

Respostas ás preguntas sobre o pan e o cereal do país

Monografías do IBADER - Serie Recursos Alimentarios

M^a Ángeles Romero Rodríguez
Santiago Pereira Lorenzo
(coordinadores)



Respostas ás preguntas sobre o pan e o cereal do país

Autores: M^a Ángeles Romero Rodríguez, Santiago Pereira Lorenzo (coordinadores)

A efectos bibliográficos a obra debe citarse:

Obra completa:

Romero Rodríguez, M.A.; Pereira Lorenzo, S. (coord). (2018). Respostas ás preguntas sobre o pan e o cereal do país. Monografías do Ibader - Serie Recursos Alimentarios 1. Ibader. Universidade de Santiago de Compostela. Lugo.

Capítulo:

Omil, B. & Merino, A. (2018). Con los pies en la tierra. ¿Cuál es la calidad de los suelos para cultivar cereales?. En: Romero Rodríguez, M.A.; Pereira Lorenzo, S. (coord):Respostas ás preguntas sobre o pan e o cereal do país: 7-22. Monografías país. Monografías do Ibader - Serie Recursos Alimentarios 1. Ibader. Universidade de Santiago de Compostela. Lugo.

Esta publicación foi sometida a un proceso de revisión por pares.

Deseño e Maquetación: L. Gómez-Orellana

ISSN edición dixital: 1988-8341

Depósito Legal: C 173-2008

Edita: IBADER. Instituto de de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural. Universidade de Santiago de Compostela, Campus Universitario s/n. E-27002 Lugo, Galicia.

<http://www.ibader.gal>



Respostas ás preguntas sobre o pan e o cereal do país

**M^a Ángeles Romero Rodríguez
Santiago Pereira Lorenzo**

**Cátedra do Pan e o Cereal - USC
(Coordinadores)**



**Monografías do IBADER - Serie Recursos Alimentarios
Lugo 2018**

Monografías do IBADER

Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural

Temática e alcance

O Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural (IBADER) é un instituto mixto universitario, situado na cidade de Lugo e conformado pola Universidade de Santiago de Compostela, as Consellerías da Xunta de Galicia con competencias en Medio Ambiente e Medio Rural e a Deputación de Lugo.

Unha das actividades do IBADER é a publicación e difusión de información científica e técnica sobre o medio rural desde unha perspectiva pluridisciplinar. Con este obxectivo publícanse a revista Recursos Rurais e as Monografías do IBADER, espazos orientados a fortalecer as sinerxías entre colectivos vinculados ao I+D+I no ámbito da conservación e xestión da Biodiversidade e do Medio Ambiente nos espazos rurais e nas áreas protexidas, os Sistemas de Producción Agrícola, Gandeira, Forestal e a Planificación do Territorio, tendentes a propiciar o Desenvolvemento Sostible dos recursos naturais.

A Revista científico-técnica Recursos Rurais publica artigos, revisións, notas de investigación e reseñas bibliográficas. A revista inclúe unha Serie Cursos, que publica os resultados de reunións, seminarios e xornadas técnicas ou de divulgación. As Monografías do IBADER divulgan traballos de investigación de maior entidade, manuais e textos de apoio a docencia ou investigación e obras de divulgación científico-técnica.

A revista Recursos Rurais atópase incluída na publicación dixital Unerevistas da UNE (Unión de Editoriales Universitarias Españolas) e na actualidade inclúese nas seguintes bases de datos especializadas: CIRBIC, Dialnet, ICYT (CSISC), Latindex, Rebiun e REDIB.

Política de revisión

Todos os traballos publicados polo IBADER, deben ser orixinais. Os traballos presentados serán sometidos á avaliación confidencial de dous expertos anónimos designados polo Comité Editorial, que poderá considerar tamén a elección de revisores suxeridos polo propio autor. Nos casos de discrepancia recorrerase á intervención dun terceiro avaliador. Finalmente corresponderá ao Comité Editorial a decisión sobre a aceptación do traballo. Caso dos avaliadores propoñeren modificacións na redacción do orixinal, será de responsabilidade do equipo editorial -unha vez informado o autor- o seguimento do proceso de reelaboración do traballo. Caso de non ser aceptado para a súa edición, o orixinal será devolto ao seu autor, xunto cos ditames emitidos polos avaliadores. En calquera caso, os orixinais que non se suxeiten ás seguintes normas técnicas serán devoltos aos seus autores para a súa corrección, antes do seu envío aos avaliadores.

IBADER
Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural
Universidade de Santiago de Compostela
Campus Universitario s/n
E 27002 Lugo, Galicia (España)

Tfno 982 824500
Fax 982 824501

<http://www.ibader.gal>
info@ibader.gal

LIMIAR

A Cátedra do Pan e do Cereal é unha Cátedra Institucional, promovida polo grupo Dacunha e creada pola Universidade de Santiago de Compostela (Campus Terra) en xullo de 2016. Os obxectivos xerais desta Cátedra son o fomento da investigación, da docencia e da difusión dos coñecementos no ámbito do pan e dos cereais.

No apartado de difusión, organizouse en xullo de 2017 unha Xornada en Lugo, coincidindo co primeiro aniversario de creación da Cátedra, e que levaba por título “Cales son as respostas ás cuestións expostas dende a Cátedra do Pan e do Cereal?”

Nesta Xornada, contouse coa participación de grandes profesionais que están a traballar en diferentes eidos relacionados coas cuestións propostas. Esta monografía recolle, polo tanto, as respostas as devanditas cuestións dende a terra á mesa: como as castes do cereal e a terra no contexto da agroecoloxía condicionan a calidade do Pan do País; cales foron as orixes do noso pan e da biodiversidade de cereais que fornecen os nosos fornos; que nos din os nosos sentidos do pan; que alternativas temos para afrontar os retos dun futuro sen glute e, por último, que opinan os nosos panadeiros, consumidores, chefs e comunicadores.

Das súas respostas entendemos o importante legado dos nosos antepasados nunhas castes de trigo autóctono para elaborar o pan galego, que debe ser mellorado para modernizar o seu cultivo, pero mantendo a biodiversidade. Tamén comprendemos, cos pés na terra, a necesidade de conservar a fertilidade do solo e remitir así a perda de terra agraria. Entendemos que cun manexo ecolóxico, ao que poden contribuír as rotacións de cultivos, pódese contribuír non só a preservar o solo, senón tamén ao ecosistema onde as castes tradicionais expresan todo o seu potencial favorecendo a presenza de insectos beneficiosos, para que os cultivos sexan máis respectuosos co medio ambiente. Deste xeito, os saberes dos costumes ancestrais, combínanse co terroño para así formar parte dunha paisaxe harmoniosa. Aprendemos que o pan na nosa dieta é un valor intrínseco ás raíces do país e que é un alimento que ofrece un gran abano de posibilidades en diferentes situacións e estados fisiolóxicos como, por exemplo, a posibilidade de adaptalo ás necesidades específicas dos celíacos. Igualmente, entendemos porque non debemos prescindir do glute da dieta se non se padecen trastornos asociados ao consumo do mesmo. Tamén aprendemos, que cos sentidos pódense medir cada unha das características sensoriais dos pans e que, polo tanto, dispor dun panel adestrado neste produto permite definir e diferenciar cada tipo de pan.

A Cátedra do pan recolleu todos estes relatorios nesta monografía científica publicada en colaboración co IBADER, que servirá de inspiración ás futuras actividades de investigación, innovación e comunicación, para así contribuír a mellorar o pan e o cereal galego. Dámoslle as grazas a todos e a todas por colaborar nesta estimulante tarefa.

M^a Ángeles Romero Rodríguez

Santiago Pereira Lorenzo

(Coordinadores)

ÍNDICE

Omil, B. · Merino, A.:

Con los pies en la tierra. ¿Cuál es la calidad de los suelos para cultivar cereales? 7

Feet on the ground. What is the quality of the soil to grow cereals?

Neira Seijo, X. · Neira Cervera, M.:

¿Por qué cultivo ecológico de cereales? 23

Why organic farming of cereals?

Urquijo Zamora, L.:

¿Cómo recuperar los ecotipos autóctonos? 33

How to recover landraces?

Almeida García, F.:

¿Son necesarias las rotaciones para la producción del trigo gallego? 39

Are rotations necessary for the production of Galician wheat?

Ramil-Rego, P. · Gómez-Orellana, L. · Tereso, J.:

La Ceres Galaico-Minhota en el contexto de la Ceres Hispanica: Datos para una historia 43

Ceres Galaico-Minhota in the context of Ceres Hispanica: Data for a story

Otero, J.C.:

¿Divorcio entre biodiversidad y agricultura? 65

Separation between biodiversity and agriculture?

Pérez-Fra, M.M.:

Podemos permitirnos seguir perdiendo terra agraria? 75

Are we allowed to continue losing agricultural land?

Fernández Cruces, J.:

Debemos abandonar el pan de nuestra dieta? 83

Are we allowed to continue losing agricultural land?

García Gómez M.B. · Romero Rodríguez, M.A.:

¿Qué nos dicen nuestros sentidos sobre el pan? 89

What do our senses tell us about bread?

Estévez López, R.D.:

¿Gluten, sí o no en nuestra dieta? 95

Gluten, yes or no in our diet?

Moreira, R.:

¿Hay alternativa en Galicia para celíacos? 105

Are there any alternatives for coeliacs in Galicia?

Con los pies en la tierra. ¿Cuál es la calidad de los suelos para cultivar cereales?

Feet on the ground. What is the quality of the soil to grow cereals?

Beatriz Omil, Agustín Merino

Departamento de Edafología y Química Agrícola. Escuela Politécnica Superior-USC. Campus Universitario s/n, 27002-Lugo (España). beatriz.omil@usc.es

Resumen El trigo es uno de los cereales utilizados en Galicia desde la antigüedad pues forma parte, junto con otros cultivos como el maíz y la patata, la base de su alimentación. Tradicionalmente el cultivo se realizaba en tierras de labor próximas a la casa, se trataba de una agricultura minifundista de autoconsumo. Sin embargo, las políticas de desarrollo agrario que han tenido lugar hasta finales del siglo XX, han provocado la intensificación de la agricultura, el empleo de técnicas agrícolas incorrectas que han dado lugar a la pérdida de la fertilidad, el abandono y posterior degradación de muchos suelos. Además, a ello hay que añadirle las características intrínsecas de los suelos de Galicia definidos por los materiales geológicos que los conforman (rocas ígneas ácidas y rocas metasedimentarias), elevadas precipitaciones y temperaturas suaves. Estos suelos presentan niveles de acidez fuerte o muy fuerte lo que supone una limitación importante para el crecimiento de las especies vegetales. Para mejorar estos suelos y optimizar la producción de este cultivo surgen experiencias de recuperación como la aplicación de cenizas de biomasa de las industrias madereras que constituyen una oportunidad de equilibrar los nutrientes y las condiciones agronómicas de los suelos agrícolas, a través de esta fuente de fertilizante/enmendante alternativo, pues presenta nutrientes como P, K, Ca y Mg y, a diferencia de otros residuos, bajas concentraciones de metales pesados. Uno de estos trabajos consistió en la aplicación de dos tipos de cenizas (cenizas de fondo y cenizas volantes) en distintas dosis sobre un terreno agrícola abandonado donde se sembró un cultivo de invierno como el trigo. En esta parcela se analizó la respuesta del suelo al aporte de cenizas en comparación con una fertilización tradicional. Para ello se instalaron 40 subparcelas siguiendo un diseño experimental de bloques al azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones. Tras el análisis inicial del terreno, durante varios años se hizo un seguimiento medioambiental del suelo y de la vegetación. Los resultados mostraron una buena respuesta del suelo y de la vegetación al aporte de cenizas, sobre todo a largo plazo, lo que afianza la capacidad fertilizante y enmendante de las cenizas, de forma similar al tratamiento tradicional. Tales efectos fueron demostrados tras aumentar el valor del pH y las concentraciones de Ca, Mg y K en el suelo, así como con el incremento de la producción de trigo.

Palabras clave cereales, cenizas de biomasa, trigo, valorización de residuos, programa de fertilización, restauración de suelos degradados.

Abstract Wheat is one of the cereals used in Galicia since ancient times that, along with other crops such as corn and potatoes, forms a part of the region's nutritional base. This crop was traditionally used in lands close to the house as smallholder self-consumption agriculture. However, the agrarian development policies that have taken place until the end of the 20th century have led to the intensification of agriculture, the use of incorrect agricultural techniques that have resulted in the loss of fertility, the abandonment and subsequent degradation of the soil. In addition, we must note the intrinsic characteristics of the soils of Galicia defined by the geological materials that make them (acidic igneous rocks and metasedimentary rocks), high rainfall and mild temperatures. These soils have levels of strong or very strong acidity which is an important limitation for the growth of plant species. In order to improve these soils and optimize the production of this crop, regeneration techniques are used such as the application of biomass ash from wood industries, which constitutes an opportunity to balance nutrients and agronomic conditions of agricultural soils, through this source of alternative fertilizer/amendment, as it presents nutrients such as P, K, Ca and Mg, and unlike other waste, low concentrations of heavy metals. One of these works consisted in the application of two types of ash (bottom ash and fly ash) in different doses on an abandoned agricultural land where a winter crop such as wheat was planted. In this plot, the response of the soil to the contribution of ash compared with a traditional fertilization was analyzed, for which 40 subplots were installed following an experimental design of random blocks with eight treatments and four repetitions. After the initial analysis of the land, environmental monitoring of the soil and vegetation was done for several years. The results showed a good response of the soil and vegetation to the contribution

of ash, especially in the long term, which strengthens the fertilizing and amendment capacity of the ashes and similar to the traditional treatment. Such effects were demonstrated after increasing the pH value and the concentrations of Ca, Mg and K in the soil and increased wheat production.

Keywords cereals, biomass ash, wheat, waste valorization, fertilization program, restoration of degraded soils.

Introducción

Tradicionalmente en Galicia, se ha cultivado trigo y centeno como base de la alimentación humana. La aparición del trigo, hace más de 7.000 años a.C., se puede situar en el Próximo Oriente (de Egipto al Cáucaso y Persia) fruto de una protoagricultura rudimentaria (Vázquez-Varela, 1994; López-Bellido, 1991). Su incorporación a la agricultura gallega se remonta a épocas anteriores al siglo IV a.C. como lo demuestra el descubrimiento de *Triticum dicocum* en el Castro de Cameixa (Carballiño, Ourense) (Téllez y Ciferri, 1954). Las especies identificadas pertenecen a trigos silvestres como *Triticum boeoticum* y cebadas silvestres como *Hordeum spontaneum* (Van Zeist y Baker-Heeres, 1986; Buxó, 1992).

