha reacción de defensa correspondente a castiñeiros cun certo grao de resistencia, no primeiro caso, ou a unha posible hipovirulencia, no segundo.

Castiñeiro coa enfermidade do cancro, manifestada por fendas lonxitudinais da cortiza (F. J. Viéitez M.)



Continuando coa presenza do cancro do castiñeiro en Galicia, no 1972 foi citado por De Ana Magán, do Centro Forestal de Lourizán, sobre un grupo de castiñeiros híbridos eurasiáticos, situado en Bembibre, próximo a Vigo e achegado á estrada Vigo-Ourense. Este autor fixo diversos tratamentos de limpeza dos cancos, aplicación de fungicidas sistémicos e de contacto, sen que lograrse dete-la enfermidade.

Para esta mesma época o citado autor detectou a presenza do cancro en castiñeiros híbridos, plantados en Lérez, nas aforas de Pontevedra, había uns dez anos, nunha parcela propiedade de José Valverde Viñas.

Cara ó 1978, tamén De Ana Magán descubriu outro foco de *Cryphonectria parasitica* sobre *Castanea sativa*, na comarca do Bierzo, na localidade de Bembibre, distante uns 200 km da súa homónima de Vigo, e o ataque era máis virulento, con danos graves nos castiñeiros, que con frecuencia aparecen mortos, con abundantes rebentos na súa base. A zona do Barco de Valdeorras aparece máis ou menos afectada por este ataque, que se expandiu ata Castro Caldelas, Ponferrada e Santo Tirso, en Asturias. Constitúe o foco máis importante desta zona, onde os paisanos consideran a variedade de castaños Negral máis resistente ó cancro ca outras variedades.

No 1993 atopamos en Agüete-Seixo (Marín), a uns 8 km de Lourizán, un castiñeiro europeo duns 20 anos, cun tronco no que observámo-la presenza das lesións do cancro, con fendas en sentido vertical aparentemente correspondentes a casos de hipovirulencia.

Actualmente a enfermidade do cancro do castiñeiro estendeuse por toda a rexión atlántica cantábrica, afectándolle a Navarra, e por toda a rexión de Cataluña, cunha gravidade variable, entre ataques máis ou menos localizados, con formas atenuadas, ata rexións onde os ataques son realmente graves.



Castiñeiro híbrido eurasiático con cancro superficial hipovirulento consecuencia de estar necrosado o felóxeno. O fungo non chega a afectar ó cambium

OUTRAS ENFERMIDADES DO CASTIÑEIRO



Ademais das enfermidades da tinta e do cancro, o castiñeiro pode ser atacado por outros fungos patóxenos capaces de lle causaren a morte. Non obstante a súa importancia, pódese considerar como secundaria, sen que iso non supoña que non haxa que lles prestar atención. Destes fungos patóxenos, secundarios, cómpre citarmos:

Armillaria mellea Vahl frecuente en solos higromorfos ricos en materia orgánica e abundante capa de humus. Adoita aparecer sobre os cepos de diversas especies arbóreas. No crecemento do seu micelio pode atacar as raíces e o colo do castiñeiro causándolle a morte.

Coryneum modonium (Tul) Griff e Manbl, produce lesións principalmente na base do tronco dos castiñeiros, de forma elongada, bordeadas dun calo de cicatrización que como defensa forma o castiñeiro atacado.

Diplodia castaneae (Prin e Del.) é outro fungo patóxeno que produce a enfermidade do castiñeiro coñecida como Javart, localizada preferentemente sobre o colo da raíz, producindo unhas lesións que parecen lembrá-las do cancro e poden provoca-la morte do castiñeiro.

Esquerda: base dun castiñeiro con lesións do ataque do fungo *Coryneum modonium*. Unha frontal e a outra lateral, a esquerda. Dereita: lesións producidas polo fungo *Diplodia castaneae* (F. J. Viéitez M.)

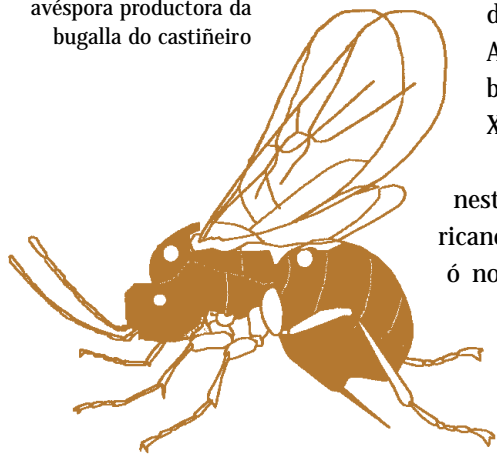
Microsphaerella maculiformis (Persoon) Schroet. Produce a chamada “socarrina” das follas do castiñeiro ou enfermidade das manchas e murchamento das follas, caracterízase porque as follas se cobren de pequenas manchas pardas co borde amarelado. Posteriormente aparecen unhas zonas decoloradas con pequenos puntos negros. Os danos comezan en agosto e provocan a caída prematura das follas. Se o ano foi chuvoso e temperado a defoliación pode ser temperá e moi intensa, sendo capaz de ocasiona-lo aborto dos froitos. Nas superficies das machas existentes nas follas fórmanse os acérvulos deste fungo, producindo gran cantidade de conidios; posteriormente, en áreas de forma máis ou menos irregular e decoloradas, aparecen os puntos circulares e grosos que son os picnidios que darán lugar ós conidios. Finalmente, nas follas de castiñeiro caídas no chan, e durante o inverno, formaranse as peritecas, que darán lugar ás ascas, contendo cada unha oito ascoporas.

INSECTOS QUE ATACAN Ó CASTIÑEIRO

A “avéspora da bugalla do castiñeiro” coñécese tamén como “avéspora oriental da bugalla” aludindo á súa orixe. Causada polo himenóptero *Dryocosmus Kuriphilus*, foi descuberta por Yasumatsu en Xapón no 1941. No 1961 foi citada en Corea por Paik et al., sobre as xemas e os talos do castiñeiro xaponés formando bugallas que alteraban o crecemento destes órganos. Nos Estados Unidos apareceu no condado de Peach, Xeorxia, no 1974, e pasou despois ós castiñeiros de Fort Valey e Biron, todos eles neste mesmo estado (Payme et al., 1976). No 1976 infestaba os condados de Bibb, Crawford e Houston, atacando indistintamente ó castiñeiro americano (*C. dentata*) e ó castiñeiro xaponés (*C. crenata*). No 1982 atacou as plantacións da Universidade de Auburn e

comprobouse como aqueles castiñeiros presentaban un diverso grao de tolerancia á “avéspora da bugalla”. Anagnostakis (1993) cita a presenza da “avéspora da bugalla” sobre castiñeiros chineses (*C. mollissima*) de Xeorxia. Desde entón pódese dicir que eliminou case completamente a industria do castiñeiro chinés neste estado. No 1993 foi detectada nos castiñeiros americanos (*C. dentata*) do Parque Nacional de Chattahoochee, ó norte do estado de Xeorxia. Dada a proximidade dos montes Apalaches, cabe esperar que esta nova praga se estenda pola área natural do castiñeiro nos Estados Unidos.

Dryocosmus Kuriphillus,
avéspora productora da
bugalla do castiñeiro



A dispersión da “avéspora da bugalla” prodúcese a través de pólas de castiñeiros infestados

polo insecto ou por medio do voo dos adultos durante as dúas ou tres semanas, nos meses de maio e xuño. No caso de pequenas plantacións de castiñeiros non resulta difícil controlar esta praga. Para iso abonda con elimina-las pólas de castiñeiros que teñen bugallas e queimalas. Se se trata de plantacións maiores hai que recorrer á pulverización con insecticidas no momento en que está na fase adulta.

Atopáronse dous parasitos da “avéspera da bugalla”: o *Torymus tubicola* e o *Torymus advenus* en bugallas secas, formadas sobre castiñeiros existentes no condado de Byron, do estado de Xeorxia. En Xapón existe *Torymus sp.* e *Megastimus*, que foron introducidos no 1977 en Byron, Xeorxia, coa esperanza de exercer-lo control biolóxico daquela peste do castiñeiro.

Mansilla (1984) fai un resumo dos diferentes insectos que poden ataca-lo castiñeiro, que reproducimos:

DEFOLIADORES	{ LEPIDÓPTEROS COLEÓPTEROS	{ <i>Phalera bucephala</i> L. - Notodontidae <i>Lasiocampa quercus</i> L. - Lasiocampidae <i>Lymantria dispar</i> L. - Lumantriidae <i>Orgyia antiqua</i> L. - Lumantriidae <i>Dasychira pudibunda</i> L. - Lumantriidae
		{ <i>Cneorhinus dispar</i> Graell - Curculionidae <i>Brachyderes lusitanicus</i> F. - Curculionidae <i>Phyllobius sp.</i> Curculionidae <i>Cneorhinus hispanus</i> Herbst. - Curculionidae
MINADORES	LEPIDÓPTEROS	{ <i>Lithocolletis roboris</i> z. - Tineidae <i>Caloptilia alchimiella</i> Scop - Tineidae
CHUPADORES	TISANÓPTEROS	<i>Heliothrips haemorrhoidalis</i> Bch - Thripidae
	HOMÓPTEROS	<i>Lachnus roboris</i> - Lachnidae
PERFORADORES	LEPIDÓPTEROS	{ <i>Zeuzera pirina</i> L. - Cossidae <i>Synanthedon vespiformis</i> L. - Aegeriidae <i>Phymatodes alni</i> L. - Cerambicidae
	COLEÓPTEROS	
DESCOMPOÑEDORES	COLEÓPTEROS	<i>Dorcus parallelepipedos</i> L. - Lucanidae
FROITO	COLEÓPTEROS	<i>Balaninus elephas</i> Gyll - Curculionidae
	LEPIDÓPTEROS	<i>Laspeyresia splendana</i> Hubner - Tortricidae

De todos estes insectos, pola súa importancia, merecen ser destacados os seguintes:

Curculio ou *Balaninus elepha*. É un dos insectos que atacan ás castañas, xuntamente con *Laspeyresia splendana* é o que maiores per-

das económicas ocasiona. O seu ataque recoñécese porque ó abri-la castaña se pode observar unha larva de cor branca, ápoda, arqueada e coa cabeza escura. O adulto é de 6 a 9 mm e presenta un longo rostro de cor gris escura.

Os danos son ocasionados pola larva ó consumi-lo endocarpio. Cando chega ó seu máximo desenvolvemento abandona a castaña practicando un oficio circular e pode permanecer en diapausa un ou varios anos antes de efectua-la pupación.

Laspeyresia splendana L., causa serios problemas nas castañas. A larva destrúe o endocarpio e atópanse no mesmo unha mestura de excrementos e de fíos de seda todos unidos. Cando alcanza o seu máximo desenvolvemento larvario abandona a castaña practicando un orificio ovalado. As castañas atacadas caen prematuramente e distínguense das sas porque na súa superficie aparecen unhas protuberancias lonxitudinais características.

Nas castañas atacadas por *Laspeyresia splendana* é frecuente que se observen ataques secundarios causados por fungos de putrefacción que potencian o dano daquela. Este insecto posúe unha xeración ó ano, inverna ó estado de larva na superficie do solo. A bolboreta voa cara ó mes de agosto, realizando a posta sobre as follas. Posteriormente as larvas que emerxen penetran polo pericarpio e aliméntanse do interior da castaña.

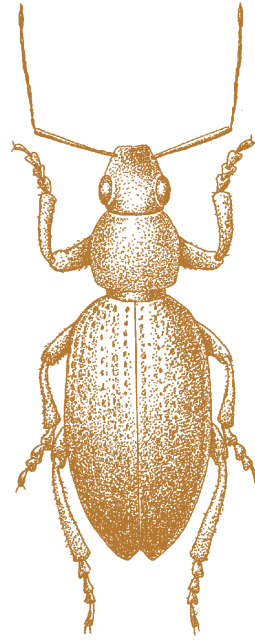
Zeuzera pirina L. É un perforador que pode causar grandes danos, sobre todo nos viveiros cando os castiñeiros teñen sobre 4 cm de diámetro, e pode chegar a mata-la planta. Este insecto coñécese vulgarmente como “trade amarelo”, pola cor amarela con puntos negros que teñen as súas larvas. Estas penetran nos rebentos ou nos talos novos perforándoos e orixinan galerías de corte circular. O ataque é facilmente recoñecido porque na parte baixa do tronco ou no chan obsérvanse uns montóns de serraduras e no talo ou nas pólas percíbese un orificio polo que saen estas.

A loita contra este perforador pódese facer destruindo a larva por medio dun arame que se introduce polo orificio de penetración. Isto é viable só en ataques illados. En casos máis fortes convén protexe-los castiñeiros pulverizándoos con insecticidas de contacto e de inxestión para impedi-la penetración das larvas. Pódense utilizar piretrinas, mevinfos, Fosalone-Triclorfon, Melatión, etc.

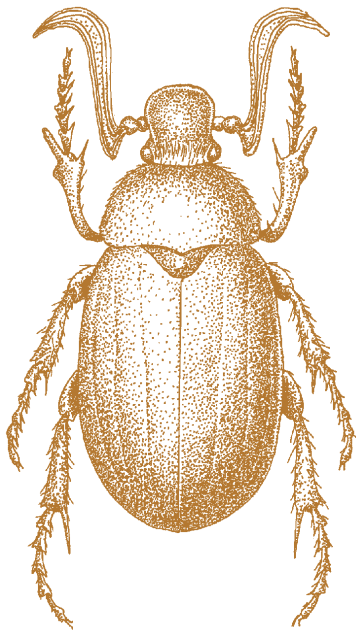
Lymantria dispar L. Vulgarmente coñécese como “Lagarta peluda”. É un defoliador que ten unhas larvas que causan fortes defoliacións nas árbores atacadas. Posúe unha xeración ó ano, inverna cando aínda é ovo e pasa ó estado de larva cara ós meses de abril, maio e xuño. Nestes meses recoméndase aplica-los tratamentos con



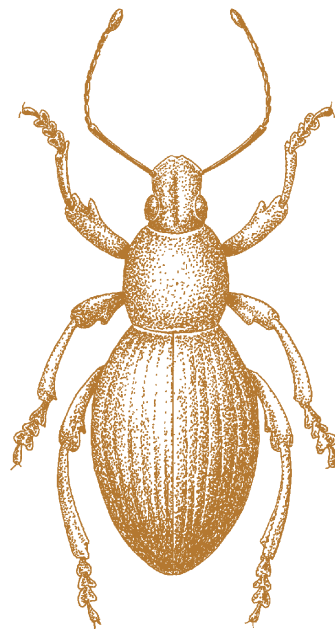
Curculio elephas Gyll.



Brachyderes incusus L.



Melolontha papposa L.



Otiorhynchus Sp.

Diflubenzuron, aplicado en tratamento aéreo. En caso de tratamento terrestre pódese pulveriza-los castiñeiros con Deltametrina.

Phalera bucephala L. En ocasións pode causar serios problemas nos castiñeiros e deixa de selo cando están próximas a crisalizar. As larvas aliméntanse das follas do castiñeiro e só lles deixan as nervaduras. Os adultos emerxen cara a maio-xuño e depositan os seus ovos sobre a cara das follas; deles sairán as larvas que se alimentarán das follas durante os meses de xullo, agosto e setembro. Despois invernarán en estado de crisálida na superficie do chan. Ten unha xeración, aínda que algúns autores falan de dúas. Combátese ben con Deltametrina.

Helioptrips haemorrhoidalis L. É un insecto chupador que produce fortes decoloracións nas follas das que se alimenta; estas vólvense amarelas cuns puntos negros que son os excrementos dos insectos adultos.

Lachnus roboris L. Pode aparecer ó comezo da primavera, sobre todo en viveiros de castiñeiros e tamén en árbores adultas. Forma colonias de pulgóns de tamaño relativamente grande, de cor marrón, que aparecen nas pólas novas. Combátese facilmente con insecticidas de contacto ou sistémicos.

A HIBRIDACIÓN DO CASTIÑEIRO

Nas especies do xénero *Castanea* o número de cromosomas é 24. Jaynes (1964) comprobou en diversos híbridos e en dez especies de castiñeiros que todos eles tiñan $2n=24$, coa excepción dun híbrido en que este valor foi $2n=25$. Tamén comprobou que outro híbrido era triploide. O mesmo valor $2n=24$ foi atopado por Chevre e Salesses (1984) para *C. sativa*, *C. crenata* e *C. mollissima*. Estes autores indican que a baixa fertilidade dalgúns híbridos das dúas primeiras especies é debida á súa falta de homoloxía ou a reagrupamentos estruturais.



Cromosomas de *C. sativa*.
Metafase da mitose
(x 6-200)
(Cortesía de A.A. Chevre)

A mellora xenética do castiñeiro require a utilización de pole, que ten unha vitalidade e unha capacidade de xerminación que se pode comprobar mediante a utilización de medios de cultivo de Hoestra e Bruisma ou tinxíndoo con sales de Tetrazolium (Bounous et al., 1994).

Nós utilizámo-lo Tetrazolium, para determina-la vitalidade do pole, por primeira vez en pole de millo (E. Viéitez, 1952), empregando solucións de cloruro de trifetil tetrazolium, incoloro, que, por redución, dan formazán de cor vermella.

En España foi Cruz Gallástegui, director da Misión Biolóxica de Galicia, o primeiro en realizar hibridacións de castiñeiros encamiñadas a obter exemplares resistentes á enfermidade da tinta. Este autor, que previamente traballara durante dous anos con Jones sobre a hibridación

do millo na Estación Experimental de Agricultura de Connecticut, nos Estados Unidos, soubo de traballos realizados por Van Fleet, que cruzou diversas especies de castiñeiros.

Walter Van Fleet, que era un afeccionado coñecido polos seus traballos con rosas, foi un dos primeiros en traballar na mellora xenética do castiñeiro mediante hibridacións. Comezou os seus traballos sobre o castiñeiro no 1909 na Granxa Experimental de Bell, preto de Glendale, Maryland. Sorprendido pola resistencia do castiñeiro xaponés, Van der Fleet realizou hibridacións entre diversas especies de castiñeiros:

Castanea pumila x *Castanea sativa*

Castanea pumila x *Castanea dentata*

Castanea sativa x *Castanea dentata*

Castanea pumila x *Castanea crenata*

Conseguiu obter híbridos resistentes ó cancro no último dos anteriores cruzamentos.

Cos antecedentes dos traballos de Van der Fleet, Cruz Gallástegui iniciou unha serie de traballos de hibridacións conducentes á obtención de castiñeiros resistentes á enfermidade da tinta.

Estes traballos, realizados entre o 1922 e o 1926, permitíronlle a Gallástegui obter híbridos de castiñeiro europeo e de castiñeiro xaponés, pero sen que chegase a poder comprobar experimentalmente se eran ou non resistentes á enfermidade da tinta, por carecer entón da técnica adecuada. Dunha maneira empírica, sospeitou razoadamente que entre os seus híbridos había árbores con resistencia á tinta, que procedería dos pais xaponeses. Os híbridos da F_2 están en Pousada (A Estrada); da F_3 hai 12 exemplares na Misión Biolóxica de Galicia, en Pontevedra, entre os que se produciu unha notable segregación. Xunto a magníficos castiñeiros hai exemplares moi pobres e o mesmo se pode dicir da calidade dos froitos producidos por estas árbores.

Os traballos sobre hibridacións de castiñeiros tiveron ampla difusión en tódolos países europeos. Comezados en Francia por Couderc, foron seguidos en España por Gallástegui na década dos anos vinte, como acabamos de citar. Máis tarde, nos anos cincuenta, Pedro Urquijo, Fernando Molina, Viéitez entre outros, tamén realizarían hibridacións. En Francia, o grupo de Brive, primeiro baixo a dirección de Schad e despois de Grente, trala morte trágica daquel, realizou traballos realmente bos sobre o castiñeiro. Con este grupo tivo ocasión de traballar E. Viéitez en varias oportunidades, especialmente con Gilbert Solignat. En Suíza hai que salienta-los traballos de hibridación e selección de resistencia ó cancro e propagación realizados por Bazzingher e os seus colaboradores (1982).

Nos Estados Unidos, onde se fixo un grande esforzo para recuperar-lo seu castiñeiro (*Castanea dentata*), as primeiras referencias de hibridacións que coñecemos menciónaaas Richard Jaynes (1974), quen cita os traballos de George W. Edicott, sobre o ano 1890, cruzando castiñeiros americanos e xaponeses, e dous programas institucionais que incluíron a maioría dos traballos de mellora de árbores forestais. O primeiro foi o proxecto comezado no 1894 en Beltsville e desenvolvido ata o 1952, e o outro comezou no 1929 no Xardín Botánico de Brooklyn e, posteriormente, continuou na Estación Experimental Agrícola de Connecticut ata o presente.

O obxectivo destes traballos foi sempre a obtención de castiñeiros resistentes á enfermidade do cancro e que, ó mesmo tempo, conserven as propiedades de crecemento, a calidade da madeira e dos froitos que ten *Castanea dentata*. Con isto preténdese que algún día se poida recuperar, polo menos parcialmente, o castiñeiro americano. Non se pode pensar en que volva ocupa-la súa vasta área inicial, arrasada polo cancro, porque en gran parte foi ocupada por outras especies; pero a recuperación do castiñeiro segue a se-lo soño que mantén viva a ilusión e alenta o traballo de moitos científicos e non poucos políticos do país norteamericano.

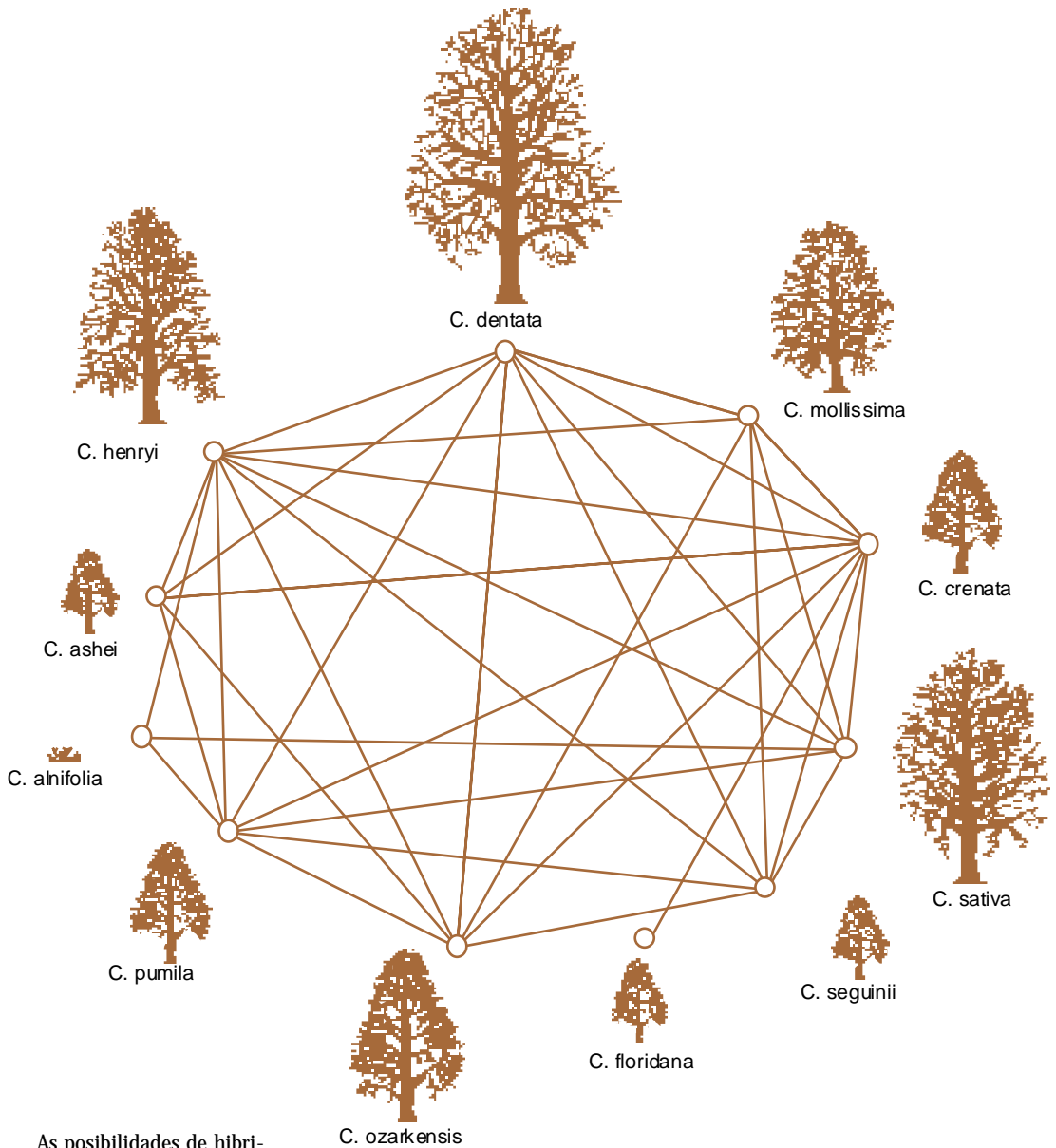
A Fundación Americana do Castiñeiro auspicia programas de mellora do castiñeiro americano (realizados por Ellingboe, 1994) coa finalidade de lle introduci-los xenes de resistencia ó cancro utilizando retrocruzamentos coa tecnoloxía RFLP (polimorfismo de fragmentos de lonxitude restrinxida) no DNA. A existencia dun alto nivel de polimorfismo a nivel do DNA das dúas especies parentais usadas nas hibridacións (castiñeiro americano e chinés) e a segregación dos marcadores polimórficos que se produce nas xeracións orixinadas nos retrocruzamentos permitirán a confección dun mapa de alta densidade RFLP do xenoma do castiñeiro.

O programa de mellora da Fundación Americana do Castiñeiro ten como obxectivo prioritario comproba-la hipótese de Burnham (1981), segundo a cal: 1) a resistencia ó cancro está controlada por un número relativamente pequeno de xenes; 2) mediante retrocruzamentos de varias xeracións será posible obter castiñeiros resistentes ó cancro, con tódalas características do castiñeiro americano.

Tanto o RFLP coma o RAPD son marcadores que permiten medi-lo xenoma do castiñeiro.

Jaynes (1964) salienta a viabilidade das hibridacións interespecíficas do castiñeiro, con contados casos de incompatibilidade, e tamén a posible presenza ocasional de esterilidade masculina na F_1 e en xeracións posteriores. As distintas posibilidades de hibridación entre as

especies de *Castanea* este autor simplifícouas no seguinte polígono de compatibilidade:



As posibilidades de hibridación entre as diferentes especies de castiñeiros (Adaptado de R. Jaynes)

O estudio dos híbridos da F_1 e da F_2 de *Castanea mollissima* e *C. dentata*, realizado por Clapper (1959), levouno á conclusión de que a resistencia á enfermidade do cancro está gobernada, polo menos, por dous xenes recesivos. Para Jaynes (1974) o feito de que haxa unha gradación continua de clases, desde a resistencia á susceptibilidade, levou-

no a considerar que a herdanza é polixénica máis ca oligoxénica. Para Van der Plank (1964) a resistencia é probablemente horizontal máis ca vertical e a resistencia horizontal caracterízase por ser máis estable e case sempre polixénica.

A resistencia vertical é marcadamente variable, está controlada por uns poucos xenos do hóspede e pode ser anulada por unha simple mutación xenética das árbores; de aquí a conveniencia de conduci-la mellora xenética de especies, como é o caso do castiñeiro, en termos de horizontalidade; sobre todo tendo en conta a variabilidade que presenta o propio patóxeno, *Cryphonectria parasítica*, na que se poden atopar formas hipovirulentaas, carentes de patoxeneidade.

O CONTROL BIOLÓXICO DE PHYTOPHTHORA

Así como se pode falar do control biolóxico da *Chryphonectria parasítica* por medio das súas formas hipovirulentas, no caso da enfermidade da tinta do castiñeiro polo momento non é posible o control biolóxico directo de *Phytophthora cinnamomi*.

No control do crecemento e do desenvolvemento de *Phytophthora cinnamomi* intervén a manipulación, ata onde sexa posible, dos microorganismos do solo, é dicir, a súa microfauna e a microflora. Nisto actúan factores complexos de tipo ambiental, físicos ou químicos. Neste control tamén interveñen unhas relacións hóspede-patóxeno non sempre coñecidas. Todo isto dános idea das dificultades que entraña o control biolóxico da enfermidade da tinta.

Onde se centra máis o interese polo control biolóxico da tinta do castiñeiro é nas micorrizas, especialmente nas ectomicorrizas, consideradas como protectoras das raíces, impedindo a penetración de *Phytophthora cinnamomi*, a través da formación dunha barreira mecánica protectora que se opón ás hifas do patóxeno, excretando antibióticos, formando inhibidores de crecemento que impedirían a penetración das hifas de *Phytophthora* no citoplasma das células das raíces do castiñeiro.

As investigacións oriéntanse cara ó logro do control biolóxico deste patóxeno por inoculación controlada das plántulas do castiñeiro. A nivel dos viveiros xa se pode falar dos primeiros éxitos prácticos. A micorrización do castiñeiro ten ademais o interese comercial derivado da produción de cogomelos comestibles da máis alta demanda comercial. Nun futuro poderanse mercar plantas de castiñeiros resistentes con aptitude productora de cogomelos comestibles específicos. Con isto estase a abrir un novo campo de investigación no castiñeiro e unha nova saída comercial para o mesmo.

No tocante ó papel que poden desempeña-las endomicorrizas na protección contra *Phytophthora cinnamomi* hai pouca información; ata o presente a atención concentrouse nas ectomicorrizas, cun papel sobre o control deste patóxeno que é certo, aínda que se requiren máis investigacións.

ECTOMICORRIZAS E A ENFERMIDADE DA TINTA

Os fungos das ectomicorrizas aumentan a resistencia ó ataque por patóxenos das raíces como *Phytophthora*, *Phythium* e *Fusarium*.

No 1950 P. Vrot comprobou que os castiñeiros que tiñan raíces con filamentos brancos ou rosáceos das ectomicorrizas raras veces sufrían o ataque de *Phytophthora cinnamomi*. Grente et Vrot (1984) probaron a micorrizar castiñeiros con diferentes basidiomicetos tales como *Scleroderma aurantium*, *Heboloma sinapizans*, *Amanita cesarea*, *Inocybe geophyla*, *Boletus luteus*, *Hebeloma cylindrosporum*, *Tuber melanosporum*, *Laccaria laccata*, *Boletus bovinoides*, *Scleroderma sp.*, *Cantharelus sp.*, etc. Estes autores comprobaron que a simbiose con *Scleroderma aurantium* era efectiva para controlar a *Phytophthora cinnamomi*. Tamén observaron que a inoculación previa das raíces de castiñeiro con cepas de *Boletus granulatus* e *Scleroderma sp.* reduciu á metade a porcentaxe de mortandade producida por *Ph. cinnamomi*, e que esta porcentaxe aínda foi maior inoculando *Hebeloma radicosum*, *Boletus bovinoides* e *Boletus luteus*.

Todo parece indicar que a simbiose das raíces do castiñeiro con determinados basidiomicetos incide negativamente sobre o crecemento das hifas de *Phytophthora cinnamomi*, chegando a controlala e así evita-lo ataque do castiñeiro por este patóxeno.

O mecanismo de resistencia das micorrizas ás enfermidades das raíces non está aclarado. O fungo micorrícico pode actuar utilizando os azucres e os carbonohidratos da raíz e así reduci-la cantidade de nutrientes estimuladores do patóxeno, formando unha barreira mecánica coas súas hifas que se oporía á penetración do patóxeno e mantendo na rizosfera unha poboación microbiana protectora, ou excretando antibióticos capaces de inhibiren o patóxeno.

Outra posibilidade sería que a simbiose co fungo modifique o metabolismo do castiñeiro favorecendo a síntese de compostos funxicidas, tal como se demostrou no caso dos piñeiros micorrizados por fungos do xénero *Leucopaxillus*, que determina a formación de nitrito de diatricina, composto que ten acción funxicida.

Estes feitos abren a esperanza de poder combate-la enfermidade da tinta a través da loita biolóxica exercida polas ectomicorrizas do cas-

tiñeiro nos viveiros; pero o problema xorde ó compaxina-las esixencias dos cultivos dos viveiros, especialmente a desinfección do solo, coas condicións necesarias para realiza-la micorrización das raíces das plántulas do castiñeiro.

As posibilidades de micorriza-lo castiñeiro son grandes. Non hai dificultades insalvables para o facer sobre as plántulas de castiñeiro en viveiros ou tamén micorrizando as raíces de castiñeiros obtidos por cultivo *in vitro* (Strullu et al., 1986). Estes autores obtiveron bos resultados con catro clons de castiñeiro obtidos por cultivo *in vitro*, inoculando as súas raíces co fungo *Paxillus involutus*. O crecemento das plantas micorrizadas foi superior ós controis.

Para o cultivo e o mantemento en condicións axénicas do fungo *Paxillus involutus* pódese utiliza-lo medio nutritivo de Melin Norrans modificado (MMN), engadido de micronutrientes do medio Gresshof e Doy (1972) (GD).

Neste medio cultivouse satisfactoriamente *Amanita muscaria* (L. Fr.) Hoocker, *Cenococcum geophilum* Fr., *Hebeloma crustuliniforme* (Bull. Fr.) Quel, *Laccaria laccata* (Scop. Fr.), *Paxillus involutus* (Batsch) Fr. e *Pisolithus tinctorius* (Pers) Coker Coruch, que A. Romano utilizou para a micorrización (ECM) de *Quercus suber ex vitro* e *in vitro*.

Fernández de Ana Magan et al., (1998) fan un detallado estudio das micorrizas e dos diversos métodos de micorrización do castiñeiro, factores que influen na produción de fungos, etc.

CASTIÑEIROS RESISTENTES

En España a obtención de castiñeiros resistentes á enfermidade da tinta foi potenciada polo enxeñeiro de montes Paulino Martínez Hermosilla, director xeral de Montes, subvencionando o *Plan de mejora y regeneración del castaño*. Desenvolveuse desde o 1954 ata o 1961 baixo a dirección do Dr. Ernesto Viéitez, na Misión Biolóxica de Galicia, na que era xefe da sección de Fisioloxía Vexetal, e no Centro Forestal de Lourizán (Pontevedra), sumándose despois a Estación de Fitopatoloxía da Coruña. Posteriormente incorporáranse ó proxecto a Universidade de Santiago, ó ser aquel nomeado catedrático de Fisioloxía Vexetal da mesma e director do Instituto de Investigacións Agrobiolóxicas de Galicia do CSIC en Santiago, que tamén se incorporou ó Plan.

Parcela de inoculación experimental da enfermidade da tinta. Misión Biolóxica de Galicia. Nela foron infectados 263.000 castiñeiros (E. Viéitez C.)



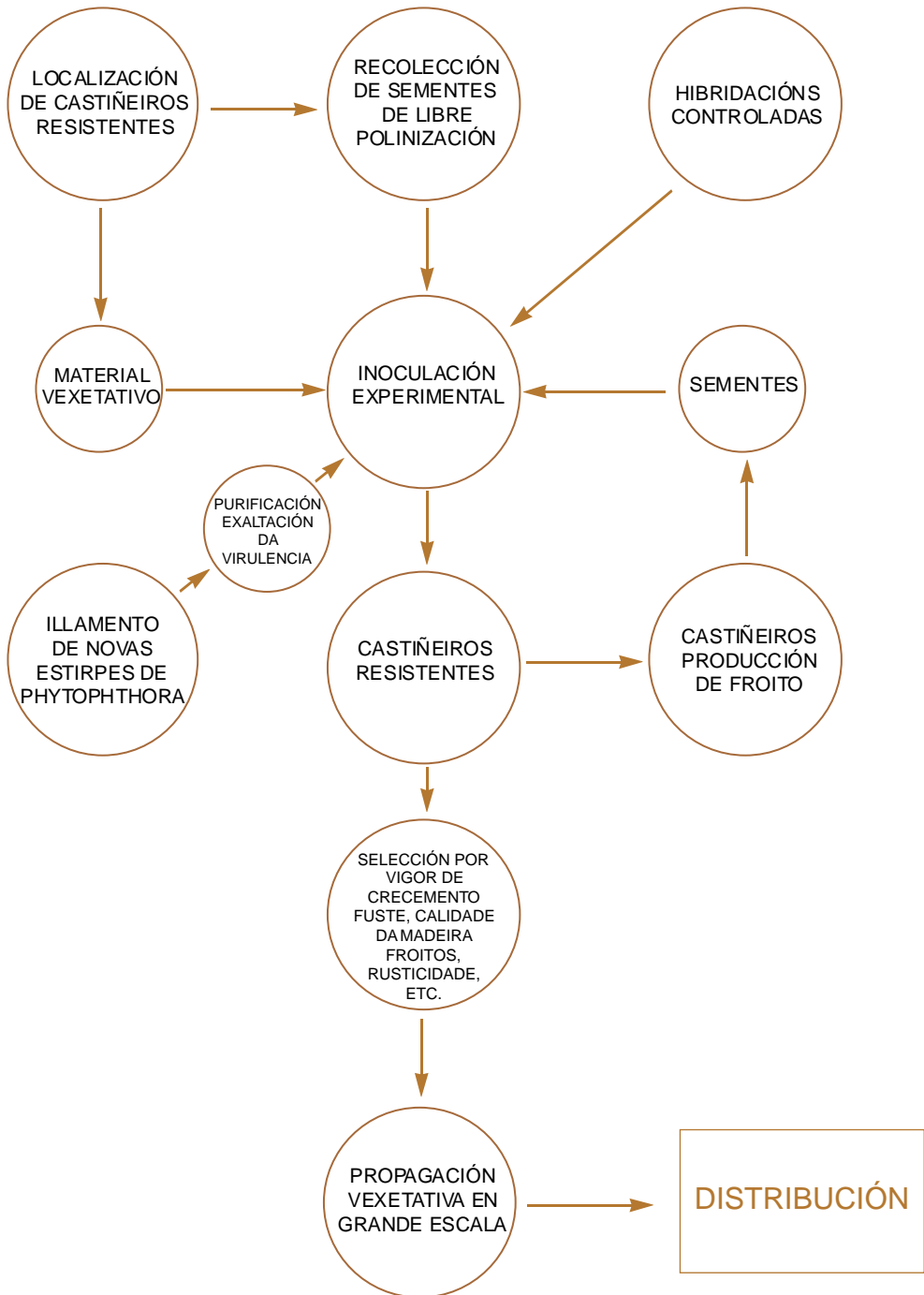
A Misión Biolóxica de Galicia responsabilizouse dos traballos de selección das cepas de *Phytophthora*, exaltación da súa virulencia, localización de castiñeiros con resistencia natural ou adquirida, hibridacións e selección de castiñeiros resistentes por inoculación artificial da enfermidade e métodos de propagación vexetativa. En Santiago faríase o estudo fisiolóxico e molecular do enraizamento, illamento e identificación de inhibidores de enraizamento e a posta a punto da biotecnoloxía do cultivo *in vitro* do castiñeiro, amais doutras especies forestais.

O Centro Forestal de Lourizán recibiu os castiñeiros seleccionados naquel plan como resistentes en número dunhas 12.000 plantas nais, resultado da inoculación experimental duns 263.000 castiñeiros realizadas na Misión Biolóxica de Galicia. Foi a maior colección do mundo de castiñeiros resistentes á tinta segundo a FAO (Gravatt). En Lourizán fíxose a multiplicación en grande escala dos castiñeiros resistentes para a súa distribución ó público e á administración, o estudo do comportamento ecolóxico e a selección de clons para a produción de madeira e froito; despois serían coñecidos como “os castiñeiros híbridos de Lourizán”.

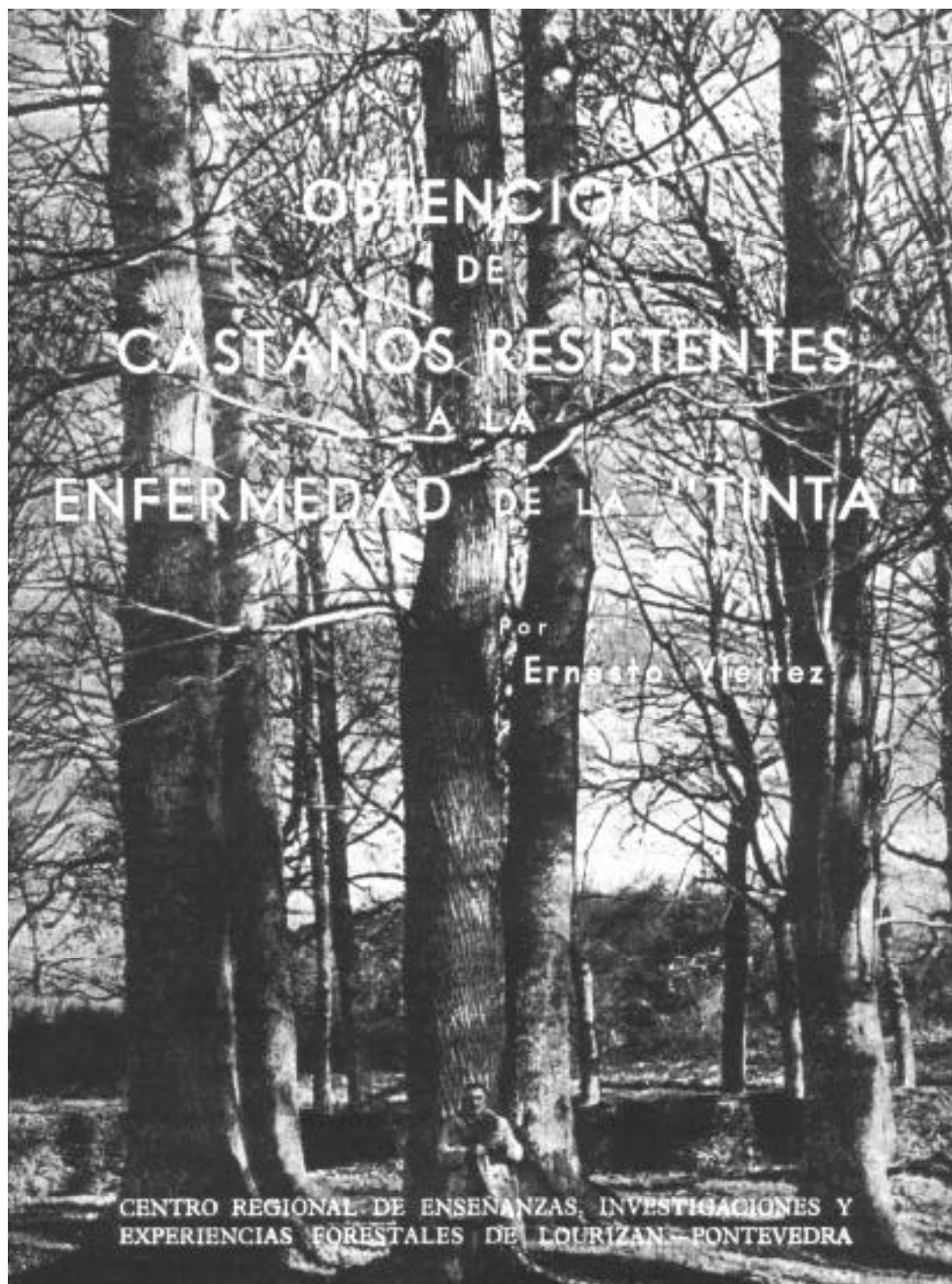
Hai que salientar que neste proxecto non se realizou selección de resistencia ó cancro do castiñeiro, por estar prohibida polo Ministerio de Agricultura. Non se permitía a manipulación do fungo produtor desta enfermidade, *Cryphonectria parasítica*. Co gallo dunha reunión en Italia da “Comisión Internacional do Castiñeiro”, da FAO, á cal pertencía o autor máis veterano deste libro, foi avisado para que non trouxese este material, baixo pena de ter serios problemas na alfándega española. Con aquelas medidas pretendíase evita-la expansión do cancro do castiñeiro por España. Isto non se conseguiu pero si, en cambio, nos privou de facermos unha selección de castiñeiros resistentes a esta enfermidade.