El cultivo del trigo se realiza en tierras de labor, más o menos próximas a la casa en pequeñas explotaciones familiares y, ocasionalmente, en el monte, en las llamadas estivadas. Las cariósides procedentes de los años anteriores son sembradas año tras año en las mismas parcelas y aproximadamente en las mismas fechas (Sahuquillo et al., 1992). Se trata de una agricultura basada en un sistema minifundista de autoconsumo.

Sin embargo, las políticas de desarrollo agrario que han tenido lugar hasta finales del siglo XX y cuyo objetivo ha sido el elevar el nivel de vida en el campo, estabilizar los mercados y asegurar alimentos a todos los ciudadanos a un precio razonable, han provocado la intensificación de la agricultura, el empleo masivo de fertilizantes y fitosanitarios, y la potenciación de la mecanización del mundo rural. Esto ha supuesto un gran avance, pero al mismo tiempo ha provocado el empleo de técnicas agrícolas incorrectas que han desembocado, a la larga, en la pérdida de la fertilidad, el abandono y posterior degradación de muchos suelos, la contaminación de aguas subterráneas y superficiales, y la disminución de la biodiversidad.

El laboreo excesivo incrementa la mineralización y reduce la materia orgánica y los nutrientes del suelo, lo que se traduce en una disminución de biomasa microbiana (Acosta-Martinez y Tabatabai, 2000 y, a su vez, influye en la calidad del suelo, en su productividad agronómica y en su capacidad de tampón ambiental (Lal, 1999). Bajo estas condiciones, el suelo, una vez agotada su capacidad de amortiguación, puede liberar elementos potencialmente contaminantes al medio ambiente que anteriormente se encontraban inmovilizados (Bruce et al., 1999).

A estas limitaciones hay que añadirle las características intrínsecas de los suelos de Galicia definidos por los materiales geológicos que los conforman, las elevadas precipitaciones y las temperaturas suaves. El sustrato geológico se compone mayoritariamente por rocas ígneas ácidas y rocas metasedimentarias, que van a condicionar las propiedades físicas y químicas de los suelos (Díaz-Fierros y Gil-Sotres, 1984).

Todos estos aspectos dan lugar a suelos que presentan niveles de acidez fuerte o muy fuerte, con presencia de Al en disolución (elemento que es tóxico como consecuencia de la interferencia que produce en determinados procesos bioquímicos de la planta; Bará, 1998) y lavado e inmovilización de nutrientes como el P, principal elemento limitante en Galicia (Gil-Sotres y Díaz-Fierros, 1982; Calvo de Anta, 1992).

Ensayos de fertilización realizados en la Cornisa Cantábrica (Fernández et al., 1998) mostraron que las deficiencias de P se pueden reducir con el aporte de este elemento en el momento de la siembra, con el consiguiente efecto sobre la producción (González-Río et al., 1997). También es frecuente encontrar deficiencias de Ca, Mg y K en estos suelos, como consecuencia del fuerte carácter ácido del mismo (Calvo

de Anta, 1992), y en el caso del K, debido a la presencia de minerales expandibles que fijan este elemento (Rubio y Gil-Sotres, 1997).

Cuando estos sistemas ya casi están aprovechados al máximo surgen experiencias de recuperación de lo tradicional, pero con los cambios imprescindibles para que económicamente resulten viables. Entre algunas de las experiencias cabe destacar la rotación de cultivos siguiendo un sistema para facilitar la regeneración del terreno, recuperando los períodos de barbecho, o la aplicación de diferentes residuos (lodos de depuradora, purines, digestatos, cenizas de biomasa, etc.) como enmiendas y abonos para tratar de restituir las carencias nutricionales de los suelos.

Las cenizas de biomasa de las industrias madereras constituyen una oportunidad de equilibrar los nutrientes y las condiciones agronómicas de los suelos agrícolas, a través de esta fuente de fertilizante/enmendante alternativo, pues presenta nutrientes como P, K, Ca y Mg en formas relativamente solubles y elementos en forma de óxidos, hidróxidos y carbonatos, lo que le confiere un carácter fuertemente alcalino y, a diferencia de otros residuos, bajas concentraciones de metales pesados.

El cultivo del trigo

El trigo es un cereal que, aunque sembrado tradicionalmente, no muestra sus mejores rendimientos en Galicia. En esta región predominan suelos de escaso espesor, fácilmente erosionables, de textura arenosa y con un horizonte A rico en humus. Estos suelos sufren una pérdida intensa de cationes básicos por lixiviación debido las características intrínsecas de los mismos, al clima templado y a las abundantes precipitaciones.

En líneas generales, en Galicia, se pueden distinguir cuatro tipos de suelos que se suceden de arriba abajo a lo largo de las laderas en el siguiente orden: Leptosol lítico, Leptosol úmbrico, Cambisol húmico y Cambisol gleico.

Para un óptimo desarrollo del trigo, este cereal necesita suelos de textura media a pesada, buena estructura (suelos arcillo-limosos o arcillosos) y que permitan un buen drenaje. En ligeros, como los de Galicia, esta especie puede llegar a padecer deficiencias nutricionales y estrés hídrico en el período de maduración del grano. Desde el punto químico requiere pH superiores a 5,0 (entre 5,5 y 7,5), ya que con valores inferiores podrían producir deficiencias de fósforo en la planta por una insolubilización de los fosfatos presentes en el suelo o añadidos con la fertilización.

Todo ello hace que estos suelos no parezcan tener capacidad para producir este cereal; sin embargo, algunas de las limitaciones de carácter químico se pueden subsanar con cierta facilidad por medio de la corrección de la acidez y la fertilización.

Existen diferentes programas de abonado y encalado para este y otros cereales en Galicia a partir de formulaciones de elementos y compuestos químicos. Estos manuales se elaboran teniendo en cuenta las extracciones, el tipo de suelo y la producción esperada. En la Tabla 1, a modo de ejemplo y considerando los principales tipos de fertilizantes comerciales fabricados en España, se presenta un programa de fertilización del trigo para distintos niveles de producción.

En este trabajo, sin embargo, se proponen alternativas a la aplicación de enmiendas y fertilizantes químicos por medio de la aplicación de subproductos de las industrias madereras, como las cenizas de biomasa.

Producción (kg ha ⁻¹)	Abonado de fondo (kg ha ⁻¹)			Cobertera (Kg N ha ⁻¹)
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Hasta 2.000	15-20	30-50	20-30	30-40
2.000-3.000	20-25	45-70	25-45	40-65
3.000-4.000	25-35	60-90	40-65	65-85
Más de 4.000	35-40	80-130	60-90	85-110

Tabla 1.- Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Fuente: ANFE (2010).

Durante varios años, miembros de la Unidad Forestal Sostenible de la USC han realizado ensayos con diferentes tipos de cenizas, dosis y cultivos, llegando todos ellos a definir las bondades de este producto para la corrección de los suelos de Galicia y hacerlos aptos para la producción de cereales como el trigo o la cebada.

Las cenizas de biomasa

La ceniza de madera (en inglés, Wood ash) es el residuo orgánico e inorgánico que queda después de la combustión de madera en las plantas de biomasa. En este contexto, se considera madera, corteza, serrín, hojas y residuos de biomasa forestal residual. En la combustión se generan dos tipos de residuos, cenizas de fondo (CF), formadas por el material total o parcialmente quemado, y las cenizas volantes (CV), partículas arrastradas por la corriente de gases al exterior de la cámara de combustión (Tabla 2).

	Cenizas fondo (CF)		Cenizas volantes (CV)	
	Pino	Eucalipto	Pino	Eucalipto
Humedad a la salida de la caldera (%)	5,00	5,00	5,00	5,00
pH (H ₂ O)	12,13	11,67	12,85	12,03
Poder neutralizante (% CaCO ₃)	22,47	27,35	32,40	35,02
Conductividad (dS cm ⁻¹)	8,07	1,56	2,63	6,82
C (%)	2,58	19,62	0,31	21,23
C/N	11,88	60,91	4,75	50,07
MO (%)	4,45	33,82	0,54	36,60
N (%)	0,22	0,32	0,07	0,42
S (mg kg ⁻¹)	251,0	545,3	2.916,9	3.148,4
P (mg kg ⁻¹)	924,8	2.138,1	1.785,5	9.770,2
Ca (mg kg ⁻¹)	1.844,2	21.630,2	43.337,3	48.278,4
Mg (mg kg ⁻¹)	2.207,4	5.706,8	11.103,4	14.881,5
Na (mg kg ⁻¹)	189,0	3.348,3	8.688,4	5.277,1
K (mg kg ⁻¹)	3.628,6	16.971,1	16.485,7	53.776,9
Al (mg kg ⁻¹)	13.795,5	24.900,1	36.034,0	32.558,5
Mn (mg kg ⁻¹)	146,0	1.022,3	1.213,2	1.267,7
Fe (mg kg ⁻¹)	1.442,5	12.737,6	9.790,4	2.201,2
B (mg kg ⁻¹)	15,4	60,8	123,8	174,3

Tabla 2.- Características químicas de las cenizas de fondo y volantes de dos especies frecuentemente empleadas en las calderas de biomasa (pino y eucalipto).

Este material presenta cualidades importantes para mejorar la fertilidad de suelos. Entre ellas destaca su carácter alcalino, con un potencial neutralizante expresado en términos equivalentes de CaCO₃, que varía entre el 25 y el 100% (Ohno y Erich, 1990; Clapham y Zibilske, 1992, Etiégni et al., 1991). Además, también presentan importantes contenidos de fósforo, potasio, calcio y magnesio (Someshwar, 1996; Vance, 1996),

elementos muy deficitarios en los suelos del noroeste de España. Asimismo, las cenizas contienen carbón vegetal o biochar, un producto que mejora la calidad de la materia orgánica del suelo y la capacidad de retener carbono del medio.

Comparando el poder fertilizante de las cenizas con respecto a los fertilizantes comerciales N, P (P_2O_5) y K (K_2O), éste depende, en gran medida, de la concentración de fósforo, potasio y boro de las mismas. Según Naylor y Schmidt (1986) el efecto fertilizante de las cenizas sería de 0:1:3 (N:P:K), incrementándose a 0:3:14 al disminuir la temperatura de combustión de la caldera. De tal manera que sería necesario aplicar mayores cantidades de ceniza en una fertilización convencional (p.e. 4-5 Mg de ceniza por ha frente a 0,5 Mg de otros fertilizantes comerciales). A pesar de ello, las cenizas presentan la ventaja de que su efecto fertilizante es más duradero que el de los fertilizantes comerciales con la misma concentración de P y K (Väätäinen et al., 2000).

Las cenizas de biomasa por lo general presentan moderadas concentraciones de Zn y Mn (Sommerwar, 1996; Pitman, 2006; Augusto et al., 2008), aunque estas concentraciones pueden variar en función del tipo de caldera empleada (Väättä et al., 1994) y del tipo de ceniza (Miljoeffekter, 1993; Hakkila, 1989). Como se observa en la Tabla 3, las cenizas de volantes muestran mayores concentraciones en metales pesados que las de fondo sobre todo en Cd, Ni, Cu, y Pb. Las cenizas de biomasa se caracterizan por tener bajas concentraciones en metales pesados.

Metales pesados mg kg ⁻¹	Cenizas de fondo (CF)		Cenizas volantes (CV)		Concentración máxima según R.D. 1310/1990	
	Pino	Eucalipto	Pino	Eucalipto	Suelos pH<7	Suelos pH>7
Cd	0,14	0,14	1,29	1,71	20	40
Cr	9,39	13,48	14,07	44,52	1.000	1.500
Cu	5,65	37,36	151,62	111,15	1.000	1.750
Hg	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	16	25
Pb	9,12	66,89	7,61	243,68	750	1.200
Ni	12,00	17,27	30,95	27,41	300	400
Zn	95,44	271,91	95,44	517,40	2.500	4.000

Tabla 3.- Concentración de metales pesados en dos tipos de cenizas y límites establecidos por la legislación

Ensayo de fertilización

Para el testaje de este producto sobre un cultivo de trigo, se seleccionó una parcela agrícola abandonada, en donde se aplicaron distintas dosis de dos tipos de ceniza (cenizas de fondo y cenizas volantes), ubicada en el municipio de Sober (Lugo), en comparación con la fertilización tradicional.

El análisis químico inicial de la parcela (Tabla 4) muestra un suelo muy ácido, con bajo porcentaje en materia orgánica (< 2%) y grandes restricciones nutricionales debido a la baja disponibilidad de macronutrientes.

Instalación del ensayo

Para la instalación del ensayo de experimentación, previamente se procedió a la eliminación de las malas hierbas por medio de un herbicida sistémico total que actúa sobre la vegetación existente (*Convolvulus arvensis*, *Chenopodium album*, *Cynodon dactylon*, *Lolium perenne*, *Echium lycopsis*, *Raphanus raphanistrum*) y preparación del terreno con grada de discos arrastrada por tractor.

El diseño experimental empleado fue de bloques al azar con cuatro repeticiones de cada tratamiento y un total de 40 subparcelas de ensayo. El replanteo se hizo por triangulación, el tamaño de cada una de ellas

fue de 7 m de largo por 4,5 m de ancho. Los distintos tratamientos se seleccionaron teniendo en cuenta por una parte la fertilización tradicional del trigo y por otra los dos tipos de cenizas seleccionadas (de fondo y volantes)

Parámetro	Metales pesados		
Humedad (%)	18,00	Cd mg/kg	0,05
pH (H ₂ O)	4,33	Cr mg/kg	0,05
C (%)	1,02	Cu mg/kg	1,52
C/N	6,37	Hg mg/kg	
MO (%)	1,76	Pb mg/kg	2,37
N (%)	0,16	Ni mg/kg	0,19
S mg/kg	24,66	Zn mg/kg	5,17
P mg/kg	28,77		
Ca mg/kg	110,40		
Mg mg/kg	26,00		
K mg/kg	110,71		
Al mg/kg	920,84		
Mn mg/kg	34,62		
Fe mg/kg	214,70		
B mg/kg	1,36		

Tabla 4.- Características químicas de la parcela de experimentación

El área en donde se ubicó el ensayo suele presentar inviernos rigurosos, por ello, y para ver lo que supone una mejora de la calidad del suelo, se seleccionó un cultivo de invierno. La dosis de siembra fue de 300 semillas m² sembradas a voleo.