O *Plan de mejora y regeneración del castaño* desenvolveuse de acordo cun organigrama elaborado por Ernesto Viéitez.

A resistencia á enfermidade da tinta que presentan os híbridos obtidos cruzando o castiñeiro do país cos asiáticos está gobernada por 2-3 xenes recesivos ou parcialmente recesivos, existindo toda unha serie de reaccións intermediarias entre a resistencia total e a susceptibilidade total á mesma. Na descendencia dos castiñeiros resistentes, obtida por fecundación entre eles, aparecen tipos susceptibles á enfermidade, o que fai pensar que a sensibilidade da tinta é un carácter plurifactorial e que existen, ó lado dos factores de resistencia recesivos, factores de resistencia dominantes (Schad et al., 1952).



Organigrama inicial do “Plan de mellora e rexeneración do castiñeiro”
(E. Viéitez C.)



Castiñeiros do souto de Catasós (Lalín) serviron de fondo nesta publicación (E. Viéitez C.)

PROBAS DE RESISTENCIA Á ENFERMIDADE DA TINTA

Para comproba-la resistencia á enfermidade da tinta séguense dous procedementos: contaminación natural e inoculación artificial.

Contaminación natural.- Consiste en planta-los castiñeiros obxecto de proba nun terreo infectado de *Phytophthora cinnamomi* e observar durante un certo tempo se son atacados ou non polo axente patóxeno. Con este método sinxelo conséguese a eliminación de moitos castiñeiros susceptibles á tinta. Sen embargo, a selección así obtida non é tan completa como a realizada mediante a inoculación artificial. Ten aquel método varios inconvenientes: en primeiro lugar, o tempo necesario para realiza-la proba con garantías é difícil de fixar, porque aínda estando *Phytophthora* no solo pode ocorrer que as condicións non sexan adecuadas para penetrar nas raíces dos castiñeiros. No mellor dos casos, será necesario deixar transcorrer bastante tempo para observar se se producen ou non as lesións características da tinta. En caso negativo, cualificaríanse como resistentes estes castiñeiros, pero non haberá unha garantía sólida que permita afirmar que a supervivencia ou a falta de lesións no sistema radical é debida a que o castiñeiro rexeitou o ataque dos fungos produtores da tinta.

Inoculación artificial.- Consiste en inocular artificialmente na primavera os castiñeiros con cultivos de *Phytophthora cinnamomi*. Este método ofrece máis garantías có procedemento anterior, xa que hai seguridade de que o axente patóxeno se pon en contacto co hóspede e as condicións técnicas son altamente favorables para que prospere optimamente aquel. Este procedemento consistiu en inocular no tecido cambial do colo das raíces unha mestura de 19 estirpes de *Phytophthora cinnamomi* cunha virulencia que foi previamente exaltada.

Os resultados comprobáronse no mes de decembro, desenterrando

Para o illamento das cepas do fungo *Phytophthora cinnamomi*, utilizados para face-las probas de resistencia, utilizáronse mazás, nas que se introduciu o material problema. As mazás incubáronse a 35 °C (E. Viéitez C.)





Os cultivos das 19 estirpes de *Phytophthora cinnamomi* foron homoxeneizados para poder ser inoculados os castiñeiros e proba-lo grao de resistencia (E. Viéitez C.)

os castiñeiros e observando a lesión da inoculación. Os castiñeiros resistentes non presentan síntomas de expansión polo cambium da enfermidade, podendo presentar ou non calo de cicatrización, segundo o tipo de castiñeiro. As plantas que presentaban pequenas áreas infectadas polo fungo foron consideradas semirresistentes e eliminadas. As plantas resistentes foron reinoculadas dous anos máis, antes de clasificalas como resistentes e pasar a ser propagadas a grande escala para a súa clonación.

Inoculación de variedades de *C. sativa* procedentes de fecundación libre.- Estudiouse o grao de resistencia á enfermidade da tinta dalgunhas variedades galegas que gozan de fama como castiñeiros de froito. Todos eles foron inoculados coa mestura das dezanove cepas de *Phytophthora*. A maioría das variedades de froito de castiñeiros que foron obxecto de estudo son moi susceptibles á inoculación de *Phytophthoras* e en moitos casos morreron ou foron seriamente atacados tódolos castiñeiros probados.



Os castiñeiros obtidos por hibridación controladas foron plantados en testos para a súa inoculación con estirpes de *Phytophthora cinnamomi* (E. Viéitez C.)

En termos xerais non parece posible adscribir-lles unha resistencia significativa ás variedades de castiñeiros galegos. Sen embargo, paga a pena destaca-la resistencia do 9,20% e o 4,90% que presenta a variedade “peladas” (alusión ó reducido número de espiñas dos seus ourizos), non polo valor en si, que é baixo, senón porque os labregos a consideran máis resistente á tinta ca outras variedades. Noutro caso tamén destaca o valor de resistencia (8,20%), a denominada “mansa”, que, pola súa procedencia, puidera ser atribuído ás descendentes de híbridos naturais de *C. crenata* e *C. sativa*. Fenómeno similar pódenos explicalo 7,9% de resistencia atopado nunha variedade non identificada procedente da área de Tui (Pontevedra), onde medran abundantes os castiñeiros xaponeses. En xeral, a case total falta de resistencia ás *Phytophthoras* inoculadas é a característica máis destacada das variedades de castiñeiro ensaiadas.

Inoculación de plantas F₂ obtidas por polinización libre da F₁ de híbridos *C. crenata* x *C. sativa*.- Estudiouse a resistencia de castiñeiros obtidos por libre fecundación procedentes de tres castiñeiros híbridos F₁, obtidos artificialmente por Cruz Gallástegui, nos anos 1921 e 1922, durante a estadía da Misión Biolóxica de Galicia en Santiago, utilizando pole de *Castanea sativa* existentes na horta do convento dos PP. franciscanos. O pole de *C. crenata* tróuxoo dos castiñeiros xaponeses existentes no Viveiro Forestal de Areas, nas proximidades de Tui. Eran plantas duns trinta anos. A porcentaxe de resistencia foi similar na descendencia de dous dos híbridos, 23,3 e 22,0% respectivamente, e máis baixa, 12,9%, no terceiro. Pero en ningún caso se chegou a porcentaxes de resistencia tan altas coma as obtidas nos compoñentes da F₃ como veremos a continuación.

Denominación	Procedencia	Nº. de castiñeiros inoculados	% de castiñeiros resistentes
Pousada	Balboa-A Estrada-Pontevedra	813	23,3
F B1	Balboa-A Estrada-Pontevedra	368	22,0
F B2	Balboa-A Estrada-Pontevedra	410	12,9

Inoculación de plantas F₃ obtidas por libre polinización de híbridos *C. crenata* x *C. sativa*.- Obtivéronse porcentaxes de resistencia moi variables, oscilando entre o 5,9 e o 71% no híbrido número 4, que presenta características marcadas de castiñeiro xaponés. Nun bo exemplar, o híbrido número 13, con gran crecemento, alta produción e boa calidade de froitos, a resistencia non pasou do 19,6% nunha poboación de 9.127 plantas inoculadas. A descendencia do citado castiñeiro produce bos tipos de árbores, tanto para a produción de madeira coma de froito.

Denominación	Localización	Nº. de castiñeiros inoculados	% de castiñeiros resistentes
Híbrido núm. 1	M.B.G.	114	71,0
Híbrido núm. 2	"	384	9,1
Híbrido núm. 3	"	2.631	26,6
Híbrido núm. 4	"	314	5,9
Híbrido núm. 5	"	594	32,1
Híbrido núm. 6	"	310	41,0
Híbrido núm. 7	"	1.909	16,8
Híbrido núm. 8	"	5.659	15,9
Híbrido núm. 9	"	330	7,8
Híbrido núm. 10	"	915	12,5
Híbrido núm. 11	"	66	30,8
Híbrido núm. 12	"	9.127	19,6
Híbrido núm. 13	"	921	28,4
Híbrido núm. 14	"	1.503	35,9

MBG = Misión Biolóxica de Galicia

Os híbridos 1-14 son F₃

Inoculación de híbridos naturais de *C. crenata* x *C. sativa*.-

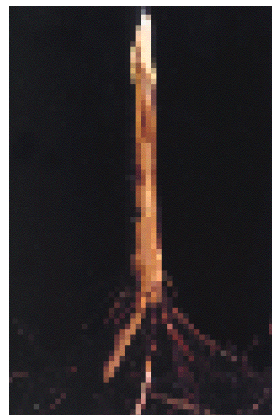
Os catro primeiros procedían da zona de Tui, Pontevedra, onde a existencia duns viveiros do Patrimonio Forestal do Estado contribuíu moito á difusión de castiñeiros xaponeses, o que explica a existencia destes híbridos. No caso do híbrido HV tratábase dun fermoso exemplar de híbrido natural, duns 25 anos, descuberto e estudado por E. Viéitez no 1954, que o denominou inicialmente H₅ e despois HV*; cun magnífico porte, producía de 150 a 200 k de boas castañas, unhas 60/k, de maduración precoz, na primeira quincena de setembro. As castañas de Vigo demandábanas moito e pagábanas a prezos moi altos. Este castiñeiro foi abatido no 1965 por mor dun proxecto de urbanización que lle afectou á leira onde medraba. Unha réplica deste castiñeiro HV está no Instituto de Investigacións Agrobiolóxicas de Galicia, CSIC, Santiago, onde se comprobou que era resistente á tinta e ó cancro. Pola contra, o denominado híbrido "Rodríguez", que acusou a maior porcentaxe de resistencia, produciu descendencia con dominancia dos caracteres do castiñeiro xaponés, o que diminuíu o interese deste híbrido. De pouca importancia foi o híbrido "Bora", de orixe mal definida e con baixa resistencia, 6,2%.

Denominación	Procedencia	Nº. de castiñeiros inoculados	% de castiñeiros resistentes
*Híbrido HV	Tui (Pontevedra)	24.772	41,3
Híbrido Rodríguez	Tui (Pontevedra)	1.693	46,3
Híbrido Bornetas I	Tui (Pontevedra)	5.534	39,6
Híbrido Bornetas II	Tui (Pontevedra)	577	15,7
Híbrido Bora	Pontevedra	2.957	6,3
Híbrido Montes	Pontevedra	139	19,3

* Antes HS



Castiñeiro resistente
despois de tres inocula-
cións anuais, non foi
atacado pola tinta. Só
ten as lesións mecánicas
das 3 inoculacións
(E. Viéitez C.)



Castiñeiro con resposta
positiva á enfermidade da
tinta. O fungo esténdese
polo talo

INOCULACIÓN DE CASTAÑAS

É outra posible forma de selección de castiñeiros resistentes á tinta, utilizada polos franceses Schad, et al., (1952). Consiste en introducir un pequeno anaco de micelio de *Phytophthora cinnamomi* na parte superior dos cotiledóns, preto do embrión.

Os franceses consideran que o método é válido para a eliminación dos tipos de castiñeiros moi susceptibles á enfermidade da tinta.

Durante o desenvolvemento do *Plan de mejora y regeneración del castaño*, utilizamos inicialmente a inoculación de castañas, ademais do método de inoculación de plantas. A inoculación fíxose coas mesmas xiringas dotadas coas agullas especiais de orificio lateral e punta maciza biselada para facilitala penetración, neste caso, nos cotiledóns. Os resultados dubidosos fixeron que non fose utilizado este método de inoculación para a selección de castiñeiros resistentes. A podremia prodúcese moi rapidamente e afecta a toda a castaña, dificultando a interpretación dos resultados.

INOCULACIÓN DO CALO

Ás veces xorde a necesidade de saber se un determinado castiñeiro, cunhas características de porte, crecemento, calidade dos seus froitos, etc. merece unha atención especial e se sería desexable sometelo a clonación. Saber se castiñeiros deste tipo son ou non resistentes é primordial; para logralo, co méto-

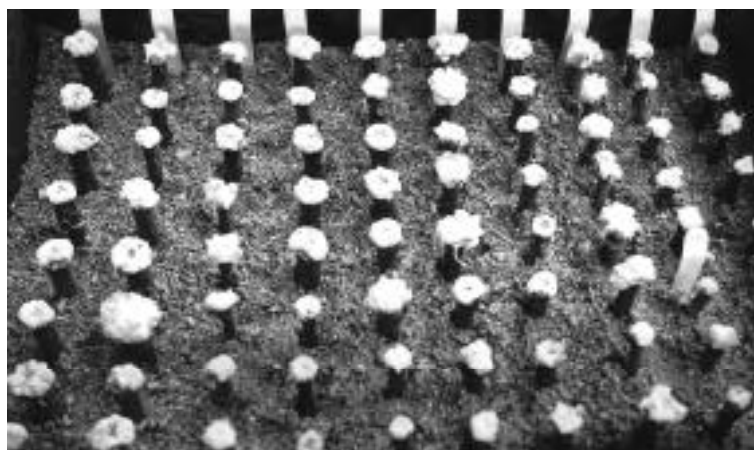
Inoculación artificial de
castañas
(E. Viéitez C.)





Calosidades formadas na vara do castiñeiro do que se desexa coñece-la súa resistencia á tinta (E. Viéitez C.)

Disposición das varas coa colosidade para ser infectados cunhas gotas de inóculo de *Phytophthora cinnamomi*. A resposta prodúcese ás 72 horas seguintes, e aparece ennegrecido o calo (E. Viéitez C.)



do de inoculación anteriormente descrito, cómpre tomarmos partes vexetativas deste castiñeiro, conseguir enraizalas e, finalmente, pasar á inoculación artificial das mesmas. Todo isto precisa 3 anos como mínimo. Para evitarmos estes inconvenientes desenvolvemos un novo método de inoculación rápida (Viéitez, 1967), baseado na obtención do

calo cambial das pólas do castiñeiro problema, que facilmente se contamina co patóxeno. A resposta prodúcese en 1-3 días.

No caso de calosidades de castiñeiros susceptibles á enfermidade da tinta, ás 24 horas pódense ver puntos de ennegrecemento do tecido abrancuxado do calo, xustamente nos puntos de contacto co fungo inoculado. Ás 48-72 horas toda a calosidade presenta cor negra pola invasión do fungo.

No caso de castiñeiros resistentes á tinta a calosidade dos mesmos non é ennegrecida por *Phytophthora*, coma no caso de susceptibilidade, e consérvase esbrancuxada. Se o castiñeiro é semirresistente o ennegrecemento é parcial.

A parte operativa deste método, máis lenta, aínda que fácil, é a preparación das calosidades cambiais; pero mesmo así é un procedemento válido para comproba-la resistencia de castiñeiros.

A obtención de calosidade cambial de castiñeiros, seguindo a tecnoloxía de cultivo *in vitro*, curiosamente invalida este método de comprobación da resistencia á enfermidade da tinta. A calosidade obtense con facilidade por cultivo *in vitro*, pero o material perde a resistencia debido a que non se coñece o factor ou os factores da mesma nin como se forman *in vitro* (Grente, 1957).

A HIPOVIRULENCIA

*¿Acabará o cancro co castiñeiro?
Os agricultores inclínanse a crer que non.
As súas raíces seguen vivas, palpitantes,
xerando vida en forma de novos brotes,
ata que apareza outro parasito
que acabe con aquela enfermidade
(Robert Frost 1930).*

Despois de algo máis de medio século de enfermidade do cancro do castiñeiro en Europa, púidose comprobar que era moito máis benigna do que foi en Norteamérica.

O distinto comportamento dos castiñeiros americano e europeo fronte á enfermidade do cancro débese a dúas causas. Unha, a que o castiñeiro europeo é máis resistente có castiñeiro americano ó fungo *Cryphonectria parasitica*, como o demostra o feito xeneralizado, en Europa, da existencia de castiñeiros que soportan a enfermidade desde hai moitos anos sen morreren. A segunda causa foi a aparición en Europa da “hipovirulencia exclusiva contaxiosa”, ou simplemente “hipovirulencia” ou “debilitamento progresivo” de *Cryphonectria parasitica*, que chega a produci-la anulación da súa capacidade patóxena ou a súa morte.

Biraghi (l.c.), que fixo o seguimento detallado da enfermidade do cancro en Italia desde a súa aparición neste país en 1938, salienta que, a diferenza do que ocorreu nos Estados Unidos, en Europa se expandiu máis lentamente e que necesitaba moito máis tempo para que o patóxeno producise a morte dos castiñeiros. No 1950, doce anos despois da aparición da enfermidade do cancro en Italia, Biraghi observou na área de Xénova, onde fora descuberta por primeira vez en Europa por este fitopatólogo, un feito de grande relevancia. Atopou castiñeiros que tiñan simultaneamente lesións cos típicos cancros virulentos e outros que formaran calos de cicatrización, e que as pólas do castiñeiro circundadas por estes cancros conservaban a súa capacidade de crecemento vexetativo aparentemente normal.

Para Biraghi a aparición de cancros cicatrizados era debido á perda de patoxeneidade de *Cryphonectria parasitica*. Hipótese que foi confirmada polo francés Grente no 1965 ó identificar, nuns castiñeiros da provincia italiana de Como, unha estirpe deste fungo co micelio

branco que era inocua. Posteriormente, no 1972, Bonifacio e Turchetti illaron estirpes similares en castiñeiros enfermos no centro de Italia.

Grente illou o fungo de cancros cicatrizados ou curados e puido comprobar que o seu micelio non tiña o pigmento laranxa nin a maior parte dos picnidios, ou fructificacións asexuadas, que son características dos cancros en expansión. As cepas illadas por Grente eran capaces de induci-la formación de lesións ó seren inoculadas en castiñeiros europeos. O cancro formado medraba tan lentamente que a árbore acabábao illando, chamándolles a estas cepas “hipovirulentas” para as diferenciar das normais virulentas. Presentaban a particularidade de que eran transmisibles duns fungos a outros.

Grente e os seus colaboradores puideron comprobar que cando se sementaban contiguos, en medios de cultivo en caixas de Petri, estirpes virulentas e hipovirulentas, os outeiros que se formaban presentaban o aspecto das primeiras. Sen embargo, ó cabo de varios días de crecemento o outeiro virulento cambiaba de aspecto e facíase semellante ó do outeiro hipovirulento. Este feito serviu para que se tratasen cancros activos en castiñeiros, con fragmentos de micelio de estirpes hipovirulentas, comprobando como estas paralizaban o crecemento do cancro. Con isto acababan de senta-las bases do posible control biolóxico da enfermidade do cancro do castiñeiro.

CARACTERÍSTICAS DA HIPOVIRULENCIA

Mitterperger, no 1978, observou que as estirpes hipovirulentas presentan unha patoxeneidade reducida, que pode ser anulada pola reacción do castiñeiro hóspede, o que fai que o cancro forme unha calosidade de cicatrización e acabe curando.

A hipovirulencia ten como característica xeral presenta-los cancros cicatrizados e a casca máis ou menos avultada, sen chegar a morre-la árbore, así como ter unha produción de picnidios escasa, que cesa de contado. O micelio queda restrinxido ás capas externas da casca e con frecuencia non presenta a típica forma de abanos dos cancros virulentos.

Na natureza pódense atopar dous tipos de cancros cicatrizados curados. Un, moi superficial, cunha dispersión lonxitudinal do fungo sobre unha zona grande vertical do tronco, presentando a casca lixeiramente fendida, rugosa e de cor escura. Ten o micelio superficial, xeralmente abundante na zona de avance do cancro e escaso nas zonas máis vellas ata que, finalmente, acaba suberizándose. Na maioría dos casos, o fungo non chega a formar nin fructificacións nin xermolos epicórnicos debaixo do cancro. Parece totalmente razoable admitir que

este tipo de cancro cicatrizado é producido por estirpes hipovirulentas de *Cryphonectria parasitica*.

O segundo tipo de cancro cicatrizado presenta un comportamento inicial similar ó da estirpe virulenta, producindo a morte da casca interna e desenvolvendo un abundante micelio mesturado na acha externa. Na zona inchada de reacción fórmase unha vigorosa barreira de suberización que rodea ás partes mortas. Este tipo de cancro cicatrizado ten un comezo como se se tratase da estirpe normal do fungo patóxeno. Acaba perdendo a súa virulencia debido á infección producida por unha estirpe hipovirulenta.

En zonas de soutos onde foron descubertos os primeiros casos de cancros curados, ó cabo de cincuenta anos púidose comprobar que estes aínda prevalecían nos rebentos dos castiñeiros e que a enfermidade do cancro xa non era un problema grave; que esta se paralizaba nas primeiras fases do ataque e que o patóxeno normalmente non chegaba ás capas do cambium máis profundas. A consecuencia deste fenómeno foi comprobar como grandes castiñeiros, que non foran abatidos despois de padeceren un ataque inicial da enfermidade, presentaban os seus vellos cancros cicatrizados e formaran novas pólas na parte superior da árbore.

Para Mitterperger, as estirpes hipovirulentas poderíanse adaptar mellor ás condicións ambientais cás virulentas e con iso facilitaríase a súa dispersión natural. A súa supervivencia poderíase explicar pola súa capacidade de se adaptaren á vida saprofitica. É sabido que este fungo patóxeno pode vivir saprofiticamente tanto sobre castiñeiros coma noutras especies arbóreas.

A galacturonasa é necesaria para a expresión da virulencia de *Cryphonectria parasitica*. Nas cepas hipovirulentas, contendo ds-RNA, a actividade desta encima é menor cá presentada polas virulentas. A redución da súa actividade está correlacionada co grao de virulencia de cada estirpe do patóxeno (Gao e Shain, 1992).

As estirpes virulentas de *Cryphonectria parasitica* en cultivo producen maior cantidade de ácido oxálico cás estirpes hipovirulentas. Nas lesións do cancro en *Castanea sativa* hai relación inversa entre o tamaño das mesmas e a actividade da polifenoloxidasa (PPO). Tampouco se atoparon diferencias na acumulación de ácido oxálico na casca de castiñeiros atacados tanto por estirpes virulentas coma hipovirulentas daquel fungo, nin inhibición da PPO da casca de castiñeiros ante diferentes concentracións de ácido oxálico (Vannini et al., 1994). Os seus resultados contrastan cos que lle atribúen ó ácido oxálico un papel activo nas relacións hóspede-patóxeno, pola súa capacidade de quelación de catións divalentes e de inhibición da polifenoloxidasa (Sató, 1987), á

que lle atribúen a oxidación de fenóis, producindo quinonas tóxicas para os microorganismos invasores.

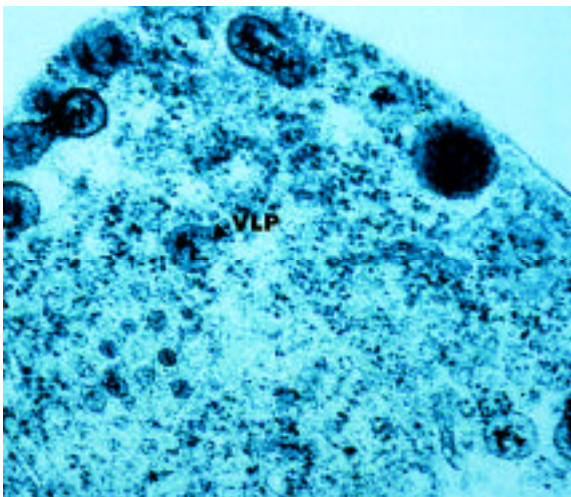
A hipovirulencia de *Cryphonectria parasitica* é o resultado da infección deste fungo por un dos numerosos virus, pertencentes polo menos a tres familias distintas. Desde o punto de vista biolóxico e molecular a mellor coñecida é a denominada *Hypoviridae* por Fullbright, Nuss e Van Alfen. Estes virus ou similares posúen un ds-RNA de 9 Kbp, que leva toda a información necesaria para a multiplicación e a transmisión da hipovirulencia (Bradley et al., 1994).

COMO SE TRASMITE A HIPOVIRULENCIA

Unha das características da hipovirulencia é a de ser transmisible, o que se produce por anastomose das hifas das cepas hipovirulentas coas virulentas.

Van Alfen e os seus colaboradores descubriron, no 1975, que durante a anastomose das hifas o material do núcleo non pasa da estirpe hipovirulenta á virulenta, o que lles fixo pensar que o factor responsable da hipovirulencia se localizaba no citoplasma. Atoparon ácido ribonucleico bicatenario, ds-RNA, en dúas cepas de *Cryphonectria parasitica* hipovirulentas de procedencia europea, aínda que non o atoparon nas americanas. Dous anos máis tarde, despois de confirmalo anterior achado, detectaron o ds-RNA tamén en estirpes americanas hipovirulentas e comprobaron que algunhas destas posuían ata 10 segmentos de diferente lonxitude.

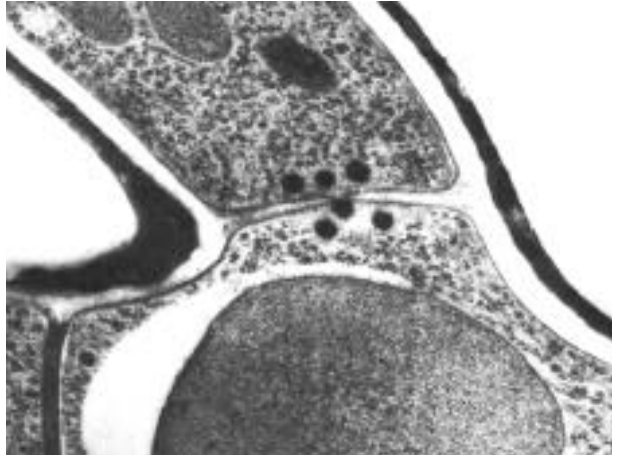
Hifa de *Cryphonectria parasitica* hipovirulenta con partículas VLP (ds-RNA viral)



Sospeitouse que o ds-RNA estaba relacionado co fenómeno da hipovirulencia porque a transmisión da mesma dunhas estirpes a outras ía sempre acompañada do ds-RNA e que a súa eliminación facía que as liñas hipovirulentas se converteran en virulentas.

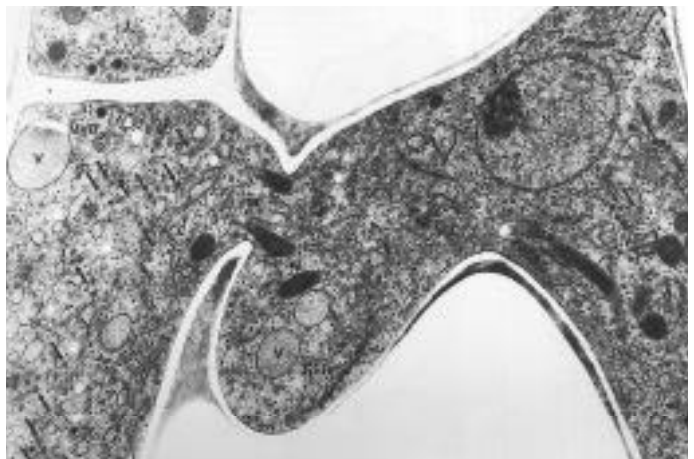
Dodds, por primeira vez, logrou demostrar no 1978, nunha cepa hipovirulenta europea, a presenza dunha partícula con aspecto de virus (VLP) que contiña ds-RNA. Comprobou que tódalas estirpes virulentas e fisioloxicamente normais non tiñan ds-RNA, pero si que estaba presente nas que tiñan anomalías fisiolóxicas e mais nas hipovirulentas. Nas estirpes de *Cryphonectria parasitica* hipovirulentas comprobou que tiñan unha, dúas ou tres clases de ds-RNA, con pesos que oscilaban entre $3,0$ e $3,4 \times 10^6$.

Newhouse (1990) considerou as partículas VLP como produtos finais, orixinados cando se pecha un ácido nucleico estraño en estruturas feitas con precursores da parede celular. Estas partículas poderían finalmente emigrar á membrana celular, fusionarse con ela depositando o seu contido na parede celular. Aquel autor suxeriu que a maior parte do ds-RNA das cepas hipovirulentas non chegaba a quedar atrapado nas partículas VLP, senón que flotaba libremente no plasma, igual que o fan os viroides. Sospeito que o ds-RNA podía representa-lo xenoma do virus deficiente que perdeu a facultade de xera-la cuberta ou cápsula proteínica. O ds-RNA asociado á hipovirulencia é único entre os axentes biolóxicos que infectan fungos.



Orixe dunha ponte de anastomose entre hifas vexetativamente compatibles (V-C) de *Cryphonectria vegetativa*. Seis corpos de Woronin (WB) co ds-RNA aparecen próximos ó poro de comunicación entre ambas (Cortesía de J.R. Newhouse e W.L. McDonald. Can. J. Bot., 1991).

Ó se realiza-la anastomose entre as hifas das estirpes virulenta e hipovirulenta establécese a continuidade citoplasmática entre ámbalas dúas. Ás catro horas de iniciada a anastomose das hifas atoparon partículas de VLP na ponte de unión e nas células da estirpe virulenta. A anastomose prodúcese tamén entre as hifas de liñas incompatibles, pero o seu citoplasma dexenera despois da fusión impedindo a transmisión do ds-RNA, e con iso o carácter de hipovirulencia dunhas cepas a outras.



Hubert et al. (1992) destacan que a fusión das hifas das estirpes virulentas e hipovirulentas de *Cryphonectria parasitica* está controlada por 7 loci, v-c, reguladores da compatibilidade vexetativa. A compatibilidade nas fusiões das hifas ten lugar cando as dúas estirpes teñen idénticos alelos en cada v-c; resultando a incompatibilidade cando calquera deste loci correspondentes ten alelos diferentes. A transmisión do ds-RNA é potenciada entre xenotipos que teñan os mesmos v-c,

Ponte de anastomose establecida entre dúas estirpes de *Cryphonectria parasitica* con compatibilidade vexetativa (V-C). As partículas VLP, de ds-RNA produtor da hipovirulencia aparecen sinaladas con frechas (Cortesía de J.R. Newhouse e W.L. McDonald. Can. J. Bot., 1991)



Esquema da ponte de anastomose entre hifas dunha liña virulenta e outra hipovirulenta de *Cryphonectria parasitica*, para o paso do ds-RNA viral

contingente; o que vén a demostrar que a hipovirulencia xurdiu dun modo independente en Europa primeiro e despois en Norteamérica; isto supón a existencia de dous grupos distintos de ds-RNA.

Sábese que pode haber moitos tipos non emparentados de ds-RNA nas estirpes de *Cryphonectria parasitica*, polo menos isto é o que sucedeu coas cepas hipovirulentas en Norteamérica; pero non se pode xeneralizar este feito porque os traballos de hibridación salientaron a existencia de segmentos múltiples de ds-RNA que están emparentados entre si; o que permitiu pensar que o ds-RNA puidera ser xeneticamente menos complexo do que se creu, facilitando a identificación dos xenes que gobernan o fenómeno da hipovirulencia. Sen embargo, é necesario saber como o ds-RNA lle afecta á célula. Neste sentido, no Instituto Roche estúdiouse o problema por secuenciación dunha cadea de ds-RNA dunha cepa hipovirulenta europea. Mediante a tradución *in vitro* dunha parte da cadea produciron unha proteína cun peso molecular de 29 quilodalton, sendo o primeiro produto sintetizado a partir do ds-RNA asociado á hipovirulencia.

Nunha cepa hipovirulenta de orixe francesa atoparon tres compoñentes de ds-RNA, asociados a un pleiomorfismo pouco frecuente nas partículas VLP, cun coeficiente de sedimentación entre 115 e 190 S e unha densidade de 1,28 en cloruro de cesio. Este tipo de partículas non poden ser purificadas utilizando os métodos seguidos co ds-RNA americano, illado de cepas hipovirulentas de Norteamérica.

Coa utilización da encima transcriptasa inversa pódese saber como os produtos proteicos do ds-RNA inducen a hipovirulencia en *Cryphonectria parasitica*. Con ela lógrase obter unha copia de DNA dos xenes do ds-RNA que especifican a produción de proteínas individuais. Despois insírese este DNA en cepas virulentas, mediante o proceso de transformación, intentando así coñecer o efecto que cada proteína exerce sobre o fungo e se o mecanismo responsable da hipovirulencia se

mentres que se reduce se son diferentes. A conversión de cancro virulento en hipovirulento pode estar influenciada pola compatibilidade vexetativa (v-c) das estirpes e pola duración do período de exposición ó inóculo hipovirulento (Double et al., 1992).

Usando a técnica de hibridación, nun intento de unir ds-RNA dunha cepa hipovirulenta, marcando radiactivamente con ds-RNA doutras cepas hipovirulentas, comprobouse que a hibridación se produce unicamente cando a sonda e o seu branco proceden de liñas orixinais do mesmo

opera necesariamente a través do debilitamento da capacidade reproductora do patóxeno.

Quedaban por descifra-los determinantes xenéticos da incompatibilidade vexetativa, de tal xeito que a hipovirulencia poida transmitirse a tódalas liñas de *Cryphonectria parasitica*. A aparición das chamadas liñas multiconvertedoras, con capacidade para lles pasa-la hipovirulencia a membros de diversos grupos vexetativamente incompatibles, abre novas posibilidades dentro do fenómeno da hipovirulencia.

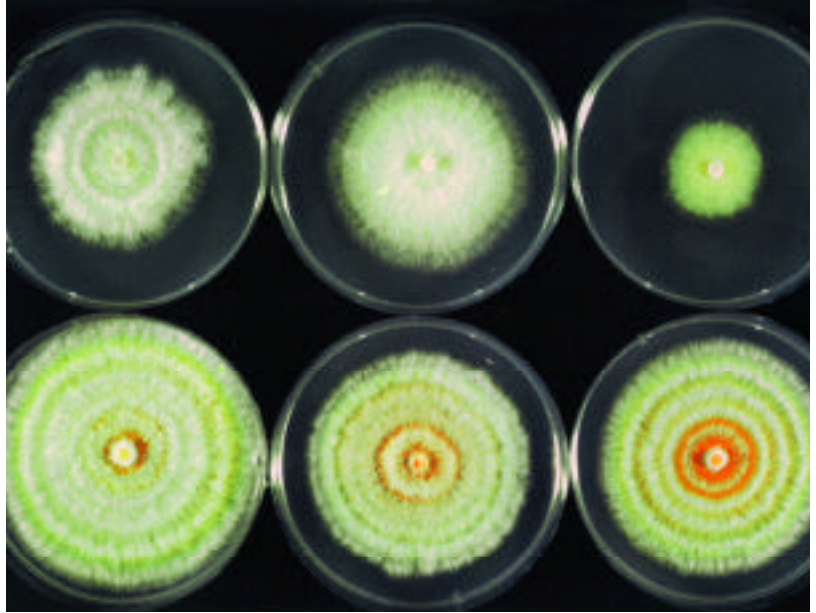
A dispersión natural da hipovirulencia nas diferentes rexións italianas aumentou sensiblemente nos últimos anos (Turchetti, 1992) coa presenza de cancos cicatrizados. Destaca este autor os bos resultados que obtivo en inoculacións artificiais ó combinar catro estirpes hipovirulentas que presentaban boa esporulación, que foron capaces de converter illados virulentos de *Cryphonectria parasitica*, pertencentes a dez grupos vexetativamente compatibles, en formas hipovirulentas.

Nos Estados Unidos o descubrimento da hipovirulencia en Europa foi seguido con moito interese, creando novas expectativas nos seus programas para a recuperación do castiñeiro americano. John Puhalla foi o primeiro en importar nos Estados Unidos cultivos hipovirulentos de *Cryphonectria*, procedentes de Europa (Jaynes, 1994). No 1972 o Grupo de Connecticut, traballando con cepas hipovirulentas de orixe europea, lograba os seus primeiros éxitos nesta liña de investigación. Consequiron impedi-lo crecemento de cancos desenvolvidos sobre *Castanea dentata* cultivados en invernadoiros. Despois lograron resultados similares traballando sobre castiñeiros medrados ó aire libre. A inoculación das cepas hipovirulentas europeas paralizara o crecemento de *Cryphonectria parasitica*, converténdoa en inocua por perda da súa virulencia. A maioría destes fungos patóxenos volvéranse hipovirulentos. Sen embargo, había certos casos en que as liñas hipovirulentas non transmitían esta propiedade, debido a que un factor descoñecido impedía o paso do ds-RNA ás cepas virulentas. Este fenómeno chamouse "incompatibilidade vexetativa". Anagnostakis identificou os xenes causantes do mesmo en *Cryphonectria parasitica*. Tamén puido comprobar que canto maior era a variación xenética entre dúas cepas menos posibilidades hai de que se produza a anastomose das súas hifas.

O achado de Anagnostakis utilízase para poder establece-las probas de compatibilidade para clasifica-los fungos virulentos dentro de grupos de compatibles vexetativamente, que permita a aplicación práctica ós cancos, a cepa hipovirulenta capaz de establece-las anastomoses que lles transmitan a hipovirulencia ás cepas patóxenas.

Non se coñecen os mecanismos mediante os cales o fungo *Cryphonectria parasitica* causa a destrución dos tecidos dos castiñeiros

Estadios de desenvolvemento dunha cepa europea de *Cryphonectria parasitica* (Cortesía de Sandra Anagnostakis)



afectados polo cancro que produce. Jaynes (1972) fai mención das toxinas diaportina e eskina producidas por aquel fungo como implicadas na enfermidade que produce; pero non se demostrou que sexan esenciais para o seu desenvolvemento. Ningunha outra toxina foi illada dos tecidos afectados por esta enfermidade.

BASE MOLECULAR DA HIPOVIRULENCIA

A hipovirulencia de *Cryphonectria parasitica* aparece asociada a certas características morfolóxicas, que afectan á forma e á estrutura do cancro ou á pigmentación do seu micelio, que, nas formas hipovirulentas, é esbrancuxado nas estirpes europeas, dando lugar ó que se coñece como micelios de “morfoloxía branca”, para os diferenciar dos pigmentación alaranxada ou amarelada, propia das formas virulentas.

Sen embargo, no caso das estirpes americanas hipovirulentas o normal é que o micelio non sexa branco. Nas estirpes do tipo JR, Gary Griffin e os seus colaboradores (1982) demostraron, por primeira vez, a existencia de formas brancas das mesmas, sementando en medios de cultivo os seus conidios; e que neste caso a coloración dependía das circunstancias. A estirpe JR, ó estar illada dun castiñeiro afectado pola enfermidade do cancro, era de cor laranxa-amarelada pálida pero unha vez illada e conservada no laboratorio volvíase branca. Griffin et al. (1982) destacan que este fenómeno só o atoparon nun castiñeiro de Virxinia e que a inestabilidade ou latencia da hipovirulencia pode te-la súa importancia nos estudos con estirpes brancas de *Cryphonectria parasitica*.

Para Anagnostakis (1984) a pigmentación que presenta a estirpe hipovirulenta JR está controlada por un único xene nuclear; que estas estirpes son o resultado da integración de material xénico do citoplasma no xenoma nuclear ou que o ds-RNA ou outros axentes citoplasmáticos, nas estirpes hipovirulentas, poden inducir inestabilidade no locus que determina o tipo JR.

Como é sabido, estirpes virulentas con morfoloxía normal poden ser convertidas por cultivo en estirpes con morfoloxía anormal; pasar de virulentas a hipovirulentas, por transferencia do ds-RNA dunhas hifas a outras a través das pontes de anastomose establecidas entre as colonias das dúas estirpes.

Este ds-RNA, responsable da hipovirulencia de *Cryphonectria parasitica*, considerado como un micovirus, está rodeado dunha membrana lipídica. Estas partículas víricas poden chegar ata 300 μm de longo, cunha cabeza esférica de 50-90 μm de diámetro, aparecendo asociados co retículo endoplasmático rugoso.

O ds-RNA, responsable da hipovirulencia de *Cryphonectria parasitica*, foi atopado en estirpes virulentas doutros fungos (Hollings, 1982), e micoviroses (ds-RNA) en fungos patóxenos de 40 plantas (Griffin et al., 1986). Isto foi o que fixo que algúns autores considerasen inconsistente a correlación entre a presenza de ds-RNA e a hipovirulencia; feito que Griffin et al. (1983) lle atribuíron a unha posible baixa concentración ou latencia do ds-RNA, máis ca a unha ineficacia no mecanismo da hipovirulencia. A proba máis concluínte fixoa Fulbright no 1984 ó demostrar que a eliminación do ds-RNA dunha estirpe hipovirulenta de *Cryphonectria parasitica*, mediante a utilización de cicloheximida, foi acompañada dun sorprendente incremento da virulencia do fungo.

O coñecemento molecular da hipovirulencia causada por dsRNA viral experimentou un grande avance nos últimos anos. Segundo o tamaño dos seus fragmentos pódense agrupar como L-dsRNA, M-dsRNA e S-dsRNA. Igualmente, foi posible identifica-las proteínas codificadas de clons de c-DNA a partir de L-dsRNA, amosando unha grande homoloxía na secuencia dos aminoácidos co grupo dos potivirus das plantas.