Fertilización

En este ensayo se realizó una comparativa entre el abonado tradicional y la aplicación de cenizas de fondo y volantes. El aporte de los distintos productos se realizó en función de la extracción de nutrientes de este cereal y de la fertilidad del suelo. En la Tabla 5 se pueden ver los kg de cada uno de los nutrientes extraídos por trigo según se haga una explotación del grano o planta entera.

Kg por cada 1000 kg de grano producido ⁽¹⁾	
Nitrógeno	28-40
Fósforo (P ₂ O ₅)	9-15
Potasio (K ₂ O)	20-35
Calcio (CaO)	5-7
Magnesio (MgO)	3,5-5
Azufre	5,2

Tabla 5.- Extracciones medias de nutrientes del trigo. ⁽¹⁾ Las extracciones se refieren a la parte aérea de la planta (grano y paja). Fuente: López-Bellido et al., 2007.

Los rendimientos de grano de trigo en Galicia para cultivos de invierno oscilan entre 3-4.000 kg ha⁻¹ (Magrama, 2010). Para tratar de obtener estos valores, se realizó una fertilización tradicional de 180 kg ha⁻¹ de N, 150 Kg de P₂O₅ y 150 kg de K₂O (Oliveira et al., 2000). El fósforo y el potasio se aportaron en una única aplicación al inicio del ensayo, pero de nitrógeno sólo el 25-30%, el resto se aplicó entre el ahijado y el encañado. Dado el carácter ácido de la parcela, además también se aplicó CaCO₃.

Para este tratamiento se utilizó abono complejo 8-15-15 (8 % Nitrógeno total, 15 % P₂O₅ y 15% K₂O) en presiembra y NAC 27% (nitrato amónico cálcico: 13,5 nitrógeno nítrico y 13,5 nitrógeno amoniacal) a inicios del ahijado.

Los análisis de caracterización de los dos tipos de cenizas permitieron establecer la dosis de cada uno de los aportes de ceniza en función de criterios legales (R.D. 1310/90, R.D. 506/2013, R.D. 865/2010 y D. 125/2012), el aporte de nutrientes (P₂O₅ y K₂O), el poder neutralizante, equiparando la cantidad de CaCO₃ necesario para el cereal con el de cenizas y las necesidades de los cultivos.

Las cenizas de fondo presentan un mayor porcentaje de materia orgánica y menor concentración de metales pesados, en contrapartida, las cenizas volantes están más mineralizadas por lo que presentan mayores niveles de macronutrientes como el P, Ca, K y Mg y valor neutralizante de un 35% Ca CO₃

Atendiendo a todos estos criterios la cantidad aportada de cenizas y fertilizantes de cada uno de los tratamientos fue el siguiente:

- C: Parcela sin ningún tipo de tratamiento más que la preparación del terreno.
- T: Parcelas con fertilización tradicional 45-150-150 UF en presiembra con abono complejo 8-15-15 (8 % Nitrógeno total, 15 % P₂O₅ y 15% K₂O).
- 8CF: Parcelas en las que se aplica una dosis de 8 Mg de ceniza volante ha⁻¹ (25 kg por parcela)
- 8CFP: Parcelas en las que se aplica una dosis de 8 Mg de ceniza volante ha⁻¹ (25 kg por parcela) más 160 kg de superfosfato triple ha⁻¹ (0,5 kg por parcela).
- 16CF: Parcelas en las que se aplica una dosis de 16 Mg de ceniza volante ha⁻¹ (50 kg por parcela).
- 16CFP: Parcelas en las que se aplica una dosis de 16 Mg de ceniza volante ha⁻¹ (50 kg por parcela) más 160 kg de superfosfato triple ha⁻¹ (0,5 kg por parcela).
- 16CM: Parcelas en las que se aplica una dosis de 16 Mg de ceniza de fondo ha⁻¹ (50 kg por parcela).
- 16CMP: Parcelas en las que se aplica una dosis de 16 Mg de ceniza de fondo ha⁻¹ (50 kg por parcela) más 160 kg de superfosfato triple ha⁻¹ (0,5 kg por parcela).
- 32CM: Parcelas en las que se aplica una dosis de 32 Mg de ceniza de fondo ha⁻¹ (100 kg por parcela).
- 32CMP: Parcelas en las que se aplica una dosis de 32 Mg de ceniza de fondo ha⁻¹ (100 kg por parcela) más 160 kg de superfosfato triple ha⁻¹ (0,5 kg por parcela)

Además todos los tratamientos recibieron 140 kg ha⁻¹ de nitrato amónico cálcico en el ahijado (630 g por parcela).

Seguimiento ambiental

En esta fase, que se lleva a cabo una vez instalada la parcela, los análisis se realizaron en el suelo y en la vegetación (trigo y malas hierbas).

Los muestreos del suelo se realizaron anualmente con barrena Edelman de 7 cm de diámetro, tomando 4 submuestras de los 25 cm superiores en el centro de cada parcela (evitando el efecto borde) y haciendo un recorrido en zig-zag.

La muestra fue secada a 40°C y tamizada por poros de 2 mm. Para los análisis del C, N, y S total se molieron en mortero hasta obtener un polvillo muy fino. Posteriormente, se hicieron análisis de tipo agrológico, que incluyeron el pH, la materia orgánica, el nitrógeno y los niveles de nutrientes asimilables.

El pH y la conductividad eléctrica se determinaron en una suspensión acuosa con relación muestra-medio extractante (1: 2,5) usando electrodo de vidrio, célula de conductividad y multímetro Multimeter MM 41. La extracción se realizó con extractante Mehlich 3 en una proporción 1:10. Las formas Ca, Mg y K que extrae el reactivo Mehlich-3 son comparables a las del acetato amónico, mientras que para los micronutrientes

son similares a las del DTPA. El extracto fue medido en un equipo ICP-OES (Perkin Elmer, Wellesley, MA, EE.UU) usando suelo agrícola (Sandy Clay soil) como material certificado de referencia (ISE-SAMPLE 998, Wageningen Evaluating Programmes for Analytical Laboratories, Austria).

Los porcentajes de carbono y nitrógeno total se determinaron mediante un analizador elemental de macromuestra CHNS Leco modelo TruSpec CHNS. El material certificado de referencia fue Suelo LECO 502-309.

El estudio de la vegetación se realizó anualmente durante los tres años del proyecto, para ello se recogieron cuatro submuestras de 0,3 x 0,3 m tomadas al azar, donde se corta todo el material existente en el interior a una altura de 2,5 cm por medio de una cizalla manual. Cada submuestra de vegetación se llevó al laboratorio, en donde se agruparon de dos en dos nuevas submuestras, una de ellas constituye la submuestra denominada total y la otra se clasificó botánicamente a nivel de especie. A continuación, se pesó (para el cálculo de la producción en verde) y se secó en estufa a 60 °C hasta alcanzar peso constante.

Las muestras secas se pesaron para el cálculo de la productividad total, porcentaje de malas hierbas y producción de trigo.

Resultados y discusión

A continuación, se presentan los resultados de los dos primeros años. Por tratarse de un suelo agrícola abandonado durante años, no se pueden esperar respuestas inmediatas con una sola aplicación dentro de su marco histórico y la disponibilidad de nutrientes surgidas por la aplicación de los tratamientos no son significativas estadísticamente, aunque existen algunas tendencias al igual que otros trabajos como Fernández (2001), Solla et al. (2000) o Ferreiro (2007).

pH

Los análisis preliminares de este suelo determinan que es necesario corregir su acidez (Figura 1). Con el aporte de emmiendas se pretende incrementar los valores de pH ya que, se favorece la mineralización y nitrificación por un aumento de la actividad de la biomasa microbiana tras mejorar el medio en el que vive (Mombiela, 1983).

Existe un aumento del pH inicial (4,3-4,5) producido por el aporte de cenizas y caliza en todas las subparcelas, sobre todo a partir del segundo año. El incremento de pH en el suelo no solo depende de las propiedades químicas y físicas del mismo (aluminio cambiante, capacidad de intercambio catiónico, saturación de bases, textura y contenido en materia orgánica que contribuyen a aumentar la capacidad tampón del suelo), sino también de la capacidad neutralizante del producto que se emplea (Khanna et al., 1994; Vance, 1996). Algunos estudios establecen que este no supera el 50% (ECC en porcentaje), es por lo tanto aproximadamente la mitad del que presenta la caliza agrícola (Naylor y Schmidt, 1989; Campbell, 1990; Ohno, 1992).

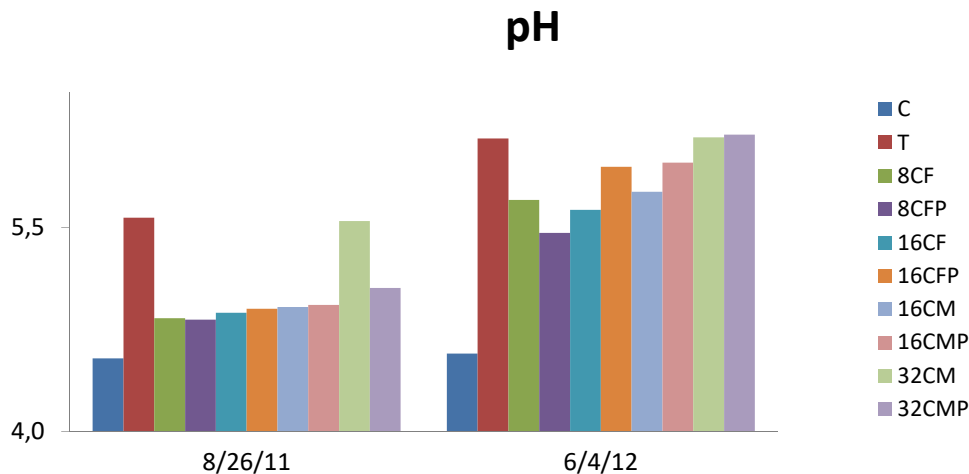


Figura 1.- Evolución del pH (H₂O) a lo largo del ensayo para los distintos tratamientos.

En este trabajo, el encalado tradicional alcanzó mayores valores de este parámetro que los tratamientos de cenizas debido a la mayor cantidad de Ca y Mg aportados con la caliza y al menor tamaño de sus partículas, lo cual deriva en una mayor rapidez en su reacción con el suelo (Clarhom, 1994). Sin embargo, este incremento de las calizas agrícolas no se mantiene en el tiempo como las cenizas de biomasa (Muse y Mitchell, 1995; Demeyer et al., 2001). Por otra parte, si comparamos los dos tipos de cenizas, las cenizas volantes mostraron una mayor respuesta que las cenizas de fondo y esto es debido a que óxidos, hidróxidos y carbonatos responsables su capacidad de neutralización más solubles, por lo que es previsible que su efecto no persista mucho tiempo en el suelo (Ulery et al., 1993).

No obstante, también fueron documentados incrementos de pH más prolongados resultantes de la aplicación de cenizas por Naylor y Schmidt (1989) o Muse y Mitchell (1995) y en Galicia por Fernández (2001) o Ferreiro (2007).

Macroelementos extraíbles: P, K, Ca y Mg

Los análisis preliminares mostraron que la disponibilidad de nutrientes en esta parcela es muy baja, por lo que es necesario un abonado de corrección, lo que hizo que, en general, la respuesta de este cereal de invierno a los diferentes tratamientos fuese positiva.

Los tratamientos con aporte de ceniza y fertilizantes químicos incrementaron la disponibilidad de estos elementos en el suelo, pero no alcanzaron los niveles óptimos ya que estos dependen del tipo de suelo y de las técnicas de cultivo (Domínguez, 1997).

El aporte de P extraíble por parte de las cenizas (Tabla 3) aunque es muy bajo, la fuerte dependencia entre la disponibilidad de este elemento y el pH (Mombiela, 1983) permite que aplicaciones de ceniza eleven el pH (H₂O) por encima de 6. Esto supone también un incremento en el P extraíble. Siendo las cantidades de P aportadas prácticamente iguales en los tratamientos con aporte adicional de superfostato, la combinación del fertilizante químico y la caliza agrícola fue la que presentó un mayor incremento de la disponibilidad de P, al tener la caliza mayor poder neutralizante que las cenizas.

En este sentido, las cenizas de biomasa presentan un contenido importante de P total y ya que este raramente se pierde, su aplicación permite respuestas a largo plazo, cuando las condiciones del suelo, principalmente pH, permitan su solubilización. A ello que hay que añadirle que el coeficiente de utilización del P es relativamente bajo, pues sólo un 15-20% del mismo es extraído por el cultivo el primer año debido

a la capacidad de fijación del suelo, el nivel de carbonato cálcico, pH, el tipo de arcilla, el porcentaje de materia orgánica, etc. (López-Bellido, 2010). Es por ello que, la disponibilidad de este elemento en el suelo se mantuvo en las parcelas con aporte de cenizas, mientras que en las parcelas con tratamiento tradicional se redujo (Figura 3). Estos mismos resultados los obtuvieron autores como Fernández (2001) y Ferreiro (2007).

Con respecto a los cationes básicos, a pesar de la composición tan variable de las cenizas, las mayores cantidades de elementos presentes en ellas corresponden con el C y K y, en menor medida, con el Mg, tal y como se confirma en numerosos trabajos (Etiegni y Campbell, 1991; Ohno y Erich, 1993; Vance, 1996; Someshwar, 1996). En relación con esto, los incrementos en el suelo fueron generalizados. Ca y Mg y principalmente K resultaron ser los elementos más solubles en las cenizas.

La concentración de K en el suelo se incrementó en todas las parcelas fertilizadas, y, en los tratamientos con cenizas, sobre todo a partir del segundo año, lo que confirma su elevada solubilidad, efecto que ya fuera estudiado por otros autores (Kahl et al. 1996, Ferreiro et al., 2011). Comparando la dosis de K aportada con el fertilizante tradicional y con las cenizas, se observa que el incremento de K en el suelo es paralela en ambos casos. Este resultado sugiere que la disponibilidad de este elemento en las cenizas es debida a la de los fertilizantes potásicos (estimada como promedio en el 80%).

El incremento de los niveles de K en el segundo año también se debe a que gran parte del potasio absorbido por los cereales que fue restituido al suelo como residuos del propio cultivo (López-Bellido, 2011), ya que fueron enterrados con pase de grada. Este laboreo permitió que este elemento no quedase retenido por el complejo absorbente del suelo, al tratarse este de un suelo pesado y ligeramente arcilloso.

Con respecto al Ca, en este trabajo, al igual que en otros como Ferreiro et al. (2011), Solla-Gullón et al. (2004) o Fernández (2001), la respuesta inicial de este elemento fue mayor en el caso de la caliza; a partir del segundo año las cenizas proporcionaron concentraciones mayores, posiblemente porque el Ca se va liberando de compuestos menos solubles que los carbonatos, tal y como sugieren las bajas relaciones del contenido disponible/total en el análisis de cenizas, inferiores a las expuestas para calizas por Vance (1996).