O descenso da regulación das proteínas lacasa e criparina aparece igualmente asociado coa hipovirulencia, que se considera debida a unha alteración da expresión dalgún xene do fungo máis ca a un debilitamento do mesmo.

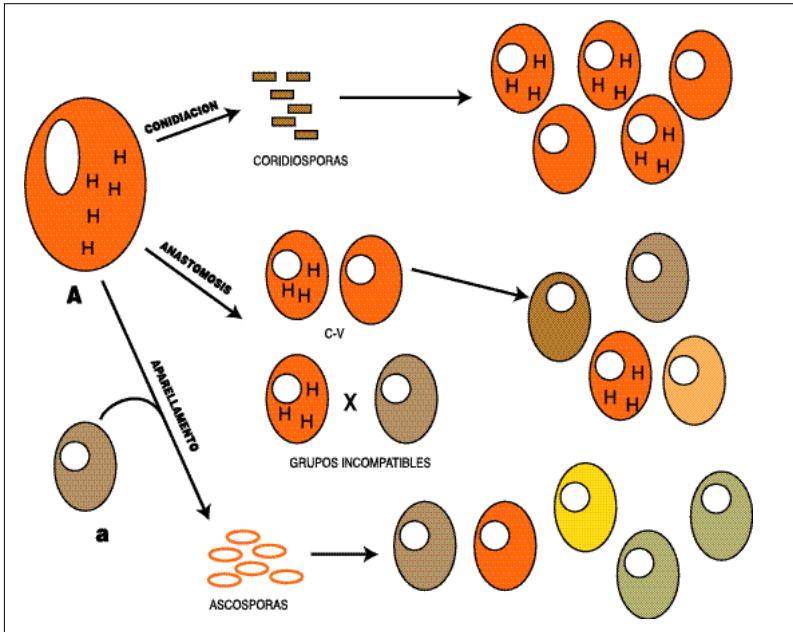
O control biolóxico do cancro do castiñeiro adquire unha nova dimensión ante a posibilidade de utilizar un vector plásmido que conteña a copia completa de c-DNA, de L-dsRNA, para a transmisión estable da hipovirulencia polas esporas sexuadas ou asexuadas.

As aplicacións da análise molecular ó estudio da hipovirulencia asociada ó dsRNA vírico permitiron obter unha considerable información sobre a organización xenética, a expresión estratéxica e a posible orixe destes elementos xenéticos (Nuss, 1994). Conduciron primeiro á identificación dos virus capaces de conferiren os trazos específicos asociados á hipovirulencia e despois á construción dun clon infeccioso de c-DNA, ds-RNA vírico asociado á hipovirulencia de *Cryphonectria parasitica* (Choi e Nuss, 1992). Foi a culminación dunha estratexia encarreirada ó esclarecemento da base molecular da hipovirulencia transmisíble.

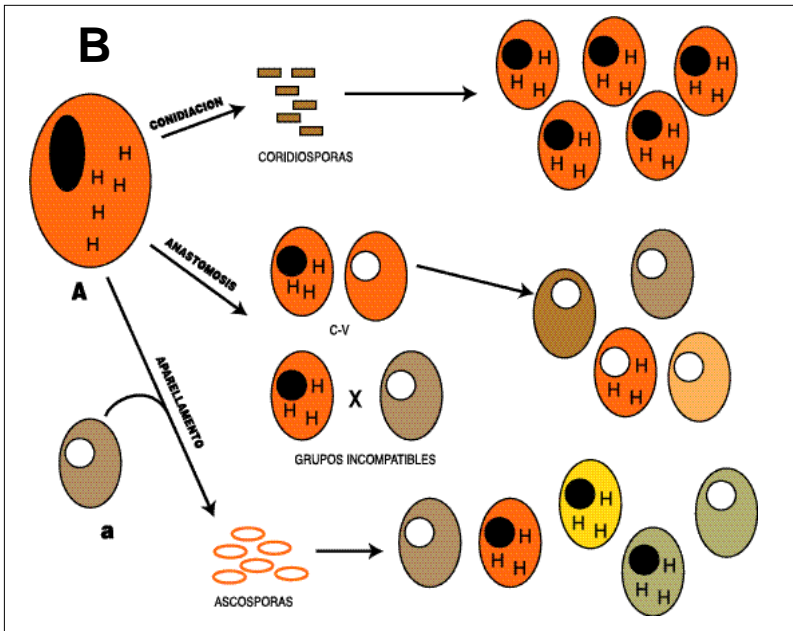
Estes dous autores proxectaron as súas investigacións en tres aspectos: 1) Análise directa do dsRNA asociado á hipovirulencia para poder identifica-las propiedades estruturais destes elementos e a súa posible utilización como marcadores; 2) Compoñentes que interveñen na clonación, secuencias da análise e expresión *in vitro* da organización xenética e o esquema xeral da expresión da hipovirulencia asociada ó ds-RNA viral; 3) Introducción de copias de c-DNA de fragmentos do ds-RNA vírico en estirpes virulentas de *Cryphonectria parasitica* por transformación mediada por DNA. O obxectivo final desta última era a identificación da información xenética responsable da hipovirulencia e os trazos asociados á mesma, tales como a redución da esporulación, e, en consecuencia, obter probas directas de que o dsRNA vírico é responsable das alteracións do fenotipo fúnxico.

Na hipovirulencia vírica a información xenética prodúcese preferentemente en forma de RNA máis ca de DNA, o que presupón unha máis fácil manipulación xenética. Os elementos xenéticos víricos non se comportan dun modo infeccioso no sentido clásico e non se reintroducen nas estirpes do fungo, de tal forma que permita replicalas.

Potencialmente tamén se pode transmiti-la hipovirulencia dun modo asexual mediante conidios, aínda que a capacidade para unha elevada conidiación non é frecuente en moitas das estirpes hipovirulentas; de tal forma que o ds-RNA vírico pode ser transmitido polos conidios, pero cunha frecuencia variable. Sexualmente tamén existe a posibilidade de transmitila a través das ascosporas resultantes da conxugación sexuada. A posibilidade de que isto suceda en *Cryphonectria parasitica* está controlada por un simple tipo de loci que implica dous alelos designados (A) e (a). Isto permite que estirpes representando diferentes grupos de compatibilidade vexetativa se poidan cruzar, con tal de que sexan de distinto tipo. A descendencia pode ser de grupos de compatibilidade vexetativa diferentes ás estirpes parentais, debido ó reagrupamento de alelos. Sen embargo, os datos obtidos ata o presente indican que a hipovirulencia asociada ó ds-RNA non se transmite a través das ascosporas a niveis facilmente detectables. A consecuencia inmediata



A. Transmisión natural da hipovirulencia (H) asociada ó ds-RNA viral (Nuss, 1994)



B. Transmisión da hipovirulencia (H) por enxeñería xenética (Nuss, 1994)

A compatibilidade de cruzamento en *Cryphonectria parasitica* está controlada por un simple tipo de locus que implica dous alelos (A) e (B). Aínda que normalmente as posibilidades de conidiación nas cepas hipovirulentas son reducidas, o ds-RNA viral transmítese polos conidios.

A diferenza fundamental entre os procesos A e B é que, coa enxeñería xenética, a hipovirulencia aparece na maioría das ascoporas, o que non sucede no proceso A.

deste modo de se transmitir é que a introducción dunha estirpe natural hipovirulenta de *Cryphonectria parasitica* no ecosistema dun bosque dá lugar á conversión eficaz soamente das estirpes virulentas dos grupos de compatibilidade vexetativa estreitamente relacionados entre si. No caso de que estes representen unha parte significativa da poboación, pode dar lugar a un control eficaz da enfermidade (Han e Kranz; 1986; Anagnostakis, 1987).

A incompatibilidade vexetativa en *Cryphonectria parasitica* está determinada por un sistema heteroxénico de alelos, cunha función que require a interacción de dous individuos con idénticos alelos en cada locus de compatibilidade vexetativa (v-c); mentres que as diferencias entre individuos en calquera locus v-c dan lugar a reaccións de incompatibilidade (Huber e Fulbright, 1994).

No caso dos Estados Unidos, onde a proporción das estirpes virulentas susceptibles de seren convertidas en hipovirulentas é pequena, o control biolóxico do cancro de castiñeiro faise moito máis difícil ca en Europa, onde sucede o contrario.

Hai tres modos potenciais de transmisión natural da hipovirulencia asociada ó dsRNA viral (H) nun cancro. A conidiación é un dos modos naturais de propagación asexual, aínda que a produción de conidios é reducida en moitas estirpes hipovirulentas; o dsRNA viral transmítese polas esporas cunha intensidade variable. A transmisión máis eficaz prodúcese por anastomose, que se restrinxe ós grupos de estirpes de compatibilidade vexetativa moi próximos entre si. O dsRNA non se transmite ás estirpes incompatibles. O cruzamento de estirpes de tipo oposto que produce ascosporas é unha terceira posibilidade de transmisión do dsRNA a través das ascosporas resultantes. A compatibilidade no cruzamento de *C. parasitica* está controlada por un simple tipo de locus con dous alelos (A) e (a). As estirpes representando diferentes grupos de compatibilidade vexetativa pódense cruzar entre si, a condición de que sexan de tipo oposto; non obstante, o dsRNA viral non se transmite a través das ascosporas resultantes do cruzamento a niveis facilmente detectables.

Nuss (l.c.) resume que a hipovirulencia natural, asociada ó dsRNA viral é transmitida eficazmente por anastomose; con frecuencia variable por conidios e dun modo irregular, ou non se produce, por ascosporas.

Case tódalas esporas producidas asexualmente polos conidios levan a información xenética do L-dsRNA en forma de cDNA integrado, a partir do cal se reconstrúe L-dsRNA (H).

A dispersión, do cDNA integrado de formas de L-dsRNA, ten potencial para a transmisión da hipovirulencia a través de ascosporas.

Debido ó reagrupamento de alelos, a descendencia do cruzamento sexual pode diferir nos distintos grupos de compatibilidade vexetativa (v-c) das estirpes parentais. A introducción de copias de L-dsRNA cDNA na descendencia de grupos de diferente compatibilidade vexetativa, consecuencia da reconstrución de L-dsRNA, favorece a expansión da diseminación vexetativa da hipovirulencia (Nuss, l.c.).

LOITA BIOLÓXICA CONTRA O CANCRO

Baséase no fenómeno da hipovirulencia e ten como obxecto acelerala mediante a aplicación de cepas hipovirulentas de *Cryphonectria parasitica*, capaces de transmitiren as partículas de ds-RNA viral por contaxio inducido artificialmente. Foi posta en práctica polos franceses; aplicouse en grande escala nos castiñeiros deste país.

As formas hipovirulentas provocan a regresión do cancro e producen a cicatrización espontánea do mesmo, formándose unha casca nova nos tecidos enfermos, que provoca o desprazamento dos mesmos cara á parte externa e impide a progresión do cancro na superficie. As partes enfermas quedan illadas e despois de se disecaren acaban desprendéndose co ritidoma e caendo ó chan. A cicatrización aparece sempre asociada á presenza de cepas hipovirulentas capaces de produciren lesións limitadas que acaban cicatrizando. A presenza da cepa hipovirulenta, nun cancro, induce a protección do castiñeiro contra unha cepa virulenta, impedindo o desenvolvemento da enfermidade do cancro. A cicatrización da lesión prodúcese normalmente entre os 8 e os 24 meses, despois de feita a inoculación da cepa hipovirulenta de *Cryphonectria parasitica*. As formas virulentas, ó seren inoculadas con estas últimas, perden o seu poder patóxeno e acaban sendo eliminadas polas defensas do propio castiñeiro.

Para que teña lugar a transmisión das partículas de ds-RNA viral, que destrúen a patoxeneidade das formas virulentas de *Cryphonectria parasitica*, é condición indispensable que as cepas postas en presenza sexan capaces de realiza-la anastomose das súa hifas, que permita a transferencia daquelas partículas. Sen embargo, convén salientar que non tódalas cepas hipovirulentas se anastomosan con tódalas virulentas. Atopáronse diversas razas destas cepas e comprobouse que a anastomose das hifas só se produce con determinadas cepas hipovirulentas. Antes de aplicar calquera tratamento de loita biolóxica contra o cancro do castiñeiro, baseado no fenómeno da hipovirulencia, cómpre seleccionar no laboratorio cepas adaptadas, que se anastomosan, compatibles co patóxeno a combater.

Na práctica non é necesario tratar tódolos castiñeiros dunha parcela. Xeralmente, segundo os casos, faise con 10-20 árbores por hectárea, ou unha ou dúas por cada 1000 m², distribuídas máis ou menos uniformemente. A inoculación faise introducindo unhas pequenas bólas de micelio da cepa hipovirulenta nuns pequenos buracos de 5-7 mm de diámetro, feitos na casca lisa e a unha profundidade tal que chegue ata o pao. Os buracos fanse cun trade ou cun sacabocados *ad hoc*, separados entre si uns 2-3 cm, no límite da zona sa coa enferma. A súa distribución faise tanxencialmente arredor da lesión do cancro. Cóbreuse os buracos e o inóculo con cinta plástica adhesiva durante unhas 24 horas para evita-lo desecamento do inóculo. O micelio que, en forma de pelotías é inoculado, prepárase previamente no laboratorio. Os resultados son visibles ó cabo de 8 a 18 meses. Entón sábese se a cepa hipovirulenta, inoculada, era compatible coa virulenta que produciu o cancro no castiñeiro tratado. Ás veces, aínda que isto sexa pouco frecuente, os resultados son negativos; neste caso hai que illa-la cepa virulenta para seleccionar no laboratorio unha cepa hipovirulenta adecuada. Por esta razón é aconsellable sempre realiza-la aplicación dos tratamentos non dunha soa vez, senón dun xeito graduado no tempo. Por exemplo, empezar tratando uns 5 castiñeiros por hectárea. Unha vez comprobados os resultados positivos esténdese o tratamento ó resto dos castiñeiros programados para seren tratados, de tal xeito que aseguren a protección a todo o souto.

Que saibamos, non temos coñecemento de que en España exista un servizo similar ó francés de defensa do castiñeiro contra a enfermidade do cancro producida por *Cryphonectria parasitica*. Este é o único procedemento capaz de combater este fungo patóxico e que a propia natureza se encarga de facer coa aparición espontánea das formas hipovirulentas. En Italia, onde foi observado por vez primeira esta fenómeno, a eficacia desta forma espontánea de combater-lo fungo patóxico foi especialmente significativa e provocou a regresión da enfermidade.

Persoalmente observamos en Galicia castiñeiros que presentan lesións de cancros que aparecen máis ou menos estabilizados, e que, aínda chegando a circuncidar á póla ou ó tronco, non se produce a morte da súa parte superior.

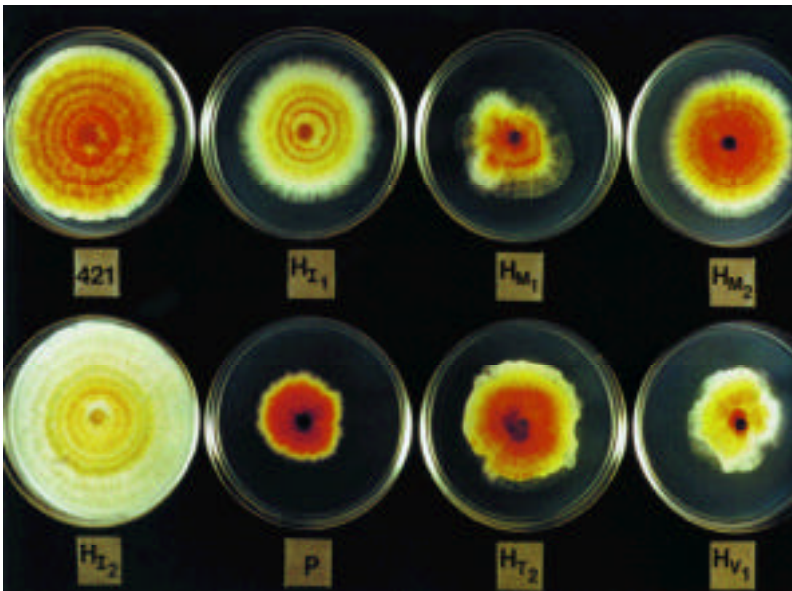
Temos controlados castiñeiros que, desde hai máis de 20 anos, teñen lesións producidas por *Cryphonectria parasitica* e non chegaron a morrer.

De tódolos métodos curativos propostos ou ensaiados para loitar contra a enfermidade do cancro do castiñeiro, tales como a erradicación das árbores afectadas, a eliminación cirúrxica das lesións, a aplicación de tratamentos químicos, etc., o aceptado internacionalmente como

único eficaz é o da aplicación de cepas hipovirulentas; e como preventivo o da obtención de castiñeiros resistentes, obtidos por hibridación do castiñeiro europeo ou americano con asiáticos, portadores dos xenes determinantes da resistencia.

Os cancros existentes nos diferentes castiñeiros dunha rexión non son producidos por unha única cepa ou raza do parasito. De aquí a necesidade de que a cepa hipovirulenta utilizada sexa compatible coa cepa virulenta que produciu o cancro. Esta é a razón pola que, antes de aplica-lo tratamento, cómpre selecciona-la cepa hipovirulenta a utilizar.

A loita biolóxica contra a enfermidade do cancro do castiñeiro, baseada no fenómeno da hipovirulencia, aparece como unha esperanza-dora realidade en Europa; onde o reducido número de grupos de compatibilidade vexetativa, fixado nuns sete por varios autores, abre moitas posibilidades para o éxito desta loita biolóxica. Máis difícil é o caso de Norteamérica, co seu cento ou máis grupos de compatibilidade vexetativa; pero os investigadores norteamericanos, alentados por institucións oficiais, fundacións privadas e particulares, non renuncian ó seu castiñeiro, a “árbore de tódolos americanos”.



Respostas da mestura de *Cryphonectria parasitica*, cepa 421 procedente de Monte Amiata (Italia), en cepas americanas (H. P.) (Cortesía de Sandra Anagnostakis)

BIBLIOGRAFÍA

- ABREU, C. A.; 1989. Relatório enviado ao CNPPA sobre a presença de *Endothia parasitica* em Carrizado. Nov. T.
- ABREU, C. A.; 1992. "A hipovirulencia como forma natural de luta biológica contra o cancro do castanheiro". *Revista de Ciências Agrarias*, vol. XV (1-2), pp.167-171.
- ABREU, C. A.; 1993. "Castanheiros; uma saudade no futuro". *Revista Portuguesa de Geografia* Centro de Estudios Geográficos, p. 15.
- AGERER, R.; 1991. Characterization of ectomycorrhiza. En: J. R. Norris, D. J. Read e A. K. Varma (Eds.): *Methods in Microbiology*. Vol. 23. *Techniques for the study of Mycorrhiza*, pp. 25-74. Academic Press Ltd. Londres.
- ALBISETTI, C.; 1943. Inventario delle selve castanilli della Svizzera. Bern.
- AMARANTHUS, M. P. e PERRY, D. A.; 1994. "The functioning of ectomycorrhizal fungi in the field: linkages in space and time". *Plant and Soil*, 159 (1), pp. 133-140.
- AMMIRATO, P. V. e STYER, D. J.; 1985. "Strategies for large-scale manipulation of somatic embryos in suspension culture". En: M. Zaitlin, P. Day, e A. Hollaender (Eds.). *Biotechnology in Plant Science. Relevance to Agriculture in the eighties*. pp. 161-178. Academic Press Inc., Londres.
- ANAGNOSTAKIS, S. L.; HAU, B. e KRANZ, Y.; 1984. "Diversity of vegetative compatibility groups of *Cryphonectria parasitica* in Connecticut and Europe". *Plant Disease*, 70, pp. 536-538.
- ANAGNOSTAKIS, S. L.; 1992. "Chestnuts and the introduction of chestnut blight. North Nut Growers Association". *Annual Report*, 83, pp. 39-42.
- ANAGNOSTAKIS, S.; 1993. "Oriental chestnut gall wasp found on American chestnut trees". *The Nutshe11*, 47 (3), pp. 12-13.
- ANA-MAGÁN, F. J. F.; 1984. "Patología de los castaños híbridos". *Congreso Internacional sobre o castiñeiro. Lourizán (Pontevedra)*, pp. 201-215.
- ANA MAGÁN, F. J. F., VERDE FIGUEIRAS, M^a. C. e RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, A.; 1998 «O souto, un ecosistema en perigo». Xunta de Galicia.