El no emplear una caliza magnesiana no derivó en incrementos significativos en el tratamiento de fertilización tradicional de Mg. Por el contrario, el aporte de cenizas dio lugar a incrementos de este elemento, sobre todo a partir del segundo año, y con la incorporación del material vegetal al suelo.

A diferencia de otros trabajos consultados, el incremento de la concentración de los cationes de Ca, Mg y K disponibles (Kahl et al., 1996) no se perdió por lixiviación, al tratarse de un suelo pesado. Esto es así en suelos ligeros y arenosos, en los cuales existe una relación directamente proporcional entre la dosis de ceniza y la cantidad de elementos lixiviados. De todas maneras, este efecto puede estar contrarrestado por el incremento de pH, el cual reduce las pérdidas por lavado y escorrentía (Demeyer et al., 2001).

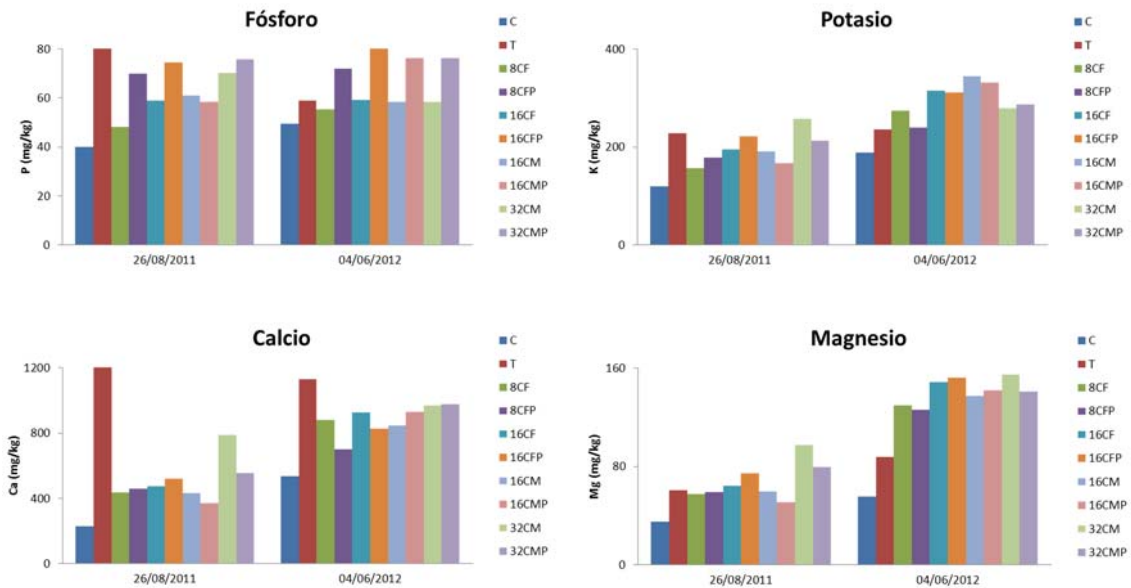


Figura 2.- Macroelementos extraíbles a lo largo del ensayo para los diferentes tratamientos

Metales pesados

A diferencia de otros residuos aplicados en la agricultura como fertilizantes como los lodos de depuradora, las cenizas de biomasa presentan muy bajas concentraciones en metales pesados (López-Mosquera et al., 2002). Esto queda patente en los análisis preliminares de los dos tipos de cenizas empleados en este ensayo, los cuales mostraron que presentaban metales pesados como Ni y Zn, aunque en bajas concentraciones; es por ello necesario observar cómo el aporte de distintas dosis y la modificación de las características químicas del suelo pueden llegar a incrementar su disponibilidad.

Los análisis realizados muestran ligero incremento de la disponibilidad de metales pesados en la dosis más alta, lo que hace suponer que quizás es un poco alta, aunque en ningún caso sobrepase los límites establecidos por la administración. Estos resultados coinciden con otros ensayos realizados sobre cultivos agrícolas en Galicia como los de Ferreiro et al. (2011) o Fernández (2001).

Rendimiento de la vegetación

En el rendimiento del cultivo influye no sólo la fertilización, sino también otros factores como las condiciones climáticas y los tratamientos fitosanitarios.

- Condiciones climáticas. La sequía prolongada, las heladas tempranas, y el encharcamiento derivado de las altas precipitaciones son algunos de los factores climáticos que determinan la viabilidad del trigo.
- Tratamientos fitosanitarios. Uno de los objetivos de este ensayo fue el de obtener la máxima productividad del cultivo, para ello fue necesario el uso de herbicidas y fungicidas adecuados (ver epígrafe de trabajos de campo).

En la Figura 3 se muestra como la combinación de estos parámetros da lugar a un mayor o menor porcentaje de trigo u otras especies, entre las que se encuentran gramíneas como *Lolium perenne*, *Pseudarrhenaterum longifolium*, *Holcus lanatus*, o *Dactylis glomerata* y dicotiledóneas propias de los cultivos de invierno de trigo y cebada como *Raphanus raphanistrum* L. *Convolvulus arvensis* L. *Cirsium*

arvense [L.] Scop, todas ellas pertenecientes a la familia de las Crucíferas. Otra especie muy frecuente es *Galium aparine* L.

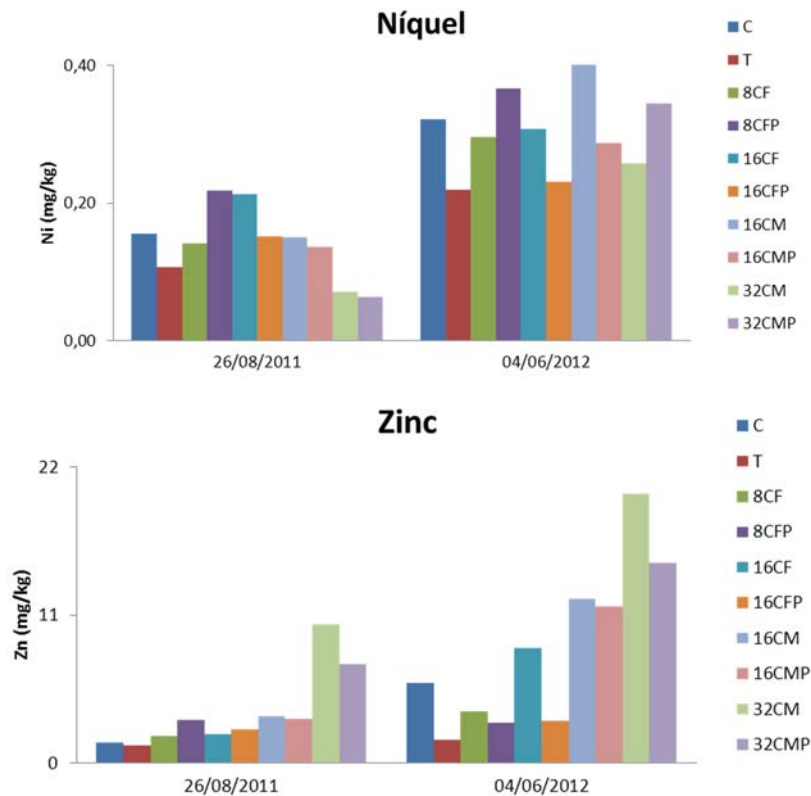


Figura 3.- Metales pesados extraíbles a lo largo del ensayo para los diferentes tratamientos

Para reducir estas malas hierbas adventicias en las parcelas fertilizadas también se pueden recomendar algunas prácticas culturales, entre las que se puede citar las rotaciones de cultivos, la realización de siembras tardías, el establecimiento de cultivos competitivos y el mínimo laboreo.

Aunque las labores de preparación del terreno, abonado y siembra fueron iguales en estos tres años de ensayo, los tratamientos fitosanitarios, como ya se comentaba anteriormente, se fue adaptando a las necesidades de cada cosecha y ello se ve reflejado en los resultados obtenidos.

La recolección anual se realizó cuando el cultivo estaba lo suficientemente maduro y seco, esto es, cuando el grano está en torno al 10-12% de humedad. Cuando se determina la fecha de recolección hay que evitar que las parcelas se sequen demasiado, ya que si esto sucede pueden producirse mermas por desgrane.

Tras separar la vegetación adventicia en cada una de las submuestras, anualmente se mejoró la producción de este cereal (Figura 4). Los bajos resultados obtenidos en el año 2011 se pueden deber a la combinación de varios factores tales como las fuertes y prolongadas precipitaciones en los meses previos a la siembra (94-65 mm) que dieron lugar al encharcamiento del suelo, por lo que se retrasó la siembra al mes de mayo. Posteriormente, en el período comprendido entre la siembra y la cosecha, tuvo lugar una fuerte sequía que derivó en el desarrollo de un gran número de malas hierbas.

En el último año las producciones de cebada se incrementaron notablemente debido a una correcta gestión del cultivo, a la preparación del terreno, a la fertilización de mantenimiento, a la realización de la siembra en octubre y a la aplicación combinada de fungicida y herbicida de postemergencia.

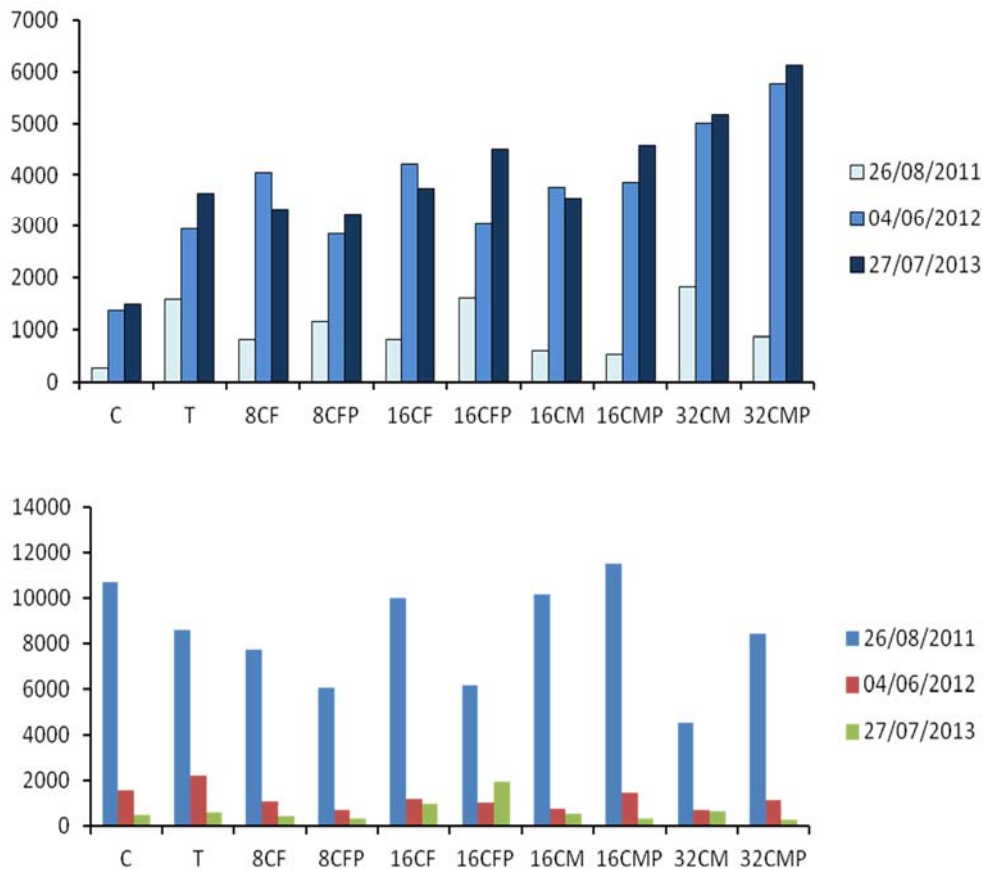


Figura 4.- Producción anual de la parte aérea del trigo (figura superior) y producción total anual de toda la vegetación de la parcela en kg ha⁻¹ durante el ensayo para todos los tratamientos

En cuanto a los tratamientos, es importante resaltar la diferencia entre las cenizas finas y las de fondo; las primeras, al estar más mineralizadas, son más fácilmente asimilables por la planta, de ahí que en el año 2011 la cantidad de cebada en el tratamiento 8CF (8 Mg de cenizas finas ha⁻¹) fuese superior al 16 CM (16 Mg de cenizas de fondo ha⁻¹).

En el año 2013 sorprenden las producciones de 16 y 32 Mg de ceniza de fondo por ha, las cuales superan las obtenidas en las zonas cerealistas que cifran en 3000-5000 kg ha⁻¹. El aporte complementario de fósforo en este tipo de cultivo no parece incrementar la cantidad de este cereal forrajero, más bien parece que existe una tendencia a aumentar el desarrollo de otras especies.

Conclusiones

El objetivo de este ensayo fue evaluar la posibilidad de emplear las cenizas de biomasa arbórea como fertilizante y enmendante de un cereal de invierno sobre un suelo ácido. La aplicación de este residuo sobre terrenos agrarios ofrece la posibilidad de valorizar un subproducto de la industria maderera, al mismo tiempo que restituye los nutrientes necesarios para el desarrollo de cultivos.

Conclusiones y recomendaciones:

- El material geológico de partida y el clima condicionan que los suelos de Galicia presenten un marcado carácter ácido y un pobre estado nutricional para fósforo, calcio, magnesio y potasio. Otras limitaciones importantes son la reducida profundidad o el exceso de pedregosidad. Además, no siempre se adoptan medidas culturales que aseguren la conservación del suelo.
- En concordancia con lo anterior, las plantaciones agrícolas intensivas manifiestan un estado nutricional deficiente para esos mismos elementos, lo que hace que en ocasiones se abandonen estos terrenos.
- Los cultivos agrícolas intensivos implican la retirada de cantidades de nutrientes superiores a las reservas de estos en los suelos, lo que hace necesaria la restitución de los mismos por medio de una fertilización racional.
- La fertilización debe de mejorar el estado nutricional de los suelos, evitando los efectos temporales de los mismos.
- El aporte de cenizas de biomasa arbórea a las dosis empleadas mostró una buena capacidad fertilizante y enmendante, similar al tratamiento convencional con enmiendas calizas y fertilizante NPK. Tales efectos se evidenciaron con el incremento de pH y las concentraciones de Ca, Mg y K.
- La carencia de N en las cenizas, y dependiendo del tipo de cultivo, puede hacer necesario el aporte de un fertilizante nitrogenado de forma complementaria.
- Los análisis de suelo no revelaron incrementos preocupantes en las concentraciones de metales pesados.
- Las mejoras en las propiedades del suelo derivaron en un aumento de la producción vegetal. Con respecto a la composición botánica, en el último año las parcelas fertilizadas con las dosis altas de ceniza tuvieron una mayor presencia de trigo en detrimento de las malas hierbas.