- ARESES, M^a. L. e VIÉITEZ, E.; 1970. "Monthly variations in the content of growth substances and inhibitors in cuttings, buds and leaves of the Chestnut (*Castanea sativa* Mill.)". *Anal. Edafol. y Agrobiol.*, 29 (9-10), pp. 625-630.
- BAKER, K. F.; e COOCK, R. J.; 1974. *Biological control of Plant Pathogens*. W.H. Freeman and Company. San Francisco, pp. 433.
- BALDINI, E.; 1991. *Arboricoltura General*. Cuarta edición. CLUEB. Soc. Coop. a.r.l., Bologna. Italia. pp. 375.
- BALLESTER, A.; SÁNCHEZ, M. C. e VIÉITEZ, A. M.; 1989. Etiolation as a pretreatment for in vitro establishment and multiplication of mature chestnut. *Physiologia Plantarum*, 77, pp. 395-400.
- BALLESTER, A.; SÁNCHEZ, M. C.; SAN-JOSÉ, M. C.; VIÉITEZ, F. J. e VIÉITEZ, A. M.; 1990. Development of rejuvenation methods for in vitro establishment, multiplication and rooting of mature trees. En: R. Rodríguez; R. Sánchez Tamés; e D. J. Durzan (Eds.). *Plant Aging: Basic and applied approaches*, pp. 43-49. Plenum Press. Nova York.
- BARLOW, H. W. B., HANCOCK, C. R., and LACEY, H. I.; 1961. Proc. 4th. Int. Conf. Plant Growth Regulation. Iowa Sta. Uni. Press.
- BAZZIGHER, G.; 1981. Selection of blight-resistant chestnut trees in Switzerland. *Eur. J. Forest. Pathol.*, 11 (4): pp.199-207 .
- BAZZIGHER, G.; LAWRENCE, S. L.; e RITTER, F.; 1982. "Vermehrung and Anfrucht der Kastanie". *Berichte* N^o. 240, pp. 5-35. Edigenosschi Anstalt fur das Forstliche Verouchwese. Birmensdorf.
- BAZZIGHER, G. e MILLER, G. A.; 1991. "Blight resistant chestnut of Switzerland: A valuable germ plasm resource". *Plant Disease*, 75, pp. 5-9.
- BEAKBANE, A. B.; 1961. Nature. London. Vol. 192; 4806; 954-955.
- BECK, A. R.; 1970. "Nurse nut grafting". *Ann. Rept. North. Nut Growers Assoc.*, 61, pp. 84-90.
- BERGOUIGNOUX, F.; VERLHAC, A.; BREISCH, H. e CHAPA, J.; 1978. *Le Chataignier. Production et Culture*. INVUFLEC. Journes Nationales du chataignier de Brive-Malmort. Paris, p. 192.
- BERROCAL DEL BRÍO, GALLARDO LANCHO, J.F. y CARDEÑOSO HERRERO, J.M.; 1918. *El Castaño*. Ediciones Mundi-Prensa.
- BIRAGHI, A.; 1948. "Prove de inoculazione di castagni con *Endothia* sp. isolata in Biscaglia". *Annali della Sperimentazione Agraria* (Roma), 2 (5), pp. 689-691.
- BIRAGHI, A.; 1950. "La distribución del cancro del castagno in Italia". *L'Italia forestale e montana*, 5, pp. 18-21.
- BIRAGHI, A.; 1966. Aspetti fitopatologici della conservazione del castagno in Italia. Convegno Internazionali sul castaneo. Cuneo, pp. 120-128.
- BIRAN, I. e HALEVY, A. H.; 1973a. "Endogenous levels of growth regulators and their relationship to the rooting of - *Dahlia* cuttings". *Physiologia Plantarum*, 28, pp. 346-442.

- BIRICOLTI, S.; FABRI, A.; FERRINI, F. e PISSANI, P. L.; 1994. "Anatomical investigations on chestnut adventitious rooting". *Proc. International Chestnut Conference. Morgantown, 1992*, pp. 93-96.
- BOUHIER, A.; 1979. "La Galice, essai géographique d'analyse et d'interprétation d'un vieux complexe agraire". *Imp. Younnaise. La Roche sur You*, pp. 626-636.
- BOUNOUS, G.; CRADDOCK, J. H.; PEANO, C. e SALARIN, P.; 1994. "Phenology of blooming and fruiting habits in Euro-Japanese hybrid chestnut". *Proc. Int. Chestnut Conference, Morgantown, 1992*. pp. 117-128.
- BOUNOUS, G.; PAGLIETTA, R. e PEANO, C.; 1994. "Methods for observing chestnut pollen viability, germinability and pollen tube growth". *Proc. Int. Chestnut Conference. Morgantown, 1992*. pp. 76-78.
- BOURGEOIS, C.; 1992. *Le chataignier, un arbre, un bois*. Institut pour le Developement Forestier. p. 367.
- BRADLEY, I. H.; POLASHOCK, J. J.; BROWN, M. P. e HALPERN, B. T.; 1994. "Genetic organization of the dsRNA element associated with strain NB58 of the chestnut blight fungus and preliminary examination of a dsRNA-free mutant". *Proc. International Chestnut Conference. Morgantown, 1992*. pp. 11-15.
- BROADBENT, P.; BAKER, K. F. e WATERWORTH, Y.; 1971. "Bacteria and acromycetes antagonistic to fungal root pathogens in Australian soils". *Aust. J. Biol. Sci.*, 24, pp. 925-944.
- BUISMAN, C. J.; 1929. "Root rots caused by Phycomycetes". *Thesis University of Utrech*.
- BURNHAM, C. R.; 1981. "Blight resistant American Chestnut". *There's hope. Plant Disease*, 65. pp. 459-460.
- CAMUS, A.; 1929. "Les chataigniers. Monographie des genres *Castanea* et *Castanopsis*". Paul Le chevalier (Ed.). *Encyclopédie économique de sylviculture*. Paris. p. 600.
- CARRAWAY, D. T.; WILDE, H. D. e MERKLE, S. A.; 1994. "Somatic embryogenesis and gene transfer in American chestnut". *J. American Chestnut Foundation*, 8 (1), pp. 29-33.
- CIAMPI, C.; e GELLINI, R.; 1963. "Insorgenza e sviluppo delle radici avventizie in *Olea europaea* L.: importanza della struttura anatomica alla effetti dello sviluppo delle radichette". *G. Bot. Ital.*, 70, pp. 62-74.
- CLAPER, R. B.; 1954. "Chestnut breeding, techniques and results". *J. Hered.*, 45, pp. 106-114.
- CONEDERA, M.; e HEINIGER, U.; 1994. "Chestnut blight in Southern Switzerland: Influence of hypovirulence and management practica". *Proc. International Chestnut Conference. Morgantown, 1992*. pp. 183-185.
- COYAMA, N.; 1962. *Forest. Exp. Sta. Bull.* 145. Tokio.
- CRANDALL, B. S.; BOWEN, S.; GRAVATT, G. F. e RYAN, H. H.; 1945. Root disease of *Castanea* species and some coniferous and broad leaved nursery stocks caused by *Phytophthora cinnamomi*. *Phytopathology*, 35, pp. 162-180.

- CRIÉ, 1984. *Rapport sur la maladie des Chataigniers en Bretagne*. Paris.
- CROW, W. D.; OSAWA T.; PLATZ, K. M.; e SUTHERLAND, D. S.; 1976. "Root inhibitors in *Eucalyptus grandis*". *Aust. J. Chem.*, 29, pp. 2525-2531.
- CUMMINGS, J. N.; 1970. Prospects for producing own-rooted nut trees. Ann. Rep. North Nut Growers Assoc. 61:90-94.
- CHEVRE, A. M.; GILL, S. S.; MOURAS, A. e SALESES, G.; 1983. "In vitro vegetative multiplication of chestnut". *J. Hortic., Sci.* 58, pp. 23-29.
- CHEVRE, A. M. e SALESES, G.; 1984. "Elements de cytogenetique et amelioration par hybridation interespecificque". *Congreso Internacional sobre o castiñei - ro. Lourizán (Pontevedra)*, pp. 271-278.
- CHOI, G. H. e NUSS, D. L.; 1992. "Hypovirulence of chestnut blight fungus conferred by an infectious viral cDNA". *Science*, 257, pp. 800-803.
- DARPOUX, H.; RIDE, M. e MONDOUX, P.; 1957. "Aparition de foyers d'*Endothia parasitica* sur chataigniers en France". *C. R. Acad. Agric.*, 43, pp. 670-674.
- DAVIDSE, I. C.; 1981. "Mechanism of action of metalaxyl in *Phytophthora megasporum*, f. sp. *medicaginis*". *Neth. J. Plant. Pathol.*, 87, pp. 11-24.
- DAVIS, T. D. e POTTER, J. R.; 1983. "Effect of localized etiolation of stock plants on the rooting of *Rhododendrum* cuttings". *J. Environ. Hortic.*, 1, pp. 96-98.
- DAY, P. R.; DODDS, J. A.; ELLISTON, J. E.; JAYNES, R. A. e ANAGNOSTAKIS, S. L.; 1977. "Double stranded RNA in *Endothia parasitica*". *Phytopathology*, 67, pp. 1393-1396.
- DELARGY, J.A. e WRIGHT, C. E.; 1978. "Root formation in cuttings of apple in relation to ringbarking and to etiolation". *New Phytologist*, 81, pp. 117-127.
- DENCHEV, P. D., KUKLIN, A. J. e SCRAGG, A. H.; 1992. "Somatic embryo production in bioreactors". *Journal of Biotechnology*, 26, pp. 99-109.
- DESMAISON, A. M. e ADRIAN, J. ; 1986. "La place de la châtaigne en alimentation". *Méd. Nat.*, 22 (3), pp. 174-180.
- DESMAISON, A. M. e TIXIER, M.; 1984. "Acides aminés libres de châtaigne". *Ann. Pharm. Franç.*, 42 (4), pp. 353-357.
- DÍAZ, E.; GONZÁLEZ, A. e SAA, M. P.; 1990. "Aportación al conocimiento paleoecológico del Holoceno en el NW de la Península Ibérica". *An. Asoc. Palinol. Leng. Esp.*, 5, pp. 5-10.
- DODDS, J. A.; 1978. "Double stranded RNA and virus-like particles in *Endothia parasitica*". *Proc. Amer. Chestnut Symposium. Morgantown, WV*. pp. 108-110.
- DODDS, J. A.; 1980. "Revised estimates of the molecular weights of dsRNA segments in hypovirulent strains of *Endothia parasitica*". *Phytopathology*, 70, pp. 1217-1220.
- DONOBAUER, E.; 1964. In Untersuchungen über die variation der Krankheitsanfälligkeit verschiedener Pappeln. Mitt. FBVA Baria Brunng. 70-120.

- DOSS, R. P.; TORRE, L. C. e BARRIT, B. H.; 1980. "Effect of etiolation, stem, anatomy and starch reserves on root initiation of layered *Malus* clones". *J. Amer. Soc. Hortic. Sci.*, 102, pp. 487-491.
- DOUBLE, M. L.; HOBBS, D. H.; MacDONALD, W. L. e SYPOLT, C. R.; 1994. "Sporulation of artificially established virulent *Cryphonectria parasitica* cankers after interaction with sources of virulent or hypovirulent inoculum on American chestnut stems". *Abst. International Chestnut Conference. Morgantown, 1992*, p. 22.
- DUNN, M.; McKEEN, C. e BOLAND, G.; 1994. "Chestnut blight in Canada: Hypovirulence and biological control". *Proc. International Chestnut Conference. Morgantown, 1992*. pp. 147-155.
- DURBAHN, C.M.; NUSS, D. L. e FULBRIGHT, D. W.; 1992. "Molecular analysis of the dsRNA associated with hypovirulence in a Michigan strain of the blight fungus *Cryphonectria parasitica*". (Abstr.) *Phytopathology*, 82, p. 1077.
- DURBAHN, C. S.; NUSS, D. L. e FULBRIGHT, D.; 1994. "Partial sequence analysis of the dsRNA associated with hypovirulence in Michigan strain of chestnut blight fungus *Cryphonectria parasitica*". *Proc. International Chestnut Conference. Morgantown, 1992*. pp. 8-10.
- EDIZIONI ABETE, 1991. *Gli alberi monumentali d'Italia. Isole e Centro Sud*. Terceira edición. Roma.
- ELKINS, J. R.; 1978. "Tannin analysis as a screen for blight resistance in large surviving American chestnut trees". *Proc. W. Va. Acad. Sci.*, 50 (1), p. 9.
- ELKINS, J. R.; 1981. "A correlation between the presence of hamamelitannin and blight susceptibility in american chestnut". *Abst. USDA For. Ser. Am. Chestnut Cooperators' Meet. Gen. Tech. Rep. NE-64*, p. 17.
- ELKINS, J. R.; GIVEN, B.; VIÉITEZ, E.; BAZZIGHER, G. e GRIFFIN, G.; 1980. "Vegetative propagation of large surviving American Chestnuts trees". *Ann. Rep. North. Nut Growers Assoc.* 71, pp. 56-62.
- ELKINS, J. R.; LAWHORN, Z. e WEYLAND, E.; 1982. "Utilization of chestnut tannins by *Endothia parasitica*". *Proc. USDA For. Ser. Am. Chestnut Cooperators' Meet. Morgantown, WV*. pp. 141-144.
- ELKINS, J. R.; PATE, W. e PORTERFIELD, C.; 1978. "Utilization by *Endothia parasitica* of tannins from the bark of chestnut trees". (Abstr.) *Proc. W. Va. Acad. Sci.*, 50, p. 9.
- ELKINS, J. R.; WEYLAND, D.; PORTERFIELD, K. e DAVIS, A.; 1983. "Evaluation of a role for oxalic acid in the pathogenesis of *Endothia parasitica* in chestnut blight". (Abstr.) *Phytopathology*, 73, p. 829.
- ELORRIETA, J.; 1949. *El castaño en España*. IFIE. Madrid. p. 333.
- ELLENBERG, H.; 1988. *Vegetation ecology of Central Europe*. Cuarta edición. Cambridge University Press. Cambridge. Inglaterra. p. 731.
- ELLINGBOE, A.; 1994. "Breeding blight resistant chestnut". *Proc. International Chestnut Conference. Morgantown, 1992*. pp. 47-51.

- ELLISTON, J. E.; 1981. "Hypovirulence and chestnut blight research: fighting disease with disease". *J. For.*, 79, pp. 657-660.
- ERDTMAN, G.; 1943. *An introduction to pollen analysis*. Published Chronica Botanica. Waltham, Mass. USA. p. 239.
- ERWIN, D. C.; BARTNICKI-GARCÍA, S. and TSAO, P. H. (Eds.); 1988. *Phytophthora: Its Biology, Taxonomy, Ecology, and Pathology*. Publicado por The American Phytopathological Soc. St. Paul, Minnesota.
- FABBRI, A.; FERRINI, F.; MASIA, A. e PISANI, P. L.; 1994. "Enzyme activity during adventitious rooting of stoolbed propagated chestnut". *Proc. International Chestnut Conference. Morgantown, 1992*. pp. 89-92.
- FADL, M. S. and HARTMAN, H. T., 1967. Relationship between seasonal changes in endogenous promoters and inhibitors in cuttings and the rooting of pear hardwood cuttings. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 91:96-112.
- FERNÁNDEZ, G.; 1993. *Economía agraria de Galicia. Modernización y Convergencia con la CE*. COREN. Ourense. p. 366.
- FERNÁNDEZ LAMUÑO, J. A.; 1984. "Variedades del castaño como árbol frutal en el Occidente de Asturias". *Congreso Internacional sobre o castiñeiro. Lourizán (Pontevedra)*. pp. 133-150.
- FERNÁNDEZ, J.; 1984. "Situación actual y perspectivas actual de los castaños tradicionales gallegos". *Congreso Internacional del Castaño*. Lourizán.
- FLOREZ SERRANO, J., SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, J.A., SANTIN FERNÁNDEZ, P.J. e GONZÁLEZ CASTELLANOS, J.L., 1995 "El castaño en la provincia de León" I.R.M.A., S.L.
- FRANCLET, A.; 1979. "Micropropagation of forest trees. Rejuvenation of mature trees in vegetative propagation". *AFOCEL*, 12, pp. 3-18.
- FULBRIGHT, D.; PAUL, C. e GARROTD, S.; 1984. "Hypovirulence: a natural control of chestnut blight". En: K. Mukerji e K. L. Garg (Eds.). *Biocontrol of Plant Diseases*. Vol. II. pp. 121-139. CRC Press. Boca Raton, Fla.
- GALLÁSTEGUI, C.; 1926. "Técnica de la hibridación artificial del castaño". *Bol. Real Soc. Ciencias Nat.*, 26, pp. 88-94.
- GAMISANS, J.; 1977. "La végétation des montagnes corses". IV *Phytocoenología*, 4 (3), pp. 371-376.
- GAO, S. e SHAIN, L.; 1994. "Reduced polygalacturonase activity on dsRNA-containing hypovirulent strains of *Cryphonectria parasitica*". *International Chestnut Conference. Morgantown, 1992*. pp. 35-40.
- GARCÍA ECHAVE, R.; 1977. *Estudio de la acción fisiológica de la morfactina ester metílico del ácido 2-cloro-9-hidroxi-fluoreno carboxílico, en plantas de Castanea sativa Mill*. Tese de doutoramento. Facultade de Bioloxía. Santiago de Compostela.
- GARCÍA, M^a. T.; BALLESTER, A. e VIÉITEZ, E.; 1982. "Variación en el contenido de almidón en estaquillas juveniles de castaño y su relación en el enraizamiento". *An. Edaf. Agrob.*, 41 (11-12), pp. 2281-2286.
- GARDNER, F. E.; 1937. "Etiolation as a method of rooting apple variety stem cuttings". *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 34. pp. 323-329.

- GESTO, M. D. V.; VÁZQUEZ, A. e VIÉITEZ, E.; 1977. "Rooting substances in water extracts of *Castanea sativa* and *Salix viminalis*". *Physiologia Plantarum*, 40, pp. 265-268.
- GESTO, M. D. V.; VÁZQUEZ, A. e VIÉITEZ, E.; 1980. F"ormation of an inhibitor related with the lack of rooting ability of chestnut". Abstr. *FESPP II Congress. Santiago de Compostela*. pp. 1-2.
- GESTO, M. D. V.; VÁZQUEZ, A., e VIÉITEZ, E.; 1981. "Changes in the rooting inhibitory effect of chestnut extracts during cold storage of cuttings". *Physiologia Plantarum*, 51, pp. 365-367.
- GONZÁLEZ, A.; 1975. *Contribución al estudio de la nutrición del castaño*. Tese de doutoramento. Facultade de Bioloxía. Santiago de Compostela.
- GONZÁLEZ, E.; 1966. *Estructura de estaquillas leñosas y su relación con el enraizamiento*. Tese de doutoramento. Facultade de Farmacia. Universidade de Santiago.
- GONZÁLEZ, M^a. L.; VIÉITEZ, A. M^a. e VIÉITEZ, E.; 1985. "Somatic embryogenesis from chestnut cotyledon tissue cultured in vitro". *Scientia Horticulturae*, 27, pp. 97-103.
- GOODIN, J. R.; 1965. "Anatomical changes associated with juvenile to mature growth phase transition in *Hedera*". *Nature*, 208, pp. 504-505.
- GRAVATT, G. F.; 1949. "Chestnut blight in Asia and North America". *Unasylva*, 3, pp. 2-7.
- GRAVATT, G. F.; 1954. "Blight on chestnut and oaks in Europe in 1951". *Plant Disease Rep.*, 36, pp. 111-115.
- GRAVES, A. H. e NIENSTAEDT, H.; 1952. "Chestnut breeding report for 1951-52". *Ann. Rep. North. Nut. Grow. Assoc.*, 43, pp. 120-130.
- GRAY, D. J. e PUROHIT, A.; 1991. "Somatic embryogenesis and development of synthetic seed technology". Current Review in *Plant Sciences*, 10 (1), pp. 33-61.
- GRETE, J.; 1961. "La maladie de l'encre du châtaignier". *Annales des Epiphyties*, 12 (1), pp. 25-59.
- GRETE, J.; 1965. "Les formes hypovirulentes d'*Endothia parasitica* et les espoirs de lutte contre le chancre du châtaignier". *C. R. Acad. Agric. France* 51, pp. 1033-1037.
- GRETE, J.; 1975. "La lutte biologique contre le chancre du châtaignier par hypovirulence contagieuse". *Ann. Phytopathology*, 7, pp. 216-218.
- GRIFFIN, J. G.; 1983. "Blight resistance in American chestnut". *Ann. Rep. North. Nut. Grow. Assoc.*, 73, pp. 66-73.
- GRIFFIN, J. G.; 1986. "Chestnut Blight and its control". *Horticultural Rev.*, 8, pp. 291-336.
- GRIFFIN, J. G.; HEBARD, F. V.; WENDT, R. A. e ELKINS, J. R.; 1983. "Survival of American chestnut trees: evaluation of blight resistance and virulence in *Endothia parasitica*". *Phytopathology*, 73, pp. 1084-1092.