Bibliografía

- Acosta-Martínez, V., Tabatabai, M.A. (2000) Enzyme activities in a limed agricultural soil. *Biology and Fertility of Soils* 31, 85-91.
- ANFFE (2010). Comunicación personal de la Asociación Nacional de Fabricantes de Fertilizantes.
- Augusto, L.; Bakker, M.; Meredieu C. (2008). Wood ash applications to temperate forest ecosystems—potential benefits and drawbacks. *Plant Soil*. 306: 181-198
- Bará, S.; (1998). Fertilización forestal. Colección técnica no 9, Consellería de Agricultura, Xunta de Galicia. Santiago de Compostela.
- Birk, E.M.; Turner, J. (1992). Response of flooded gum (*Eucalyptus grandis*) to intensive cultural treatments: biomass and nutrient content of eucalypt plantations and native forest. *Forest Ecology and management* 47: 1-28.
- Bruce, J.; Frome, M.; Haites, E.; Janzen, H.; Lal, R.; Paustian, K. (1999). Carbon sequestration in soils. *Journal of Soil and Water Conservation* 54, 382-389.
- Buxó, R. (1992). La problemática sobre la alimentación vegetal en el naturfiense de Palestina. treballs d'Arqueologia no 2. Actas del Primer, Segundo y tercer Seminario de Arqueología en el Próximo Oriente, celebrados en la universitat Autònoma de Barcelona.
- Calvo de Anta, R. (1992). El eucalipto en Galicia. Sus relaciones con el medio natural. Universidad de Santiago de Compostela. A Coruña.
- Campbell, A.G. (1990) Recycling and disposing of wood ash. *Tappi Journal* 73(9), 141-146.
- Clapham, W.M.; Zibilske, L.M. (1992). Wood Ash as a Liming Amendment, *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 23: 1209-1227.
- Clarholm, M. (1994). Granulated Wood Ash and a N-Free Fertilizer to a Forest Soil –Effects on P-Availability, *Forest Ecology and Management* 66: 127-136.
- Demeyer, A. Voundi-Nkana, J.C.; Verloo, M.G. (2001). Characteristics of wood ash and influence on soil properties and nutrient uptake: An overview. *Bioresource Technology* 77, 287-295.
-

- Díaz -Fierros, F.; Gil-Sotres, F. (1984). Capacidad productiva de los suelos de Galicia. Universidad de Santiago de Compostela.
- Domínguez, A. (1997). Tratado de fertilización. 3 ed., Mundi-Prensa, Madrid.
- Edeso, J. M.; Merino, A.; González, M. J.; Marauri, P. (1999). Soil erosion under different harvesting managements in steep forestlands from Northern Spain. *Land Degradation and Development*, 10, 79-88.
- Etiégni, L.; Campbell, A.; Mahler, R. (1991). Evaluation of wood ash disposal on agricultural land. 1. Potencial as a soil additive and living agent. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 22(3-4), 243-256.
- Fernández, A. (2001). Seguimento do efecto da aplicación de cinzas de biomasa arbórea como enmenda e fertilizante no establecemento dunha pradeira. Proyecto fin de carrera. Lugo. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela.
- Fernández, A.; González-Río, F.; Merino, A. (1998). Efectos de la fertilización sobre las concentraciones foliares de nutrientes en *Eucalyptus globulus*. Memoria de la Universidad de Santiago de Compostela para CEASA. Inédito.
- Ferreiro, A. (2007). Posibilidad del uso de cenizas procedentes de industrias madereras como enmienda de una pradera artificial en Galicia. Proyecto fin de carrera. Lugo. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela.
- Ferreiro, A.; Merino, A.; Díaz, N.; Piñeiro, J. (2011). Improving the effectiveness of wood-ash fertilization in mixed mountain pastures. *Grass and Forage Science*. Vol 66, 3: 337-350.
- Gil-Sotres, F., Leirós de la Peña, MC., Trasar-Cepeda, C., Seoane, S. (2005) Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. *Soil Biol. Biochem.* 37, 877-887.
- Gil-Sotres, F., Trasar-Cepeda, C., Ciardi, C., Ceccantti, B., Leiros, M., (1992) Biochemical characterization of biological activity in very young mine soils. *Biology and Fertility of Soils* 13, 25-30.
- Gil-Sotres F., Díaz-Fierros, F. (1982). El fósforo en suelos forestales de la sierra de Barbanza (Galicia, España). II. Estudio de la retención del P: relación entre la sorción y las propiedades de los suelos. *Agro- química* 26, 204-212.
- González-Río, F.; López, J.; Astorga, R.; Castellanos, A.; Fernández, O.; Gómez, C. (1997). Fertilización y control de la vegetación accesoria en plantaciones de eucalipto. *Comunicaciones II Congreso forestal español*, 3, 271-276.
- Hakkila, P. (1989). Utilisation of Residual Forest Biomass. Springer series in Wood Science-springes Verlag, Berlin.
- Kahl, J.; Fernandez, I.; Rustad, L.; Peckenham, J. (1996). Threshold application rates of wood ash to an acidic forest soil. *J. Environ. Qual.*, vol. 25 (220-227)
- Khanna, P.K.; Raison, R.J.; Falkiner, R.A. (1994). Chemical-Properties of Ash Derived From Eucalyptus Litter and Its Effects on Forest Soils, *Forest Ecology and Management* 66: 107-125.
- Knight, P.J.; Nicholas, Y.D. (1996). Eucalypt nutrition: New Zealand experience. En: P. M. Attiwill; M.A. Adams (Eds.). *Nutrition of Eucalyptus*, 275-302. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia.
- Lal, R. (1997). Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO₂-enrichment. *Soil and Tillage Research*. 43(1), 81-107.
- López Bellido, L. (1991). Cultivos herbáceos. Cereales. mundi-Prensa. Madrid.
- López-Bellido, R.J. (2010). Guía práctica de fertilización racional de los cultivos en España. Parte II. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 16, 123-133.
- López-Bellido, R.J.; Garrido-Lestache, E.; Fontán, J.M.; López-Bellido, L. (2007). Influencia del nitrógeno en el rendimiento de grano y calidad en cereales de invierno. *Vida Rural* nº 254. 44-46.
- López-Mosquera, M.E.; Moirón, C.; Carral, E. (2002). Effects of dairy-industry sludge fertilization on mixed field production and on their botanical composition. *12 EU Technical Series* 64, 224-232.
- Macías, F.; Calvo, R. (1992). Suelos de la provincia de La Coruña. Diputación de La Coruña. Martínez Cortizas A. (1988). La reserva de agua útil de los suelos de Galicia. I. Relación con la textura y el contenido de materia orgánica. *Ann. Edafol. Agrobiol.* 47, 561-572.
- Magrama (2011). Superficies y producciones de cultivos. Anuario. Ministerio de Agricultura, Medio Rural y Marino.
- McLaughling, M.J., (1996). Phosphorus in Australian forest soils. P. M Attiwill, M. A Adams (Eds.) *Nutrition of Eucalypts*, 1-30. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia.
- Merino, A.; Edeso, J.M.; González, M.J.; Marauri, P. (1998). Soil properties in a hilly area following different harvesting management practices. *For. Ecol. Manage.* 103, 235-246.
- Merino, A.; Edeso, J. M. (1999). Soil fertility rehabilitation in young *Pinus radiata* D. Don plantations from northern Spain after intensive site preparation. *Forest Ecology and Management*, 116, 83-91.
-

- Mombiela, F. (1983). El estudio sobre la fertilidad del suelo en Galicia. Apuntes históricos y problemática general de la investigación sobre la acidez y la falta de fósforo. I Xornadas de estudo sobor dos Recursos da Agricultura Galega. pp. 75-118.
- Mombiela, F. (1986). Importancia del abonado en la producción de los pastos de la zona húmeda española. *Pastos*, 16 (1-2): 27-55.
- Muse, J.K.; Mitchell, C.C. (1995). Paper-Mill Boiler Ash and Lime by-Products as Soil Liming Materials, *Agronomy Journal* 87: 432-438.
- Naylor, L.M. Schmidt, E. (1986). Agricultural use of wood ash as a fertilizer and liming material. *Tappi Journal* 69, 114-119.
- Ohno, T. (1992). Neutralization of soil acidity and release of phosphorus and potassium by wood ash, *Journal of Environmental Quality* 3: 433-438.
- Ohno, T.; Erich, M.S. (1990). Effect of wood ash application on soil pH and soil test nutrient level. *Agriculture Ecosystem Environmental* 32, (223-239), 433-438.
- Ohno, T.; Erich, M.S. (1993). Incubaion-Derived Calcium-Carbonate equivalence of paper mill boiler ashes derived from sludge and wood sources, *Environmental Pollution* 79: 175-180
- Oliveira, J.A.; Sau, F.; López, F.J. (2000a). Agronomía del trigo en Galicia. *Agricultura*, 813, 192-194.
- Oliveira, J.A.; Mezquita, F.; Teijeiro, T.; Gómez-Ibarlucea, C. (1998). Proyecto de mejora de los trigos de La Coruña. *Agricultura*, 791, 454-456.
- Pitman, R.M. (2006). Wood ash use in forestry - a review of the environmental impacts, *Forestry* 79: 563-588.
- Rubio, B.; Gil-Sotres, F. (1997). Distribution of four major forms of potassium in soils of Galicia (N.W. Spain). *Commun. Soil Sci. Plant. Anal* 28, 1805-1816.
- Sahuquillo, E.; Fraga, M.I.; Martínez-Cortiza, A. (1992). Efecto de la época de siembra sobre las características morfológicas y de interés productivo en los trigos de cultivo tradicional en Galicia. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)* 3: 85-92.
- Solla-Gullón, F.; Rodríguez-Soalleiro, R.; Merino, A. (2001). Evaluación del aporte de cenizas de madera como fertilizante de un suelo ácido mediante un ensayo en laboratorio. *Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetales*, 16, 379-393.
- Solla-Gullon, F.; Santalla, M.; Rodriguez-Soalleiro, R.J.; e Merino, A. (2006). Nutritional Status and Growth of a Young *Pseudotsuga Menziesii* Plantation in a Temperate Region After Application of Wood-Bark Ash, *Forest Ecology and Management* 237: 312-321.
- Someshwar, A.V. (1996). Wood and Combination Wood-Fired Boiler Ash Characterization, *Journal of Environmental Quality* 25: 962-972.
- Stewart, H.T.L.; Hopmans P.; Flinn, D.W.; Croatto, G. (1990). Harvesting effects on phosphorus availability in a mixed eucalypt ecosystem in southern Australia. *For. Ecol. Manage.* 36, 149-162.
- Tellez, F.; Ciferri, R. (1954). Trigos arqueológicos de España. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Madrid.
- Ulery, A.L.; Graham, R.C.; Amrhein, C. (1993). Wood-Ash Composition and Soil-Ph Following Intense Burning, *Soil Science* 156: 358-364.
- Väätäinen, K.; Sikanen, L.; Asikainen, A. (2000). Rakeistetun puutunhkan metsäänpalautuksen logistika. (Logistics of returning granulated wood ask bark to forest). University of Joensuu, Faculty of Forestry, Research Notes 116. Joensuu 2000.
- Välttillä, O.; Järvinen, R.; Rainio, K.; Talka, E.; Isomöttönen, K.; Alaniemi, M. (1994). Combustion of kraft mill biosludge. *Proc TAPPI Int Enviromental Conference Book*. Tappi Press I, 49-56.
- Vance, E.D. (1996). Land Application of Wood-Fired and Combination Boiler Ashes: an Overview, *Journal of Environmental Quality* 25: 937-944.
- Van Zeist, W.; Baker-Heeres, J.H. (1986). Archaeobotanical studies in the Levant. Neolithic sites in the Damascus basin. *Palaehistoria*, 24.
- Vázquez-Varela, J.M. (1994). El cultivo tradicional del millo miudo (*Panicum miliaceum* L.) en Galicia. Ponencia presentada en el Simposio Internacional in Memoriam de Xaquín Lorenzo. *Tecnoloxía Tradicional. Dimensión Patrimonial. Valoración Antropolóxica*. 13-15 Outubro, 1994. Ourense
-

¿Por qué cultivo ecológico de cereales?

Why organic farming of cereals?

Xan Neira Seijo ¹ · Martiño Neira Cervera ²

¹ EPSE Lugo-USC. Campus Universitario. 27002 Lugo. xan.neira@usc.es. Tfno.982823257

² University of St. Gallen. Suiza

Resumen Aparejado al surgimiento de la agricultura, hace unos diez mil años, ha discurrido la domesticación de las semillas. Dentro del denominado paquete fundacional se citan tres cereales: una cebada y dos trigos. Muy pronto apareció el pan, que se ha constituido como un alimento básico para buena parte de la humanidad. Durante las últimas décadas las técnicas agrícolas y los procesos de mejora han conseguido, referido al trigo, un cultivo más productivo, con más contenido en proteínas, especialmente las del grupo del gluten (80-85%), responsables fundamentalmente del comportamiento funcional a nivel de panificación. En este proceso no se ha dado relevancia a la calidad nutricional del grano, de este modo los trigos actuales presentan granos con alto contenido en hidratos de carbono, proteínas de baja calidad, por su deficiencia en aminoácidos esenciales y mayor capacidad citotóxica e inmunogénica. La enfermedad celiaca aumenta cada año a un ritmo del 15% en España, y afecta del orden del 1% de la población. La principal conclusión es que para revertir la situación y devolver la calidad nutricional al pan es preciso incidir en las semillas, con recuperación de semillas tradicionales con proteínas de mejor calidad, en las técnicas de cultivo: como la adopción de la agricultura ecológica, y con los procesos de panificación, que va desde la molienda al proceso de fermentación con masa madre.

Palabras clave agroecología, salud, calidad de vida, trigo, panificación.

Abstract Paired with the emergence of agriculture, about ten thousand years ago, the domestication of seeds has occurred. In the so-called founding package, three cereals are mentioned: one barley and two wheats. Soon bread appeared, which has been established as a basic aliment for much of humanity. During the last decades, the agricultural techniques and the processes of improvement have achieved, referred to the wheat, a more productive culture, with more content in proteins, especially those of the gluten group (80-85%), fundamentally responsible for the functional behavior at the level of bread. In this process, no relevance has been given to the nutritional quality of the grain, with high content of carbohydrates, proteins of low quality. This is due to its deficiency in essential amino acids and greater cytotoxic and immunogenic capacity. Celiac diseases increase each year at a rate of 15% in Spain, and affects around 1% of the population. The main conclusion is that to reverse the situation and return the nutritional quality to bread, it is necessary to influence the seeds, recover traditional seeds with better quality proteins, in the cultivation techniques, such as the adoption of organic agriculture, and with the baking processes, ranging from grinding to the process of fermentation with sourdough.

Keywords agroecology, health, quality of life, wheat, bakery.

Introducción

En la región histórica del Creciente Fértil, y muy probablemente ligado a un cambio climático, se desarrolló hace diez milenios uno de los focos de la agricultura. Entre las siete especies de plantas que se domesticaron, aparecen tres cereales: una cebada y dos trigos (escanda y emmer). Casi al unísono, alguno de estos cereales toscamente molidos y humedecidos, y próximos a una fuente de calor, pudo haber sido el origen del pan más primitivo.

En la misma zona, unos milenios más tarde, en la oración Cristiana por excelencia el Padre Nuestro, atribuida a Jesús de Nazaret, existe una invocación a la supervivencia, a lo necesario para vivir, y ahí aparece el pan, el “pan nuestro de cada día”, como alimento esencial.

El pan ha constituido un elemento básico en la dieta de buena parte de la población mundial. En tiempo de la República, en la antigua Roma, el trigo representaba 2/3 de la dieta.

En referencia al trigo, el cereal más cultivado, este acompañó la expansión de la agricultura en la cuenca mediterránea, y llegó a la Península Ibérica dejando como legado, en cada región, las variedades locales. Acercándonos a Galicia, el centeno presenta una especial significación, según Cubero (2014) los primeros trigos estarían mezclados entre sí y con otras gramíneas; una de las impurezas del trigo era el centeno, que al ser sembrado con el trigo en zonas poco calizas y frías, constituía el cereal más recogido, una especie domesticada sin haberlo intentado, el progreso de un cultivo secundario. El centeno era (Coleto et al., 2016) el principal cereal panificable en las zonas montañosas de clima templado del Norte de la península ya en el siglo XIII.

En lo relativo a la expansión del cultivo, en la posguerra de la 2ª guerra mundial, una buena parte de la población vive en la escasez y, no obstante, crece a un gran ritmo. En el mismo periodo el investigador de la Fundación Rockefeller, Norman Borlaug, trabajaba en México; motivado por estas circunstancias y desde el Centro Internacional para la Mejora del Maíz y Trigo (CIMMYT), Borlaug logro obtener variedades de trigo resistentes a la roya –un gran problema en México-, pero pronto comprendió que debía atender a otros frentes, desde la mejora genética a la agronomía, dando comienzo la Revolución Verde.

El rendimiento de los trigos no había permanecido inalterado desde el inicio de la agricultura, desde 1,5 granos recogidos/1 grano sembrado de hace 10.000 años, a 20 granos/1 grano a principios del siglo XX. Debido al peso de las espigas, el trigo se encamaba; para evitarlo se cruzaron variedades con trigos enanos japoneses, lo que redujo la estatura de las plantas. Las nuevas variedades semi-enanas toleraban importantes aportes de abonado nitrogenado y riego, eran resistentes a enfermedades y la productividad aumentó. Las variedades enanas de trigo se difundieron y adaptaron rápidamente a la diversidad de ambientes y de sistemas de producción de los distintos países.

Uno de los parámetros de productividad importantes es el contenido en proteína. Los bajos contenidos de proteína en grano se presentan principalmente cuando existe baja fertilidad del suelo o bajo contenido en nitrógeno en etapas posteriores a la aparición del primer nudo del tallo.

En paralelo, con toda lógica, discurrió el crecimiento de las plantas de producción de fertilizantes nitrogenados y la agricultura química alcanzó toda su dimensión.

Con el paso del tiempo, la intensificación de forma insostenible de la producción agraria ha generado los problemas de desigualdad, contaminación, salud y uso masivo de energía, que sobradamente conocemos. La intensificación también ha llegado a la elaboración de pan.

El secreto del pan: harina, agua, sal y, generalmente, levaduras. Un negocio anual que en España supone unos 3.683 M€, con beneficios de 900 M€. Con un mercado donde más del 50% está representado por el pan precocido ultracongelado. Un pan barato, de fermentaciones cortas, con levaduras artificiales, con una proteína (el gluten) que puede ser problemática en el tubo digestivo.

Las proteínas del gluten son bastantes complejas y causan, en el intestino delgado, permeabilidad y desgaste. La impermeabilidad intestinal es fundamental de cara a un buen sistema inmunitario.

Los grandes tributos del pan actual son: amasado fácil e industrial, blanqueado, fresca y esponjosidad, expansividad, antimoho... Todo ello acarrea el aporte de innumerables aditivos, alguno de ellos notoriamente problemático. Mucha aptitud panadera no implica mucha calidad nutricional. La alimentación actual encierra una gran paradoja: existen más controles, pero es menos saludable. Cada día comemos más seguro, pero menos sano (Neira, 2017).

¿Cómo revertir esa situación?, ¿qué factores inciden en la seguridad y calidad agroalimentaria?, ¿puede representar la agroecología, considerando los 4 principios de agricultura orgánica, una opción de futuro?

Material y métodos

La Federación de Movimientos de Agricultura Orgánica, IFOAM (2005), enunció los 4 principios de la agricultura orgánica: salud, ecología, equidad y precaución.

Serán enunciados y, en base a sus principios, se valorará la producción convencional de cereales y sus repercusiones atendiendo a cada uno de estos principios.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se analiza, en base a los cuatro principios de la agricultura orgánica referidos, la producción de cereales, especialmente trigo.

Tabla 1. Análisis, a través de los principios de la agricultura orgánica (IFOAM, 2005), de la producción de cereales.

<p>PRINCIPIO DE SALUD</p> <p>La salud de los individuos y las comunidades no puede ser separada de la salud de los ecosistemas.</p> <p>La salud es el todo y la integridad en los sistemas vivos no es únicamente la ausencia de la enfermedad, sino también el mantenimiento del bienestar físico, mental, social y ecológico. Características esenciales de la salud son inmunidad, resiliencia y regeneración.</p> <p>La agricultura tiene la finalidad de producir alimentos nutritivos de alta calidad que promuevan un cuidado preventivo de la salud y del bienestar.</p>	<p>FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reducción de hambrunas (por el aumento producción por ha) - Disminución de la labor humana <p>DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Deterioro de la salud de los ecosistemas y de los humanos (fertilización agroquímicos: especialmente N, pesticidas) - Inmunodeficiencias (aumento de casos de celiaquía debido al gluten) -Deterioro de la calidad nutritiva del pan - Incremento de los precios internacionales de los alimentos a niveles récord, perjudicando a los sectores pobres de la población
<p>PRINCIPIO DE ECOLOGIA</p> <p>La producción debe estar basada en procesos ecológicos y el fomento del reciclaje.</p> <p>La nutrición y el bienestar se logran a través de la ecología del ambiente productivo específico, que en el caso de cultivos este es el suelo vivo.</p> <p>Los sistemas de agricultura orgánica deben ajustarse a los ciclos y equilibrios ecológicos de la naturaleza. Estos ciclos son universales, pero su funcionamiento es específico del lugar.</p> <p>El manejo debe adaptarse a las condiciones locales, la ecología, cultura y escala.</p> <p>Los insumos deben disminuir mediante la reutilización, reciclaje y manejo eficiente de materiales y energía, para así mantener y mejorar la calidad ambiental y la conservación de los recursos.</p> <p>La agricultura debe lograr el equilibrio ecológico a través del diseño de sistemas agrarios, el establecimiento de hábitats y el mantenimiento de la diversidad genética y agrícola.</p> <p>Quienes producen, transforman, comercializan o consumen productos orgánicos deben proteger y beneficiar al ambiente común que incluye paisajes, hábitat, biodiversidad, aire y agua.</p>	<p>FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Menor deforestación y aumento de vida silvestre (vinculado al aumento de rendimiento y menor exigencia de superficies de cultivo) - Semillas y cereales más resistentes <p>DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erosión y contaminación de los suelos y aguas - Salinización - Abandono de cultivos con menos exigencias de recursos - Alto coste energético - Uso masivo de la irrigación (asociado a agotamiento de recursos) - Afección al sistema biótico del suelo - Minusvaloración de los saberes locales - Agotamiento recursos

<p>PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN</p> <p>La agricultura orgánica es un sistema vivo y dinámico que responde a demandas y condiciones internas y externas. La agricultura puede incrementar la eficiencia y la productividad, siempre que no comprometa la salud y el bienestar.</p> <p>Debido a que solo existe un conocimiento parcial de los ecosistemas, la agricultura debe tomar en cuenta la precaución. Este principio establece que la precaución y la responsabilidad son elementos clave en la gestión, desarrollo y elección de tecnologías para la agricultura.</p> <p>La ciencia es necesaria para asegurar que la agricultura sea saludable, segura y ecológicamente responsable. Sin embargo, el conocimiento científico solo no es suficiente. La experiencia práctica, la sabiduría acumulada y el conocimiento local y tradicional ofrecen soluciones validas comprobadas por el tiempo.</p>	<p>FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aumento de la productividad <p>DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Uniformidad genética (el 68% del trigo cultivado, proviene de una misma fuente de semilla) - Disminución de la biodiversidad - Afecciones de salud - Riesgo (asociado al cambio climático) - Ausencia de investigación participativa - El 90% del suministro de calorías a nivel mundial depende solo de 3 cereales: trigo, maíz y arroz - Menor capacidad de adaptación y resistencia al cambio climático y a las enfermedades
<p>PRINCIPIO DE EQUITAD</p> <p>La equidad está caracterizada por la igualdad, el respeto, la justicia y la gestión responsable del mundo compartido, tanto entre humanos, como en sus relaciones con otros seres vivos. Este principio enfatiza que todos aquellos involucrados en la agricultura deben conducir las relaciones humanas, de tal manera que aseguren justicia a todos los niveles y a todas las partes: productores, trabajadores agrícolas, transformadores, distribuidores, comercializadores y consumidores.</p> <p>La agricultura debe proporcionar a todos aquellos involucrados una buena calidad de vida, contribuir a la soberanía alimentaria y a la reducción de la pobreza.</p> <p>La agricultura orgánica tiene como objetivo producir alimentos de calidad y otros productos en cantidad suficiente.</p> <p>La equidad requiere de sistemas de producción, distribución y comercio abiertos y justos que tomen en cuenta los verdaderos costos ambientales y sociales.</p>	<p>FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aumento de la calidad de vida y justicia (no generalizable) <p>DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Endeudamiento (imposibilidad de acceder al paquete tecnológico: semillas, fertilizantes, mecanización e irrigación, para muchos agricultores) -Disminución del consumo en un entorno local. Mercados globales - Inequidad - Elevados costes ambientales

Las guerras del pan

El pan, en la tradición judeocristiana, es, con el vino, un alimento sacramental, clave en la alimentación de aquellas zonas por donde se expandió la agricultura desde el Creciente Fértil. A finales del Antiguo Régimen, el pan proveía más de dos tercios del aporte calórico diario en la alimentación popular y, al menos, la mitad en las otras clases sociales. Había panes de trigo, centeno, cebada, alforfón, etc. diferentes según el estrato social. Existían crisis periódicas de subsistencia que estaban relacionadas con una economía predominantemente agraria y dependiente de la combinación de las malas cosechas y el atraso tecnológico. Presentamos algunos ejemplos, no exhaustivos, desde el Antiguo Régimen a la actualidad:

1358. La Grande Jacquerie, la revolución campesina, relacionada con la escasez de pan, que conmocionó Francia.

1789. Francia. Inicio Revolución Francesa. La marcha sobre Versalles, acontecimiento que empezó entre las mujeres de los mercados de París que protestaban contra la escasez del pan y su elevado precio. En lo anecdótico, la rumorología atribuye a María Antonieta una sabrosa frase, donde sugería que si al pueblo le faltaba pan que comiese pasteles.

1918. Comarca Ferrolterra. Galicia. Gran escasez de harina y el pan extremadamente caro, fundamentalmente por la especulación. Las mujeres de Ferrolterra accedieron al puerto, almacenes e incluso trenes con alimentos. Varias muertes, fue decretado el estado de guerra y la protesta aplastada.

2007. La crisis de la tortilla mexicana. Las tortillas de maíz son un alimento básico de la dieta mexicana. El precio del maíz se disparó generando un fuerte descontento social.

2017. Venezuela. La guerra del pan. El presidente está decidido a obligar a las panaderías a destinar el 90% del saco de trigo que les subsidia el Estado para elaborar presentaciones económicas de pan (canilla y francés).

Pan, mucho negocio, poco alimento

Se han trasladado ejemplos de la conflictividad social ligados a la escasez o al aumento del precio del pan. En la actualidad existe una declarada guerra del pan que, sin una conflictividad social manifiesta, sí es otra de las puntas de un iceberg de una crisis con dimensiones económicas, sociales y ambientales en la que estamos inmersos.

El paro, en la situación más extrema, y la pérdida de poder adquisitivo para la mayor parte de la población, crea una vía para reducir gasto en alimentación.

En un documental denominado "La guerra del pan" (Atresmedia, 2013) se narra como un hornero en la comunidad valenciana, hasta aquel momento tradicional, lanza en 2012 una auténtica ofensiva comercial y decide vender la barra de pan a 20 céntimos, contra los 59 céntimos de media habituales. El consumidor agradece los nuevos precios: "Vengo a comprar el pan aquí todos los días porque es más barato que en ningún sitio. Creo que la diferencia es grande para los que estamos en el paro". "Para una familia que compra 5 ó 6 barras, estamos hablando de 4 y 5 euros diarios, multiplicados por 30 días, es la factura de la luz o el agua".

La competencia y la larga crisis, que ha mermado los presupuestos familiares, han alimentado la guerra de precios en el sector. Las grandes cadenas se han sumado a esta ofensiva.

El pan no constituye el alimento fundamental que ha sido, en el obrador han entrado con una fuerza inusitada nuevos ingredientes: margen bruto, beneficio antes y después de impuestos, logística, cuota de mercado. Quien amasa trigo, agua, levadura y sal son las ratios empresariales. El pan se ha convertido más en negocio, que en alimento. Los datos totales del sector en España, referidos al año 2016, se presentan en la Tabla 2.