- GRIFFIN, J. G.; SMITH, H. C.; DIETZ, A. e ELKINS, J. R.; 1991. "Importance of hardwood competition to American chestnut survival, growth and blight development in forest clearcuts". *Can. J. Bot.*, 69. pp. 1804- 1809.
- GUERREIRO, M. G.; 1946. Para un mellor aproveitamento das formas culturais de interese económico de castanheiro. Publicações Direcção Geral dos Serviços Forestais e Aquícolas, Vol. XIII, pp. 5-17.
- GUPTA, P. K.; TIMMIS, K.; GROB, J.; TIMMIS, R.; CARLSON, W. e WELTY, E.; 1994. "Plant regeneration via somatic embryogenesis in Douglas-Fir (*Pseudotsuga menziesii*)". *Proc. TAPPI Biological Sciences Symposium. Bloomington, MN.* pp. 35-39.
- HACKETT, W. P.; 1985. "Juvenility, maturation and rejuvenation in woody plants". *Hortic. Rev.*, 7. pp. 109-155.
- HACKETT, W. P.; 1988. "Donor plant maturation and adventitious root formation". En: T. D. Davies, B. E. Haissig and N. Sankhla (Eds.). *Adventitious root formation in cuttings.* pp. 11-28. Dioscorides Press. Portland. Oregón.
- HACKETT, W. P e MURRAY, J. R.; 1993. "Maturation and rejuvenation in woody species". En: M. R. Ahuja (Ed.). *Micropropagation of woody plants.* pp. 93-105. Kluwer. Acad. Pubs. Dordrecht.
- HARRISON-MURRAY, R. S.; 1982. "Etiolation of stock plants for improved rooting of cuttings: opportunities suggested by work with apple". *Proc. Int. Plant. Prop. Soc.*, 31 , pp. 386-392.
- HARRISON-MURRAY, R. S. e HOWARD, B. H; 1983. "Pre-etiolation of M.9-environmental factors". *Rep. East Malling Res. Sta. for 1982.* p. 60.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E. e DAVIES, F. T.;, 1990. *Plant Propagation, principles and Practices.* 5th ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs. Nova Jersey.
- HATCHER, E. S. J. e GARNER, R. J.; 1955. "The production of sphaeroblast shoots of apple for cuttings". *Rep. East. Malling Res. Sta. for 1954.* p. 73.
- HEBARD, F. V.; GRIFFIN, J. G. e ELKINS, J. R.; 1984. "Developmental histopathology of cankers incited by hipovirulent and virulent isolates of *Endothia parasitica* on susceptible and resistant chestnut trees". *Phytopathology*, 74. pp. 140-149.
- HELLER, R.; 1953. "Recherches sur la nutrition des tissus végétaux *in vitro*". *Ann. Sci. Nat. Bot. Biol. Veg.*, 14, pp. 1-223.
- HENSER, C. W.; 1976. "Juvenility and rooting cofactors". *Acta Horticulturae*, 56, pp. 251-259.
- HERMAN, D. E. e HESS, C. E.; 1963. "The effect of etiolation upon rooting of cuttings". *Proc. Int. Plant Prop. Soc.*, 13, pp. 323-324.
- HESS, C. E.; 1962. Characterization of rooting cofactors extrated from *Hedera helix* L. and *Hibiscus rosasinensis* L. *Proc. 16th Int. Hortic. Congress. Brussels*, vol. 4, pp. 382-388.
- HESS, C. E.; 1964. *Naturally occurring substances with stimulate root initiation.* 5th Int. Conf. on Plant Growth Substances. Gir-sur-Yvette. pp. 517-527.

- HILLIS, W. E. e YAKAZI, Y.; 1973. "Properties of some methylellagic acids and their glycosides". *Phytochemistry*, 12, pp. 2963-2968.
- HOUEL, J.; 1789. *Voyage pittoresque des Isles de Sicile, Malte et Lipari*, II.
- HOWARD, B. H.; 1983. "Propagation". En: R. C. Rom, e R. F. Carlson (Eds.). *Rootstocks for Fruiting Crops*. John Wiley and Sons. Nova York.
- HOWARD, B. H.; 1994. "Manipulation rooting potential in stockplants before collecting cuttings". En: T. D. Davis, e B. E. Haissig (Eds.). *Biology of adventitious root formation*. pp. 123-142. Plenum Press. Nova York e Londres.
- HUBERT, D. H. e FULBRIGHT, D.W.; 1994. "Preliminary investigations on the effect of individual VIC genes upon the transmission of dsRNA in *Cryphonectria parasitica*". *Proc. International Chestnut Conference. Morgantown*, 1992. pp. 15-19.
- HUBERT, D. H.; FULBRIGHT, D. W.; DOUBLE, M. L. e MacDONALD, W. L.; 1992. "dsRNA transmission from *Cryphonectria parasitica* strain 80-2 to strains different at Two V-C Loci. (Abstr.) *International Chestnut Conference. Morgantown*. p. 21.
- IZCO, J.; AMIGO, J. e GUITIÁN, J.; 1990. "Los robledales galaico septentrionales". *Acta Bot. Malacitana*, 15. pp. 267-276.
- JACQUIOT, C.; 1950. "Sur la culture in vitro de tissu cambial de chataignier (*Castanea vesca* Gairtn.)". *C. R. Acad. Sci. Paris. (Series D)*, 231, pp. 1080-1081.
- JAYNES, R. A.; 1962. "Buried-inarch technique for rooting chestnut cuttings". *Ann. Rept. North. Nut Growers Assoc.*, 52, pp. 37-39.
- JAYNES, R. A.; 1964. "Interespecific crosses in the genus *Castanea*". *Silvae Genet.*, 13, pp. 146-154.
- JAYNES, R. A.; 1969. "Long-term storage of chestnut seed and scion wood". *Ann. Rept. North. Nut Growers Assoc.*, 60, pp. 38-42.
- JAYNES, R.A.; 1974. Genetic of chestnut. USDA Forest Service. Res. Vap. Wo-17.
- JUHASOVA, G.; 1991. "Research results of *Endothia parasitica* (Murr) and fungus in Slovakia". *Rocknic* 37, Cislo 1, pp. 100-111.
- KERKENAAR, A.; 1981. "On the antifungi mode of action of metalaxyl. An inhibitor of nucleic acid synthesis in *Pythium splendens*". *Pestic. Biochem. Physiol.*, 16, pp. 1-13.
- KEYS, R. N. e CECH, F. C.; 1981. "Plantlet formation in American chestnut embryonic tissue in vitro". *Proc. 2nd North Central Tree Improv. Conf. Dep. For. Univ. Wiscosin, Madison*. pp. 189-194.
- KEYS, R. N. e CECH, F. C.; 1982. "Propagation of American chestnut in vitro". *Proc. 2nd USDA For. Serv. Chestnut Research Cooperators' Meeting. Morgantown, W.Va.* pp. 106-110.
- KUHLMAN, E. G.; 1978. "The devastation of American chestnut by blight". *Proc. American Chestnut Symposium. Morgantown, W.Va.* pp. 1-3.

- LACEY, J.; 1965. "The infectivity of soils containing *Phytophthora infestans*". *Ann. Appl. Biol.*, 56, pp. 363-380.
- LEVIN, D. A.; 1973. "The role of the trichomes in plant defense". *Quarterly Review Biology*, 7, pp. 707-716.
- LIBBY, W. J.; BROWN, A. G. e FIELDING, J. M.; 1972. "Effects of hedging radiata pine on production, rooting, and early growth of cuttings". *New Zealand J. For. Sci.*, 2, pp. 263-283.
- LITARDIERI, De e MALCUIT, 1926. *Contribution a l'étude phytosociologique de la Corse*.
- LOCKWOOD, J. L.; 1977. "Fungistasis in soils". *Biol. Rev. Cambridge Phylos. Soc.*, 52, pp. 1-43.
- LOPES PIMENTEL, A. A.; 1938. *Primeiras notas para o estudo de unha doença do castinheiro e nogueira, observadas nos viveiros florestais e causada por um Fomiciceta*. Publicações Direção Geral Serv. Florestais e Aqüícolas (Lisboa), 9 (2), pp. 175-192.
- LOPES PIMENTEL, A. A.; 1943. *Estudo comparativo de dois fungos do género Phytophthora de Bary, parasitas do castinheiro*. Publicações Direção Geral dos Serviços Florestais e Aqüícolas (Lisboa), 10 (2), pp. 335-353.
- LOWRY, J. B.; 1968. "The distribution and potential taxonomic value of alkylated ellagic acids". *Phytochemistry*, 17, pp. 1803-1818B.
- MacDONALD, W. L. e DOUBLE, M. L.; 1978. "Frequency of vegetative compatibility types of *Endothia parasitica* in two areas of West Virginia". *Proc. American Chestnut Symposium. Morgantown, W. Va.* pp. 103-105.
- MacDONALD, W. L. e DOUBLE, M. L.; 1985. "Sporulation of virulent *Endothia parasitica* cankers on American chestnut after exposure to virulent and hypovirulent inoculum for one year". (Abstr.). *Phytopathology*, 75 (11), p. 1322.
- MacDONALD, W. L. e FULBRIGHT, D. W.; 1991. "Biological control of chestnut blight: Use and limitations". *Plant Disease*, 79 (7), pp. 656-661.
- MALAJCZUK, N.; 1977. *Microbial antagonism to Phytophthora*. Monograph. Published by The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota.
- MARGOT, P.; 1982. "Influence of soil application of metaloxyl (Ridomil) in *Phytophthora cinnamomi* and *P. nicotianae* var. *parasitica* causing root and collar rot of avocado and citrus". *Proc. 2nd S.E. Asian Symp. Plant Disease*.
- MARSCHNER, H. e DELL, B.; 1994. "Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis". *Plant and Soil*, 159 (1), pp. 89-102.
- MATO, M. C.; VÁZQUEZ, A. e GESTO, M. D. V.; 1985. "Treatment of bean cutting by chestnut extracts during rooting modifies their AIA-oxidase activity". *Physiologia Plantarum*, 65, pp. 63-66.
- MATO, M. C. e VIÉITEZ, A. M^a.; 1986. "Changes in auxin protectors and AIA-oxidases during the rooting of chestnut shoots *in vitro*". *Physiologia Plantarum*, 66, pp. 491-494.

- MAYNARD, B. e BASSUK, N.; 1986. "Etiolation as a tool for rooting cuttings of difficult-to-root woody plants". *Proc. Int. Plant. Prop. Soc.*, 36, pp. 488-495.
- MAYNARD, B. K. e BASSUK, N. L.; 1988. Etiolation and banding effects on adventitious root formation. En: T. D. Davis, B. E. Haissig, e N. Sankhla, (Eds.). *Adventitious Root Formation in Cuttings*. Discorides Press. Portland, Oregón. pp. 29-46.
- MEIDNER, H.; e MANSFIELD, T. A.; 1986. *Physiology of stomata*. McGraw-Hill. Londres.
- MEOTTO, T.; 1990. "Produzione di funghi eduli mediante micorrización del castagno: realtà o utopia?" *Atti Convegno Nazionale Castagno 2000. Pianfei (Cuneo)*. pp. 146-153.
- MENÉNDEZ, C.; 1984. "El castaño, *Castanea sativa* Mill., en Asturias". *Congreso Internacional sobre o Castiñeiro. Lourizán (Pontevedra)*. pp. 121-131.
- MERKEL HERMAN, W.; 1905. "A deadly fungus on the American chestnut". 10th Annual Report. *N.Y. Zoolog. Soc.*, 1905. pp. 97-103.
- MERKLE, S. A.; CARRAWAY, D. T. e WARSON-PAULEY, B. A.; 1994. "Somatic embryogenes and gene transfer in American chestnut". *Proc. International Chestnut Conference. Morgantown, 1992*. p. 128.
- METCALF, H. e COLLINS, F. A.; 1909. "The present status of the chestnut bark disease". *US Dep. Agric. Bureau of Plant Industry, Bull.* 141, pp. 45-54.
- MICALES, J. A. e STIPES, R. S.; 1987. "A Reexamination of the genus funga Genera *Cryphonectria* and *Endothia*". *Phytopatology*, 77, pp. 650-654.
- MILBURN, M.; e GRAVATT, B. G. F.; 1932. "Preliminary note on a root disease on chestnut". *Phytopathology*, 22, pp. 977-978.
- MITTEMPERGER, L.; 1978. "The present status of chestnut blight in Italy". *Proc. Amer. Chestnut Symposium. Morgantown, W.Va.* pp. 34-39.
- MOLINA, F. e VIÉITEZ, E. 1966. "Defense du chataignier contre ses malades en Espagne". *Atti Convegno Internazionale sul castagno*. pp 107-114. Cuneo.
- MOLINA, F.; 1984. "Cuarenta años de investigación sobre el castaño en el Departamento de Lourizán". *Congreso internacional sobre o castiñeiro. Lourizán (Pontevedra)*. pp. 23-38.
- MOORE, B. P.; 1964. "The chemistry of Nasutins". *Aust. J. Chem.*, 17. pp. 901-907.
- MOORE, J. C.; 1963. "Propagation of chestnuts by nurse seed grafts". *Proc. Int. Plant Propag. Soc.* 13, pp. 141-143.
- MURASHIGE, T. e SKOOG, F.; 1962. "A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue cultures". *Physiologia Plantarum*, 15, pp. 437-497.
- MURASHIGE, T.; 1974. "Plant propagation through tissue culture". *Ann. Rev. Plant Physiology*, 25, pp. 135-166.

- MURRAY, J. R.; SÁNCHEZ, M. C.; SMITH, A. G. e HACKETT, W. P.; 1994. "Differential competence for adventitious root formation in histologically similar cell types". En: T. D. Davis e B. E. Haissig (Eds.). *Biology of Adventitious Root Formation*. pp. 99- 111. Plenum Press. Nova York e Londres.
- MURRILL, W. A.; 1906. "The spread of the chestnut disease". *J. New York Botanical Garden*, 9, pp. 23-30.
- NATIVIDADE, J. V.; 1947. "Cuatro anos de trabalho na companhia de defesa e reconstrução dos Soutos". *Boletim Junta Nacional Frutas*. Lisboa.
- NESBITT, H. J.; MALAJCZUK, N. e GLENN, A.R.; 1981. "Translocation and exudation of metabolites in *Phytophthora cinnamomi*". *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 76, pp. 503-505.
- NEWHOUSE, J. R. e MacDONALD, W. L.; 1991. "The ultrastructure of hyphal anastomoses between vegetatively compatible virulent and hypovirulent strains of *Cryphonectria parasitica*". *Can. J. Botany*, 69 (3), pp. 602-614.
- NEWHOUSE, J. R.; MacDONALD, W. L. e HARVEY, C.H.; 1990. "Virus-like particles in hyphae and conidia of European hypovirulent (dsRNA-Containing) strains of *Cryphonectria parasitica*". *Can. J. Botany*, 68, pp. 90-101.
- NICHOLS, W.; CROW, W. D. e PATON, D. M.; 1972. "Chemistry and physiology of rooting inhibitors in adult tissue of *Eucalyptus grandis*". En: D. J. Carr (Ed.). *Plant Growth Substances 1970*. pp. 324-329. Springer-Verlag. Berlín.
- NIENSTAEDT, H. e GRAVES, A. H.; 1955. "Blight resistant chestnut culture and care". *Conn. Agr. Exp. Sta. Cir. N°*. 192. p. 18.
- NIMO, M. R. e VIÉITEZ, E.; 1973. "Estudios sobre el mecanismo de resistencia del castaño a la enfermedad de la 'tinta'. I. Influencia de algunos factores sobre el crecimiento del hongo *Phytophthora cinamomi*". *Acta Científica Compostelana*, 10(4), pp. 161-174.
- NUSS, D. L.; 1992. "Biological control of chestnut blight: an example of virus-mediated attenuation of fungal pathogenesis". *Microbiological Reviews*, 56 (4), pp. 561-576.
- NUSS, D. L.; 1994. "Implication of engineered transmission hypovirulence for biological control of chestnut blight". *Proc. International Chestnut Conference. Morgantown*, 1992. pp. 5-7.
- OBESDORFES, E.; 1992. *Süddentsche Pflanzen-gesellchaften*. IV. Gustav Fisher. Edd. Jena.
- OPGENORTH, D . 1987. "The chestnut blight in California". En : M. S. Burnett e R. D. Wallace (Eds.). *Chestnuts and creating a commercial chestnut industry. Proc. Second Pacific Northwest Chestnut Congress. Corvallis, Oregon*. pp. 65-69.
- ORTUÑO, E. e CEBALLOS. 1977. *Los bosques españoles*. Imp. Sevillana. Sevilla.
- PAGLIETTA, R. e BOUNOUS, G.; 1984. "Situazione attuale e prospettive per la cultura e la ricerca castanicola in Italia". *Congreso Internacional sobre o castiñeiro. Lourizán (Pontevedra)*. pp. 41-55.

- PAILLET, F. L.; WINKLER, M. G. e SANFORD, P. R.; 1991. "Relationship between pollen frequency in moss polstems and forest composition in a naturalized stand of American chestnut. Implications for pallo-environment interpretation". *Bull. Torrey Bot. Club*, 118, pp. 432-443.
- PATON, D. M. e WILLING, R. R.; 1974. "Inhibitor transport and ontogenetic age" in *E. grandis*. En, *plant Growth Substances 1973*. Hirokawa Pub. Tokyo. pp. 126-132.
- PARK, K. S.; 1970. "New method of juvenile tissue grafting on some special-use trees. I. Studies on juvenile tissue grafting on some crop-tree species (walnut, chestnut, ginkgo and oaks)". *Res. Rep. Inst. For. Gen. Corea*, 5: 75-84.
- PAYNE, J. A.; GREEN, R. A. e LESTER, C. D., 1976. "New nut pest: an oriental chestnut gall wasp in North America". *Ann. Rep. Northern Nut Growers Assoc.*, 67. pp. 83-86.
- PINGYAN LIANG; KAIYING CHEN; SHUMIN CHOU e YOUG QUAN; 1994. "Isolation and transmission of dsRNA from Chinese *Endothia parasitica* and homology of dsRNA among Chinese, European and U.S. strains". *Proc. International Chestnut Conference. Morgantown*, 1992. p. 19.
- PITTE, J. P.; 1986. *Terres de castanide: Hommes et paysage du chataignier de l'antiquité a nos jours*. Fayard editeur. París. p. 479.
- PUERTAS, F. 1984. "Panorama actual de las masas de castaño en Navarra". *Congreso Internacional sobre o castiñeiro. Lourizán (Pontevedra)*. pp. 173-177.
- RAMIL, P. e AIRA, M. J.; 1992. "Contribución al conocimiento de la vegetación Tardiglaciario y Holoceno en el extremo norte de la Terra Chá (Galicia, España)". *Nova Acta Científica Compostelana*, 3, pp. 49-58.
- REDENBAUGH, K.; PAASCH, B. D.; NICHOL, J. W.; KOSLER, M. E., VISS, P. R. e WALKER, K. A.; 1986. "Somatic seeds: Encapsulation of asexual plant embryos." *Bio/Technology*, 4, pp. 797-801.
- REDENBAUGH, K.; SLADE, D.; VISS, P. R. e FUJII, J. A.; 1987. "Encapsulation of somatic embryos in synthetic seed coats". *HortScience*, 22, pp. 803-809.
- RIVAS, S.; 1975. "Observaciones sobre la taxonomía de los bosques acidófilos europeos, datos sobre la *Quercetalia robori-petraeae* en la Península Ibérica". *Coll. Phytosoc.*, 3, pp. 255-260.
- ROANE, K. M.; GRIFFIN, J. G. e ELKINS, J. R.; 1986. *Chestnut blight, other Endothia diseases, and the genus Endothia*. APA Press, St. Paul, MN., p. 53.
- ROBSON, A. D.; ABBOTT, L. K. e MALAJCZUK, N. (Eds.) 1994. "Management of Mycorrhizas in Agriculture, Horticulture and Forestry". *Proc. International Symposium Perth, Australia*, 1992. Kluwer Academic Publishers. Dordrech/Boston/Londres. p. 238.
- RODRÍGUEZ, R.; 1982 a." Multiple shoot-bud formation and plantlet regeneration on *Castanea sativa* Mill. seeds in culture". *Plant Cell Reports*, 1, pp. 161-164.

- RODRÍGUEZ, R.; 1982 b. "In vitro propagation of *Castanea sativa* Mill. through meristem tip culture". *HortScience*, 17, pp. 888-889.
- ROGGERO, E.; 1931. *La vita nel mondo della pianta*. Unione Tipografico editore Torinese. Torino.
- RUTTER, P. A.; 1987. "Chestnut ecology and the developing orcharding industry". *Proc. 2nd Pacific NW Chestnut Congress*. Chestnuts and creating a commercial chestnut industry. Corvallis, Oregón. pp. 33-48.
- SAA, M. P.; RAMIL, R. e AIRA, M. J.; 1991. "Análisis polínico de mieles de las provincias de Lugo y Orense (Galicia, España)". *Nova Acta Científica Compostelana*. (Biología), 2, pp. 57-63.
- SALGUESO, L.; 1903. La enfermedad del castaño y los medios prácticos y racionales para combatirla. Tipografía Galaica. Santiago. 31 pgs.
- SÁNCHEZ, M. C.; 1991. *Propagación in vitro de material adulto de castaño y roble. Desarrollo de métodos de rejuvenecimiento*. Tese de doutoramento. Universidade de Santiago de Compostela.
- SÁNCHEZ, M. C. e VIÉITEZ, A. M^a.; 1991. "In vitro morphogenetic competence of basal sprouts and crown branches of mature chestnut". *Tree Physiology*, 8, pp. 59-70.
- SAN-JOSÉ, M. C.; 1983. *Organogénesis y regeneración de plantas de castaño mediante cultivo in vitro*. Tese de doutoramento. Universidade de Santiago de Compostela.
- SAN-JOSÉ, M. C.; VIÉITEZ, A. M^a. e VIÉITEZ, E.; 1984. "In vitro plantlet regeneration from adventitious buds of chestnut". *J. Hortic. Sci.*, 59, pp. 359-365.
- SCHAD, C.; SOLIGNAT, G.; GREUTE, J. e VENOT, P.; 1952. "Recherches sur le chataignier à la station de Brive". *Ann. Amèl. Plantes*, 2, pp. 369-453.
- SHAIN, L.; MILLER, J. B. e SPALDING, R. J.; 1994. "Responses of American and Chinese chestnut to *Cryphonectria parasitica*". *Proc. International Chestnut Conference*. Morgantown, 1992. pp. 97- 101.
- SHEAR, C. L. e STEVENS, N. E.; 1913. "The chestnut-blight parasite (*Endothia parasitica*) from China". *Science*, 38, pp. 295-297.
- SHEAR, C. L. e STEVENS, N. E.; 1916. "The discovery of the chestnut-blight parasite (*Endothia parasitica*) and other chestnut fungi in Japan". *Science*, 43, pp.173-176.
- SKIRVIN, R. M.; 1981. Fruit Crops. En B.V. Conger (Ed. Cloning agriculturæ Plants via in vitro techniques. CRS Press. Boca Raton, Fl.
- SOLIGNAT, G.; 1962. "Observation sur la résistance des chataigniers a l'*Endothia parasitica*". *Ann. Amèl. Plantes* 1 , pp. 59-65.
- SMITH, D. R.; 1986. Radiata pine. En Y.P.S. Bajaj. (Ed.) Biotechnology in Agriculture and Forestry. Vol. I, Trees. Springer-Verlag. Berlin.
- SPIEGEL, P.; 1955. "Some internal factors affecting rooting of cuttings". *Proc. 14th International Hortic. Congress*. Scheveningen, pp. 239-246.

- STIPANOVIC, R. C.; 1983. "Function and chemistry of plant trichomes and glands in insects". En, p.H. Hedin (Ed.). *Plant Resistance to Insects*. ACS Symposium Series, 208, pp. 70-100.
- TAVEIRA FERNANDES, C.; 1952. *Doenças do castanheiro. Parasitas do genero Phytophthora de Bary*. Direção Geral dos Servicos Florestais e Aquícolas. Estação e Experimentação do Sobreiro e Eucalipto. p. 22.
- TAVEIRA FERNANDES, C.; 1966. *A doença da "tinta" dos castanheiros. Disertação do concurso para estigadaren*. Patologue Forestal, Alcobaca. Direção General dos Servicos Florestais e Aquícolas. Alcobaca. p. 95.
- TAVEIRA FERNANDES, C.; 1970. *Defensa e melhoramento do castanheiro. Aspectos fitopatológicos*. Estudos e Informação, 253, pp. 1-29.
- TAYLOR, G. G. e ODOM, R. E.; 1970. "Some biochemical compounds associated with rooting of *Carya illinoensis* stem cuttings". *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 95, pp. 146-151.
- TIXIER, M. e DESMAISON, A. M.; 1980. "Relation metabolique entre l'arginine et l'acide gamma-aminobutírico dans le fruit de *Castanea sativa*". *Phytochemistry*, 19, pp. 1643-1646.
- TORRES, J.; 1975. "El cancro del castaño en Espana". *Patología Forestal*. ETSIM. Madrid.
- TORRES-PEREIRA, J. M. G.; SEQUEIRA, C. A.; CASTRO, L. T.; CARDOSO, J. V. E. e FERNANDES, A. F.; 1992. *Estudo sobre a composición e valor nutritivo da castanha, vivandi a sua transformação agroindustrial*. Departamento de Bioloxía, UTAD. Vila Real.
- TRAPPE, J.M.; 1963. "Some probable mycorrhizal associations in the Pacific Northwest. IV. *Northwest Sci.*, 37. pp. 39-43.
- TRAPPE, J. M.; 1977. Selection of fungi for ectomycorrhizal inoculation in nurseries". *Ann. Rev. Phytopathology*, 15, pp. 203-222.
- TURCHETTI, T.; 1992. "Hypovirulence in chestnut blight (*Endothia parasitica* Murr.) and some practical aspects in Italy". *Eur. J. For. Pathol.*, 12, pp. 414-417.
- TURCHETTI, T.; 1994. "Some aspects of natural spread of hypovirulence in Italy". *Proc. International Chestnut Conference. Morgantown*, 1992. pp. 161-164.
- URQUIJO, P., 1941 a. "Enfermedad de la "tinta". Publ. Estac. Fitopat. Agric. A Coruña. 30, pp. 13-31.
- URQUIJO, P., 1941 b. "Nuevo método de lucha contra la "tinta" del castaño". *Bol. Pat. Veg. y Entomología Agrícola*. Vol. X.
- URQUIJO, P.; 1952. "Multiplicación asexual de castaños". *An. Inst. Nac. Invest. Agron.*, 1, pp. 317-323.
- VAN ALFEN, N. K.; JAYNES, R. A.; ANAGNOSTAKIS, S. L. e DAY, P. R.; 1975. "Chestnut blight, biological control by transmissible hypovirulence in *Endothia parasitica*". *Science*, 89, pp. 890-891.
- VANNINI, A.; MAGRO, P. e BERITOGNOLO, I.; 1994. "Host polyphenoloxidase activity and fungal oxalate production in the host-parasite interaction

- Castanea sativa-Cryphonectria parasitica*". *Proc. International Chestnut Conference. Morgantown. 1992.* pp. 25-30.
- VÁZQUEZ, A.; 1980. "Effect of salicylic and vanillic alcohols on rooting of bean cuttings". *Abst. 2nd FESP Congress.* p. 761.
- VÁZQUEZ, A. e GESTO, M. D. V.; 1982. "Juvenility and endogenous rooting substances in *Castanea sativa* Mill". *Biología Plantarum*, 24 (1), pp. 48-52.
- VÁZQUEZ, A. e GESTO, M. D. V., 1982. "Effect of cold storage on endogenous growth substances in cuttings of *Castanea sativa* Mill". *Phyton*, 42 (2): 171-174.
- VÁZQUEZ, A. e GESTO, M. D. V.; 1986. "Rooting, endogenous root-inducing cofactors and proanthocyanidins in chestnut". *Biología Plantarum*, 28 (4), pp. 303-306.
- VÁZQUEZ, A.; GESTO, M. D. V. e VIÉITEZ, E.; 1978. "A growth inhibitor from *Castanea sativa* Mill cuttings". *Biología Plantarum*, 20 (2), pp. 146-148.
- VENOT, P.; 1950. *Le Chataignier. Production et Culture.* INVUFLEC. CNICM. INRA.
- VERLHAC, A.; 1975. "La multiplication du châtaignier". En: *Chataigniers et marrons.* INVUFLEC. Centre d'Experimentation du Chataignier, Noyer et Noisitier. Malemort-Brive.
- VIÉITEZ, A. M^a.; 1973. Factores que afectan la formación del tejido de esclerenquima en *Castanea sativa* Mill. *Relaciones con su rizogénesis.* Tese de doutoramento. Faculdade de Ciencias. Sección Biolóxicas. Universidade de Santiago.
- VIÉITEZ, A. M^a.; 1975. "Ultraestructura de las fibras y esclereidas del anillo esclerenquimático del floema en *Castanea sativa* Mill". *An. Edaf. Agrobiol.*, 34 (1-2), pp. 1-10.
- VIÉITEZ, A. M^a.; BALLESTER, A.; GARCÍA, M. T e VIÉITEZ, E.; 1980. "Starch depletion and anatomical changes during the rooting of *Castanea sativa* Mill cuttings". *Scientia Horticulturae*, 13, pp. 261 -266.
- VIÉITEZ, A. M^a.; BALLESTER, A. e VIÉITEZ, E.; 1975. "Coniferyl alcohol from callus of *Castanea sativa* cultured *in vitro*". *Experientia*, 31, pp. 1163-1164.
- VIÉITEZ, A. M^a.; BALLESTER, A.; VIÉITEZ, M^a. L.; SAN-JOSÉ, M. C.; VIÉITEZ, F. J. e VIÉITEZ, E.; 1987. Propagación de plantas leñosas por cultivo *in vitro*. Deputación Provincial de Pontevedra. p. 97.
- VIÉITEZ, A. M^a.; BALLESTER, A.; VIÉITEZ, M^a. L. e VIÉITEZ, E.; 1983. "*In vitro* plantlet regeneration of mature chestnut". *J. Hortic. Sci.*, 58, pp. 457-463.
- VIÉITEZ, A. M^a.; GONZÁLEZ, M^a. L. e VIÉITEZ, E.; 1978a. "*In vitro* culture of cotyledon tissue of *Castanea sativa* Mill". *Scientia Hortic.*, 11 , pp. 243-247.
- VIÉITEZ, A. M^a.; GONZÁLEZ, M^a. L. e VIÉITEZ, E.; 1978b. "Root formation on cotyledon tissue of chestnut cultured *in vitro*". *Abstr. Inaugural Meeting FESPP. Edinburgo.* pp. 352-353.
- VIÉITEZ, A. M^a e VIÉITEZ, E.; 1974. "Efecto de la etiolación en la rizogénesis de *Castanea - sativa* Mill". *An. Edaf. y Agrob.*, 33 (11-12); pp. 955-965.

- VIÉITEZ, A. M^a. e VIÉITEZ, E.; 1980 a. "Plantlet formation from embryonic tissue of chestnut grown *in vitro*". *Physiologia Plantarum*, 50, pp. 127-130.
- VIÉITEZ, A. M^a. e VIÉITEZ M^a. L.; 1980 b. "Culture of chestnut shoots from buds *in vitro*". *J. Hortic. Sci.*, 55, pp. 83-84.
- VIÉITEZ, A. M^a. e VIÉITEZ, M^a. L.; 1982. "*Castanea sativa* plantlets proliferated from axillary buds cultivated *in vitro*". *Scientia Horticulturae*, 18, pp. 343-353.
- VIÉITEZ, A. M^a. e VIÉITEZ, M^a. L.; 1983. "Secuencia de cambios anatómicos durante la rizogénesis *in vitro* del castaño". *Phyton*. 43, pp. 185-191.
- VIÉITEZ A. M^a., VIÉITEZ, M^a. L. e BALLESTER, A.; 1983. "*In vitro* chestnut regeneration. Anatomical and chemical during the rooting process". IUFRO-AFOCEL. *Proc. Coll. International sur la culture in vitro des essences forestieres*. Fontaineblau, 1981. pp. 148-152.
- VIÉITEZ A. M^a.; VIÉITEZ, M^a. L.; BALLESTER, A. e VIÉITEZ, F. J.; 1986b. "Chestnut propagation by *in vitro* culture". *Bol. Academia Galega de Ciencias*, Vol. V, pp. 143-152.
- VIÉITEZ, A. M^a.; VIÉITEZ, M^a. L. e VIÉITEZ, E.; 1986. "Chestnut (*Castanea* spp.)". En: Y. P. S. Bajaj (Ed.) *Biotechnology in Agriculture and Forestry*. Vol. I, Trees 1. Springer-Verlag. Berlín-Heidelberg. pp. 393-414.
- VIÉITEZ, E.; 1952. "Ensayos de reproducción vegetativa de híbridos de castaños: *Castanea sativa* x *Castanea crenata*". *An. Edaf. Fisiol. Veg.*, 11, pp. 185-209.
- VIÉITEZ, E.; 1952. "El uso de cloruro 2,3,5-trifeniltetrazolium para determinar la vitalidad del polen". *An. Edaf. Fis. Veg.* 11. pp. 297-308.
- VIÉITEZ, E.; 1955. "Toxicidad y capacidad rizogénica de algunos tratamientos hormonales empleados en la reproducción vegetativa del castaño". *An. Edaf. Fis. Veg.*, 14 (6) , pp. 1-53.
- VIÉITEZ, E.; 1956. "Problemas que plantea el estaquillado del Castaño". *An. Edaf. Fis. Veg.*, 15, pp. 629-659.
- VIÉITEZ, E.; 1961a. *Técnica rápida para el diagnóstico de la susceptibilidad de los castaños a la enfermedad de la "tinta"*. Inst. For. Inv. Exp. Comunicación 13.
- VIÉITEZ, E.; 1961b. *Obtención de castaños resistentes*. Centro Forestal de Lourizán. p. 29.
- VIÉITEZ, E.; 1961c. *¿Actúa la hidrazida maléica como sinergista de la acción rizógena de las auxinas?* Int. Fors. Inv. Exp. 10, pp. 32-42.
- VIÉITEZ, E.; 1963. *Enraizamiento de estaquillas juveniles de castaño*. Montes, 19. pp. 331-333.
- VIÉITEZ, E.; 1966. "Resistencia a la *Phytophthora cambivora* y *P. cinnamomi* de algunas variedades de castaños". *An. Inst. For. Inv. Exp.*, 16, pp. 61-74.
- VIÉITEZ. E.; 1974 a. "Vegetative propagation of chestnut." *New Zealand. J. For. Sci.* 4 (2), pp. 242-252.

- VIÉITEZ, E.; 1981. "Current knowledge of the physiology of the vegetative propagation of chestnut". *Proc. XVII IUFRO World Congress. Kyoto*, 4, pp. 61-71.
- VIÉITEZ, E.; SEOANE, E.; GESTO, M. D. V.; MÉNDEZ, J.; MATO, M. C. e VÁZQUEZ, A.; 1964. "The first steps in the isolation of plant hormones associated with the rooting capacity of woody cuttings". *An. Edaf. Agrob.* 23 (11-12), pp. 777-798.
- VIÉITEZ, E.; SEOANE, E.; GESTO, M. D. V.; VÁZQUEZ, A.; MÉNDEZ, J. e CARNICER, A.; 1967. "Growth substances isolated from woody cuttings of *Castanea sativa* Mill". *Phytochemistry*, 6, pp. 913-920.
- VIÉITEZ, E. e VIÉITEZ, A. M^a.; 1975. "Difficulties rooting chestnut cuttings". *The North American Pomona*, VIII (4), pp. 135-138.
- VIÉITEZ, E. e VIÉITEZ, A. M^a.; 1976 a. "Juvenility factors related to the rootability of chestnut cuttings". *Acta Horticulturae*, 56, pp. 57-68.
- VIÉITEZ, E. e VIÉITEZ, A. M^a.; 1976 b. "Effect of synthetic hormones and etiolation on rootability in chestnut". *Abst. 9th Int. Plant Growth Substances Conference. Lausanne*. pp. 425-426.
- VIÉITEZ, E.; VIÉITEZ, M^a. L. e VIÉITEZ, A. M^a. 1982. "El castaño y su resistencia a *Phytophthora cinnamomi* y *P. cambivora*". *An. Edaf. Agrob.*, 41 (9-10), pp. 1991-1998.
- VIÉITEZ, F. J.; 1985. *Aislamiento e identificación de indicadores de la inhibición de la rizogénesis del castaño*. Tese de doutoramento. Faculdade de Biología. Universidade de Santiago.
- VIÉITEZ, F. J.; 1994. "Somatic embryogenesis in chestnut". En: S. M. Jain, P. K. Gupta and R. Newton (Eds.). *Somatic embryogenesis in woody plants*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. pp. 375-408.
- VIÉITEZ, F. J. e BALLESTER, A.; 1986. "Presence of root inhibitors in chestnut cuttings". *Bol. Academia Galega de Ciencias*, vol. 5, pp. 125-137.
- VIÉITEZ, F. J. e BALLESTER, A.; 1988a. "Effect of etiolation and shading on the formation of root inhibitors in chestnut trees". *Phyton*, 48 (1-2), pp. 13-19.
- VIÉITEZ, F. J. e BALLESTER, A.; 1988b. "Endogenous rooting inhibitors in mature chestnut cuttings". *Acta Horticulturae*, 227. pp. 167-169.
- VIÉITEZ, F. J.; BALLESTER, A. e VIÉITEZ, A. M^a. 1994a. "Regeneration of chestnut via somatic embryogenesis". *Abstr. International Chestnut Conference. Morgantown, W.Va.* 1992; p. 11.
- VIÉITEZ, F. J.; BALLESTER, A. e VIÉITEZ, A. M^a.; 1992b. "Somatic embryogenesis and plantlet regeneration from cell suspension cultures of *Fagus sylvatica*". *L. Plant Cell Reports*, 11, pp. 609-613.
- VIÉITEZ, F. J.; BALLESTER, A. e VIÉITEZ, A. M^a.; 1993. "Producción continua de embriones somáticos y regeneración de castaños". *Congreso Forestal Español, Lourizán 1993*, Tomo II, pp. 371-376.

- VIÉITEZ, F. J.; KINGSTON, D. G. I.; BALLESTER, A. e VIÉITEZ, E.; 1987. "Identification of two compounds correlated with lack of rooting capacity of chestnut cuttings". *Tree Physiology*, 3, pp. 247 -255.
- VIÉITEZ, F. J.; MULLER, M.; VIÉITEZ, A. M^a. e BALLESTER, A.; 1988. "Endogenous cytokinins, as determined by ELISA test, in normal and vitrified shoots of chestnut regenerates in vitro". *Agricultura Mediterranea* 118, pp. 301-304.
- VIÉITEZ, F. J.; SAN-JOSÉ, M. C.; BALLESTER, A. e VIÉITEZ, A. M^a.; 1990. "Somatic embryogenesis in cultured immature zygotic embryos in chestnut". *J. Plant Physiology*, 136, pp. 253-256.
- VIÉITEZ, M^a. L.; 1978. *Estudios sobre la propagación vegetativa del castaño por injerto en fases juveniles*. Tese de doutoramento. Facultade de Bioloxía. Universidade de Santiago.
- VIÉITEZ, M^a. L.; 1989. "Tricomos no glandulares de hojas de castaño". *Bol. Academia Galega de Ciencias*, vol. VIII, pp. 65-72.
- VIÉITEZ, M^a. L.; 1990. "Características morfológicas de los tricomas del castaño". *Bol. Academia Galega de Ciencias*, vol. IX, pp. 51-56.
- VIÉITEZ, M^a. L.; 1991. "Características estomáticas del castaño europeo". *Bol. Academia Galega de Ciencias*, vol. X, pp. 5-12.
- VIÉITEZ, M^a. L.; 1992. "Frecuencia de tricomas glandulares en el castaño (*Castanea sativa* Mill.)". *Bol. Academia Galega de Ciencias*, vol. XI, pp. 15-20.
- VIÉITEZ, M^a. L.; 1994. "Glandular trichomes of the sweet chestnut". *Proc. International Chestnut Conference. Morgantown, W.V., 1992*. pp. 73-75.
- VIÉITEZ, M^a. L. e VIÉITEZ, A. M^a.; 1981a. "Injerto sobre castaños germinados". *An. Edaf. Agrob.*, 40 (1-2), pp. 317-326.
- VIÉITEZ, M^a. L. e VIÉITEZ, A. M^a.; 1981b. "Injerto en hipocotilo de plántulas de castaño". *An. Edaf. Agrob.*, 40 (3-4), pp. 647-655.
- VIÉITEZ, M^a. L. e VIÉITEZ, A. M^a.; 1982. "Observaciones sobre el injerto juvenil del castaño". *An. Edaf. Agrob.*, 41 (9-10), pp. 1999-2002.
- VIÉITEZ, M^a. L. e VIÉITEZ, A. M^a.; 1983a. "Modificaciones histológicas inducidas por tratamientos con substancias de crecimiento en el injerto sobre castaños germinados". *Phyton*, 43 (2), pp. 177-184.
- VIÉITEZ, M^a. L. e VIÉITEZ, A. M^a.; 1983b. "Injerto en hipocotilo de plántulas de castaño". *An. Edaf. Agrob.*, 42 (3-4), pp. 647-655.
- VIÉITEZ CORTIZO, E., VIÉITEZ M., M^a. L. e VIÉITEZ M., F. J. 1996. "El Castaño". Caixa Ourense. Edilesa.
- VROT, F.; GREENTE, J. e CHEVALIER, G.; 1976. "Association mycorrhizienne avec le chataignier de certains champignons antagonistes *in vitro*" du *Phytophthora cinnamomi*. *Ann. Phytopathol.*, 11, pp. 130-131.
- VROT, F. e GREENTE, J.; 1984. "Reserche d'un moyen de lutte biologique contre la maladie de lengre par utilization de la symbiose mycorrhizienne".

- Congreso Internacional sobre o castiñeiro. Lourizán (Pontevedra)*, pp. 185-189.
- WALLACE, R. D.; 1987. "History of breeding and production of hybrid chestnut cultivars". En: M. S. Burnett e R. D. Wallace (Eds.). *Chestnuts and creating a commercial chestnut industry*. Proc. 2nd Pacific Northwest Chestnut Congress. Corvallis, Oregón. pp. 24-29.
- WATERHOUSE, G. M.; 1970. "The genus *Phytophthora* de Bary". *Comm. Mycol. Inst. Kew, Surrey. Mycol. Pap.* 122. p. 104.
- WILHELM, E.; RODKACHANE, P. e ZIPKO, H.; 1994. "Use of endophytic bacteria as biocontrol agents against chestnut blight". *Proc. International Chestnut Conference. Morgantown, 1992*. pp. 30-32.
- YOKUM, L. E.; 1936. "The stomata and transpiration of oaks". *Plant Physiology*, 10, pp. 95-101.
- ZENTMYER, G. A. 1980. "*Phytophthora cinamomi* and the diseases it causes". *Am. Phytopatol. Soc.; St. Paul, MN. Monogr.* 10. p. 96.
- ZOLLER, H.; 1961. *Die Kulturbedingte Entwicklung der insubrische Kastanienregion seit den Anfängen des Ackerbaus im Neolithikum*. *Berichte des Geobot. Institutes des Adg. iech. Hochschule; Strittung Reibel*, 32, pp. 263-279.

ISBN 84-95415-08-9



9 788495 415080

PONENCIA DE PATRIMONIO NATURAL



CONSELLO
DA CULTURA
GALEGA