Año (2016)	CONSUMO		GASTO		
	PRODUCTO	Volumen (Miles kg)	PER CAPITA (kg)	Valor (Miles €)	PER CAPITA (€)
TOTAL PAN	1.521.271,79	34,67	3.683.833,93	83,92	
DESPERDICIO PAN	66.300,00	1,44	160.548,68	3,66	

Fuente: Informe del consumo de la alimentación en España 2016 y elaboración propia

Tabla 2. Distribución total consumo (miles kg), gasto (miles €), y desperdicio (miles kg, miles €) de pan en España en 2016

En la Figura 1 se presenta, en volumen, el reparto de los canales de distribución. Se aprecia que más de la mitad de la distribución en volumen se realiza en la gran superficie. En los lineales del supermercado el pan es uno de los mejores reclamos para atraer al consumidor, otra cosa es que las barras sean, o no, de la mejor calidad.

Entre las empresas del sector, por volumen de negocio, cabe mencionar:

Europastry (San Cugat), factura 429 m€ (2014). Importó en la década 80, la producción de pan congelado en masa cruda, una fórmula que rápidamente evolucionó al pan precocido. Abastece innumerables franquicias. Con socios financieros.

Servitje (México), factura 345 m€. Controla el sector del pan de molde: Bimbo, Panrico-Donuts. Pan-Star SL (Cantabria), factura 320 m€ (2014). Dispone de una fábrica de mejorantes para panadería EPI Pastries (Madrid). Berlys (Panasa), centros logísticos de Noblejas (Toledo) y Tafalla (Navarra), factura 230 m€. Ingapan (Lugo) factura 70 m€. En 2017 se produce un acuerdo con Europastry, la cual compra el 60% del capital. Bellsolà (Barcelona), factura 55 m€. Dispone de una alta gama de estilo artesanal.

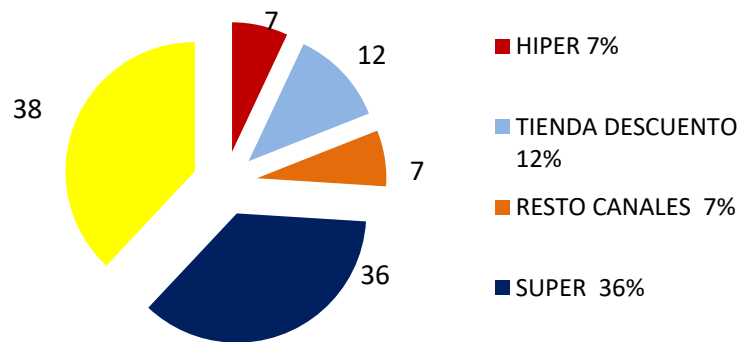


Figura 1. Reparto en canales distribución del pan en España. Fuente : ASEMAC

Industria harinera

De los campos llegan a las industrias harineras las variedades de trigo más productivas, y más exigentes en nutrientes. El resto de cuestiones, como la calidad nutricional, pasa a un segundo plano. En la industria se produce la molienda, la harina es obtenida y refinada para garantizar una mayor duración, ¿cómo?

- Extracción salvado, mediante:

Trituración: Se separa el endospermo del salvado (con 5 o 6 trituraciones producidas por pares de cilindros estriados).

Separación: El producto se separa en diferentes tamaños de partículas. Cernido.

Purificación. Mediante la combinación de cernido y aspiración se succionan las partículas de salvado.

Los motivos económicos implicados en su extracción vienen dados por lo que genera su presencia: aumenta el tiempo de desarrollo de la masa, absorbe más agua, aumenta la resistencia al amasado, disminuye el volumen, prolonga la cocción, oscurece corteza y miga, reviene la corteza –migración de la humedad de la miga a la corteza-, y confiere una estructura más grosera.

En el proceso se pierde fibra, aromas y sabores que proporciona el salvado.

- Extracción germen

Se realiza la extracción del germen para evitar que los aceites del germen impregnen los tamices obstruyéndolos. La harina integral, cuando el germen se incorpora, se oxida y se produce un enranciamiento más rápido en los meses calurosos; por lo tanto, se opta por eliminar el germen para evitar este problema de conservación de la harina integral. En el proceso se pierden lípidos y proteínas (que son apetecidos por la industria dietética y de cosmética).

Después del proceso de molienda, y extraídos estos componentes, permanecen el almidón y las proteínas (mayoritariamente gluten en un 85%), de los que, mediante en proceso de compresión con rodillos lisos, se obtienen diferentes grados de finura de la harina. La harina de trigo recién molturada tiene color amarillo y produce una masa adherente que no amasa ni panifica bien. La harina almacenada se torna lentamente blanca y experimenta un proceso de envejecimiento o maduración que mejora su aptitud para la panificación. Esta harina puede, en la harinera, ser estabilizada y "mejorada" con la adición de aditivos y complementos, autorizados legalmente, como blanqueadores, antifermentantes y enzimas. En el obrador, el panadero puede utilizar otros más.

Pan que se conserve más horas vs. pan a cualquier hora

En Reino Unido, ejemplo de los efectos de la industrialización sobre el sector alimentario, se ha puesto en marcha la iniciativa 'Real Bread Campaign' para exigir la recuperación del auténtico pan, para que los fabricantes cesen en el uso de mejorantes, o al menos los declaren, y para que se retiren términos como "fresco" o "recién horneado" de supermercados y otros distribuidores.

El pan precocido industrial es el más barato del mercado, y ello a pesar de que sus costes de producción son mucho mayores, debido al gasto energético necesario para la congelación y al envasado. Lo que abarata su coste es la producción masiva. Interrumpir la cocción implica que se interrumpe la transformación que el almidón sufre en el horno. Esto afecta a la forma en que la miga absorbe el agua, de manera que en un par de horas se vuelve gomoso y se seca enseguida. Aproximadamente, referido a España, se desperdicia el 5% del pan que se compra. El pan barato, si va a la basura, se convierte en el más caro.

Las harinas de fuerza tienen alto contenido en gluten, porcentajes de más del 12%, el cual favorece la retención de los gases de la fermentación, responsables de la esponjosidad del pan. Por tanto, su utilización tiene una razón comercial más que nutricional.

Salud

Se dispone de datos gubernamentales, referidos al Reino Unido, donde cuantifican que dos de cada tres barras de pan vendidas en el Reino Unido contienen residuos de plaguicidas.

El informe "Pesticidas en tu pan diario", publicado por Pesticide Action Network UK, cita las cifras de DEFRA de 2000-2013. Se encontró que el 61.49% de las muestras de pan no orgánico analizadas contenían residuos de al menos un pesticida, en comparación con el 7% de las muestras orgánicas.

El pan derivado de harina refinada, a la que se ha extraído aromas y sabores propios, hay que añadirle otros aditivos para que los adquiera. No son panes nutricionalmente ricos. Duplican o triplican el porcentaje de gluten del pan tradicional. En ocasiones el organismo no puede tolerarlo, cada día se detectan más casos, y sobreviene la intolerancia. El celiacismo es el caso extremo. Por el contrario, con el consumo de cereales integrales se asocia una menor mortalidad por enfermedad cardiovascular y cáncer, un mayor poder antiinflamatorio y antioxidante, la mejora en el metabolismo de la glucosa, el mayor aporte de fibra y de vitaminas del grupo B, vitamina E y magnesio.

El futuro: adaptar el cultivo, aumentar la calidad

Los modelos actuales utilizados para predecir el rendimiento de grano de trigo estiman que la producción mundial de trigo disminuirá en un 6% por cada °C de aumento de temperatura adicional y se hará más variable en el espacio y el tiempo. En investigaciones de la UCO (Oteros et al., 2015), se refiere un cambio en la fenología de los cereales cultivados. La aparición de la hoja bandera de floración se adelanta, en trigo, 1-3 días por año. En la Tabla 3 se hace referencia a posibles afecciones en la producción de cereales

debido al cambio climático que obligan a cambios en la gestión de los cultivos, fecha siembra, variedad, densidad.

CULTIVO	Posibles afecciones debido al cambio climático
Cereal primavera	Menos riesgo heladas Estrés por altas temperaturas y sequía
Cereal de invierno	Riesgo de no alcanzar las horas frío necesarias, por aumento de las temperaturas Estrés por altas temperaturas y sequía

Tabla 3. Posibles afecciones en la producción de cereales debido al cambio climático (Iglesias et al., 2011)

Con el desplome de la biodiversidad se pierden decisivas oportunidades. La diversidad permite la selección y ofrece más oportunidades de adaptación ante cambios climáticos y resistencia ante las enfermedades.

Alimentación consciente

A muchos, en ocasiones, nos ha pasado que en nuestra cesta de la compra aparece un producto que compramos creyéndolo una cosa cuando en realidad es otra. En caso del pan, podemos comprar como pan integral un producto que no contiene harina integral. En realidad, nuestra compra ha podido consistir perfectamente en un pan de harina refinada al que se ha añadido salvado.

El desengaño puede ser económico, emocional y también nutricional. El etiquetaje debe ser transparente y permitir una alimentación plenamente consciente. Aunque no vigente, existen borradores para una futura norma proveniente del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA) sobre la calidad del pan. La actual se rige por el Real Decreto 1137/1984.

Epilogo

Se ha puesto de manifiesto que llevarse un trozo de pan a la boca encierra mucho más que un cúmulo de sabores, aromas, textura ...que, por cierto, la mayoría de los panes industriales ya no nos transmiten.

Hemos asistido, durante las últimas décadas, a una degradación de la calidad nutritiva del pan, decaimiento que ha ido acompañado de un creciente interés por el negocio que genera. También en pocas décadas se ha pasado mayoritariamente de "nuestra panadería" de pueblo, barrio, a un pan deslocalizado comprado en una gran superficie, gasolinera...

Desde la óptica agroecológica, comprometida en el desarrollo de sistemas sostenibles de producción agropecuaria, aportando las bases científicas, metodológicas y técnicas para ello, e integrando procesos naturales y sociales, la producción de alimentos se debe realizar con dos objetivos fundamentales: conservar y/o mejorar la base de los recursos naturales y producir alimentos sanos.

Si utilizamos como base el sistema de *trazabilidad del pan*, que permite conocer todos los pasos por los que pasa, desde las primeras fases de producción hasta que llega al consumidor, y los pasamos por el crisol agroecológico, detectamos las siguientes etapas:

1.- En la fase de cultivo. Priman variedades muy productivas, con importantes requerimientos de fertilizantes, especialmente N, lo que genera granos con importantes contenidos en proteína, especialmente las del grupo del gluten, con una importante valorización para la panificación, pero no así nutricionalmente.

Problemas de salud por la creciente intolerancia al gluten. Problemas de contaminación por el lixiviado de fertilizantes.

Opciones: recuperar variedades tradicionales en cultivo ecológico, como por ejemplo el caspino (Aragón 03), menos productivo, con menos requerimientos, muy adaptado al secano, de hecho se comenta del mismo que es un trigo que se alimenta de rocío. Con notables valores nutricionales.

31

2.- Molienda. En pocas décadas han prácticamente desaparecido los viejos molinos y ha aparecido la industria harinera. Ya no hay tiempo de ocio en espera de la molienda como sucedía antaño –origen de la danza a *muiñeira*-. Esas viejas prácticas no son únicamente una cuestión de la etnografía.

Entre las tendencias actuales en la industria de fabricación de harina se prima ahorrar costes, la harina se adapta a los requisitos de los clientes, por ejemplo, añadiendo proteínas y los clientes ya no son los mismos, ahora el gran cliente es la industria de elaboración de pan.

En el actual molino de cilindros el cereal es molido en un sistema de rodillos y luego pasa a unos tamizadores. En este proceso se genera calor y, si el cereal conserva el germen, la harina resultante se enrancia más rápidamente. La solución ha sido retirar el germen. El proceso de molino con piedras era en frío, el grano conservaba mejor sus propiedades y estas harinas facilitaban la actividad de las bacterias - muy ligadas al sabor- de la masa madre.

La teoría de las calorías como arcaico sistema dietético también ha contribuido en el sentido de considerar *sustancias lastre* todas aquellas con menor aporte calórico, como el salvado. Los que propugnaban el uso de cereales integrales fueron tachados de anacrónicos, hasta que los estudios epidemiológicos pusieron las cosas en su sitio. No obstante, la harina con aditivos, mejoradores y correctores sigue imperando en nuestra dieta.

Opciones: La ecología industrial es una propuesta de alternativa técnica y socio-económica que presenta una propuesta que transita desde una concepción de economía lineal a una economía circular que reduce la presión sobre los recursos naturales, recicla los bienes usados y limita los desechos. Una estrategia con una visión dirigida hacia la sustentabilidad. Producir alimentos sanos es el principio básico, no solo deben primar criterios únicamente económicos.

3.- Obrador. Cada vez más a menudo, compramos el pan a quien nada sabe del oficio. Con un horno eléctrico, relativamente asequible, y una masa de pan congelado, cualquiera puede ver en el pan una oportunidad de negocio. Poner un punto caliente para expender pan puede salir en 20-30000 € (equipamientos + horno rotativo). Por tanto, aquel pan elaborado en casa, o el comprado en un horno a primeras horas de la mañana, ha sido sustituido por un “pan fresco” las 24 horas. Todos hemos comprobado lo efímero de esa frescura. Grandes cantidades de pan se desechan.

En España, la calidad media del pan es baja, de este modo han proliferado multitud de panaderías artesanas, en las que se venden diversidad de panes diferentes a precios muy elevados para un alimento tan básico; pero, además, este pan muchas veces es insípido por muy bañado de semillas o nueces que le incorporan. Incluso, en muchos casos, sigue siendo un pan industrial congelado.

Desde el Foro del Pan justifican un pan más caro del siguiente modo: “una harina buena es más cara que una harina mediocre; es más barato fermentar rápido y llenar el pan de aditivos y mejorantes que dejar que el pan madure durante horas antes de hornearlo, cuajándose así de los atributos organolépticos de lo que llamamos pan” según el creador de este Foro.

Opción: Recuperar la olvidada sensación del verdadero pan, un pan vivo, con matices de sabores ácidos, lácticos y alcohólicos, por la fermentación, con gusto a cereal, elaborado incorporando cereales integrales

de cultivo ecológico, sin residuos de pesticidas, e incorporando masa madre para el proceso de fermentación.

4.- Consumidor. Apreciemos el buen pan. Demandemos buen pan ecológico.

32

Siendo el pan un alimento básico, podemos enmarcar todo lo anterior en lo que pudiéramos denominar "Derecho humano al pan".

Bibliografía

- Atresmedia (2013). La guerra del pan. Documental. Disponible en: http://www.atresplayer.com/television/programas/equipo-de-investigacion/temporada-1/capitulo-49-guerra-pan_2013021600166.html [28 febrero, 2018].
- Coletto, J.M., Bartolomé, T. & Velázquez, R. (2016). La historia del centeno. En: La agricultura y la ganadería extremeña 2016. Ed. Fundación CB. UNEX. 263-280.
- Cubero, J.I. (2014). Introducción a la mejora genética vegetal. Mundi-Prensa Libros. Madrid
- IFOAM (2005). Principios de agricultura orgánica. Disponible en: https://www.ifoam.bio/sites/default/files/poa_spanish_web.pdf [23 febrero, 2018].
- Iglesias, A., Quiroga, S., Sotes, V. (2011). La agricultura española y el cambio climático. En: http://oa.upm.es/12061/2/INVE_MEM_2011_108790.pdf.
- Neira, X. (2017). Cereal, pan y cambio climático. Revista Ae. Agricultura y Ganadería Ecológica. Otoño 2017. Edita SEAE.42-43 [1 septiembre, 2017].
- Oteros, J.A, García Mozo, H., Botey, R., Mestre, A., Galán, C. (2015). Variations in cereal crop phenology in Spain over the last twenty-six years (1986-2012). Climatic Change. Fecha de publicación: 8 de marzo de 2015. DOI 10.1007/s105584-015-1363-9.
-

¿Cómo recuperar los ecotipos autóctonos?

How to recover landraces?

Luis Urquijo Zamora

Departamento de Pastos e Cultivos. CIAM. Estrada Betanzos-Mesón do Vento, km7. 15318 Abegondo (A Coruña) luis.urquijo.zamora@xunta.es

Resumen Los avances tecnológicos y el empleo de nuevas variedades de más rendimiento han desplazado a las variedades tradicionales de trigo y centeno cultivados durante siglos en Galicia. Para evitar la pérdida de ecotipos interesantes, se procedió a recolectar dichas variedades entre 2002 y 2016 con el objetivo de establecer un banco de germoplasma en el CIAM, para su estudio posterior y utilización en futuros programas de mejora.

Palabras clave variedades Locales, Banco de germoplasma, Desarrollo Sostenible, Biodiversidad.

Abstract Technological improvements and the use of new high-yielding cultivars have replaced wheat and rye landraces cultivated for centuries in Galicia. To prevent this germplasm loss, a germplasm bank of cereals was established in Galicia between 2002 and 2016, for further study, characterization and use in future breeding programs.

Keywords landraces, Germplasm bank, Biodiversity, Cereals.

Introducción

Los recursos fitogenéticos constituyen un patrimonio de valor incalculable y su pérdida es un proceso irreversible que supone una grave amenaza para la estabilidad de los ecosistemas, el desarrollo agrícola y la seguridad alimentaria del mundo (Martín, 2001). Dichos recursos son esenciales para todos los países ya que la conservación de los mismos es necesaria para un desarrollo agrícola sostenible para las generaciones futuras (FAO, 2001). La obtención de nuevas variedades, mediante la mejora genética vegetal, tiene como base fundamental dichos recursos, que son un "pool genético" necesario para afrontar los desafíos futuros en cuanto al cambio climático, aparición de nuevas razas o biotipos de enfermedades, translocación de plagas, etc.

Aunque cada especie haya tenido un Centro de Origen distinto, el comercio y la colonización permitió su traslado a otras zonas geográficas en las que se tuvieron que adaptar mediante la selección natural, que implica la fijación en la población de las mutaciones genéticas más favorables para desarrollarse en unas condiciones edafoclimáticas concretas y que les permiten competir con otras especies. Esta dispersión de los cereales por ambientes distintos, y su adaptación a los mismos, permitió crear una gran diversidad genética, que es la que hay que proteger, conservar y caracterizar.

En Galicia existió una importante agricultura cerealista a partir del siglo VI a.C., que queda demostrada con los yacimientos castreños gallegos (Aira et al., 1988), en los que se encuentran semillas de *Triticum dicoccum* Schrank (precursor del trigo actual). Esto se confirma en la mayoría de los yacimientos castreños de Galicia (Ramil-Rego, 1993), en donde las diferentes especies de trigo encontradas (*T.aestivum* subsp *compactum*, *T.aestivum* subsp *vulgare*, *T.aestivum* subsp *spelta*, *T.turgidum* subsp *dicoccum*, *T.turgidum* subsp *turgidum*) son el principal cereal, y la cebada y centeno secundarios. Por tanto, el proceso de domesticación en cereales ha podido durar más de 2.600 años, durante el cual se produjo tanto la selección hecha por los agricultores, como la aparición de mutaciones beneficiosas para su adaptación al suelo y clima de la zona.

Las variedades tradicionales o locales, son variedades originadas en sistemas de agricultura de subsistencia como resultado de un largo proceso de selección humana y selección natural, desde los orígenes de la agricultura hasta nuestros días (Harlan, 1975). Estas variedades locales son una de las fuentes de diversidad disponibles para la mejora genética.

En España la variada orografía y las distintas condiciones climáticas han propiciado la adaptación de los cultivos a múltiples condiciones agroclimáticas y, como consecuencia, la generación de una gran cantidad de variedades tradicionales. Se puede afirmar que España es el país europeo con mayor diversidad agrícola, un acervo cultural, genético y económico de gran valor (Mallor et al., 2014).

En el caso del trigo y la cebada existe una gran cantidad y diversidad de accesiones de variedades locales españolas, almacenadas en el Centro Nacional de Recursos Fitogenéticos (CRF), y muchos estudios de los mismos por el Departamento de Biotecnología de la ETSIA (UPM) y el Departamento de Genética y Producción Vegetal de la Estación Experimental de Aula Dei (del CSIC), respectivamente. Según cita Sánchez-Monge (1957), los trigos españoles tradicionales poseen una amplia variabilidad.

Los avances en mejora vegetal realizados entre 1950 y 1960 (revolución verde), propiciaron el uso de nuevas variedades de alto rendimiento y cultivos genéticamente uniformes. Esto fue posible en el trigo por la incorporación de genes de enanismo que redujeron la talla de las variedades. En consecuencia, los agricultores fueron abandonando el cultivo de sus variedades adaptadas localmente, sustituyéndolas por otras mejoradas.

Esto creó una preocupación general por la pérdida de diversidad genética y la necesidad de crear bancos de germoplasma para conservar las variedades locales. Como consecuencia, en la década de 1970 se produjo a nivel mundial un gran esfuerzo de recolección y conservación, con estrategias para el mantenimiento de las poblaciones domesticadas en bancos de germoplasma *ex situ* (Lobo & Medina, 2009). La biodiversidad agrícola se ha visto gravemente afectada durante el siglo XX, desapareciendo más del 75% de las variedades tradicionales utilizadas en la agricultura a nivel mundial (FAO, 1998), siendo la causa principal la sustitución de las variedades locales por variedades modernas.

Para conservar y proteger estas variedades tradicionales existen dos estrategias, la conservación *in situ* y *ex situ*. De acuerdo con el Convenio sobre la Diversidad Biológica (Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1992), por conservación *ex situ* se entiende la conservación de componentes de la diversidad biológica fuera de sus hábitats naturales.

En los últimos 50 años se ha reunido una cantidad enorme de accesiones de variedades tradicionales en los bancos de germoplasma, consecuencia de las masivas recolecciones de material realizadas para evitar una pérdida irreversible de la diversidad genética cultivada. Esto ha permitido conservar muchas variedades, que ya no es posible encontrar en los campos de cultivo, y facilitar el acceso a la utilización de gran cantidad de material genético a los fitomejoradores y otros usuarios (De la Rosa y Martín, 2016).

Las primeras recolecciones sistemáticas en cuanto a conservación de recursos fitogenéticos se iniciaron en España a finales de la década de 1970, encuadradas principalmente dentro del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) (De la Rosa y Martín, 2016). Coincide en el tiempo la creación del primer banco de germoplasma en el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM), en la década de 1970, con la incorporación de varios cientos de accesiones de maíz procedente de fincas de agricultores de toda Galicia.

Según los datos del Informe Mundial sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2001) se estima que actualmente existen más de 1.750 bancos de germoplasma en el mundo, con más de 7,4 millones de entradas. En este informe se indica el elevado nivel de duplicación entre las accesiones (De la Rosa y Martín, 2016).

Esto pone de manifiesto la necesidad del estudio de las duplicidades dentro de cada banco de germoplasma, lo que es posible en el caso del trigo, a través del estudio de patrones de gliadinas de las variedades locales existentes, contrastándolo con el estudio agromorfológico de los mismos.

Según el Inventario Nacional de Recursos Fitogenéticos (<http://wwwx.inia.es/inventarionacional/>), existen 2.400 entradas del CIAM, de las cuales el 56,25% son variedades tradicionales, principalmente de maíz, manzano y pratenses. En este inventario no están incluidas las accesiones de cereales de invierno.

En el caso de los cereales de invierno, no sería hasta finales de la década de 1990 cuando en el CIAM se establecieron los principales objetivos de recuperación y mejora del trigo autóctono. Entre estos, estuvo la creación de un banco de germoplasma de cereales de invierno en el CIAM, a través de la recogida de accesiones principalmente de trigo y centeno autóctonos, y secundariamente de cebada y avena autóctonas.

Aunque Galicia siempre fue una de las comunidades menos cerealistas de España, hasta mediados del siglo XX, en la mayoría de las parroquias gallegas se podía encontrar trigo o centeno de variedades locales. El uso de variedades locales de cebada o avena fue de una importancia mucho menor, y localizado en el territorio (Anuario de Estadística Agraria del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA)). Desde mediados del siglo XVII el maíz fue desplazando al trigo y centeno, comenzando en las provincias de A Coruña y Pontevedra, y un siglo después en las zonas de interior de Lugo y Ourense (Eiras, 1998). Ya en el siglo XX la orientación ganadera del rural gallego, con la implantación de praderas, produce un descenso acusado de las superficies cultivadas de trigo y centeno. Desde 1945 hasta 2016 se redujo la superficie destinada al cultivo del centeno un 96% y la del trigo un 49% (Anuario de Estadística Agraria, MAGRAMA). Además, desde la década de 1980 empezaron a introducirse en Galicia variedades comerciales de trigo de talla baja y variedades foráneas de centeno, lo que provocó el abandono parcial de variedades tradicionales, con lo que se incrementó la erosión genética.

Resultados

La preocupación por la pérdida irreversible de las variedades tradicionales, o ecotipos autóctonos, llevó al CIAM a la realización de varios proyectos de investigación centrados en el trigo y centeno autóctonos, dentro de los cuales se incluían los objetivos de recolección, conservación, caracterización y la creación de nuevas variedades a partir de las accesiones que se consiguiesen.

Dentro de estos trabajos, se inició un programa de prospecciones de semilla de trigo y centeno en toda Galicia, que comenzó en 2002 y tuvo varias fases. La primera fase, entre 2002 e 2008, se sirve de las oficinas agrarias comarcales distribuidas por toda Galicia para recoger un total de 106 y 73 accesiones de variedades locales, de trigo y centeno, respectivamente (ver Figura 1 y 2). La segunda fase, en 2009, consta de la recogida *in situ* por un técnico agrícola, recogiendo 75 ecotipos de trigo y 15 ecotipos de centeno, en las parcelas de los agricultores. La tercera fase, en 2014, consta de otra prospección *in situ*, recolectando 5 ecotipos de trigo, 12 de centeno y 6 de avena. Además, entre 2010-2016 se entregaron al CIAM otros 7 ecotipos más de trigo.

Como resultado de estas prospecciones se estableció un banco de germoplasma de cereales de invierno en el CIAM, que cuenta con una colección de 193 trigos (*Triticum aestivum* L.) de 128 municipios, 100 centenos (*Secale cereale* L.) de 66 municipios y 6 avenas (*Avena sativa* L.) de 5 municipios. La base de datos de pasaporte de estas accesiones se puede ver en la sección de Recursos Fitogenéticos de la web del CIAM (www.ciam.gal). Actualmente la semilla se encuentra en el CIAM, en una cámara a 2-4°C y 50% de humedad, conservando una germinación media de los trigos y de los centenos del 92% y 82%, respectivamente. Todos los años se multiplica una parte de las accesiones del banco de germoplasma, para poder conservar la semilla en buen estado y con un alto poder germinativo.

En una encuesta realizada en 2017 sobre donantes de semilla al citado banco, más de un 70% habían abandonado la producción del cereal, lo que indica una gran erosión genética en estas especies sufrida en las dos últimas décadas, debido en su mayoría al envejecimiento de la población rural y falta de relevo generacional.

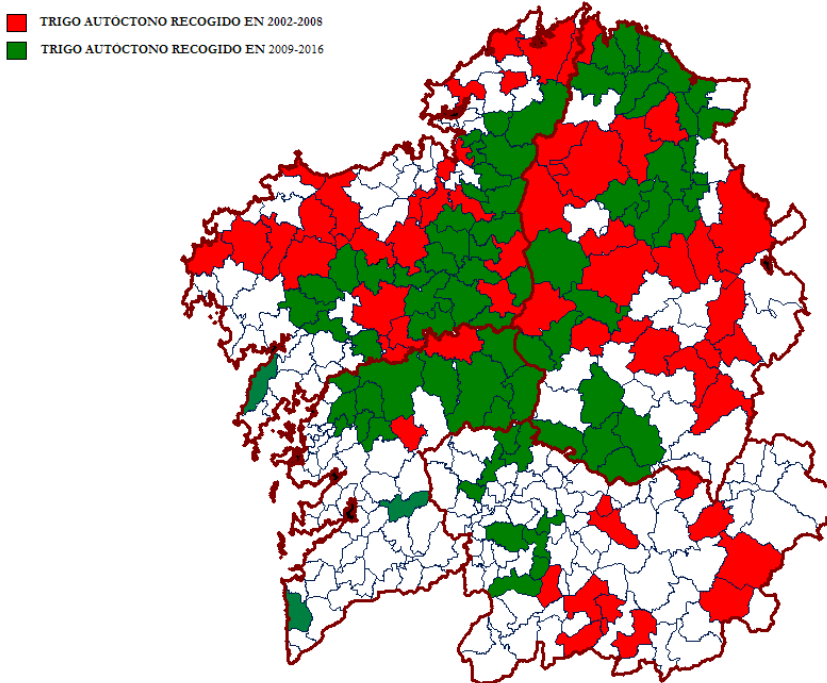


Figura 1.- Plano de la recogida de trigo en los municipios gallegos

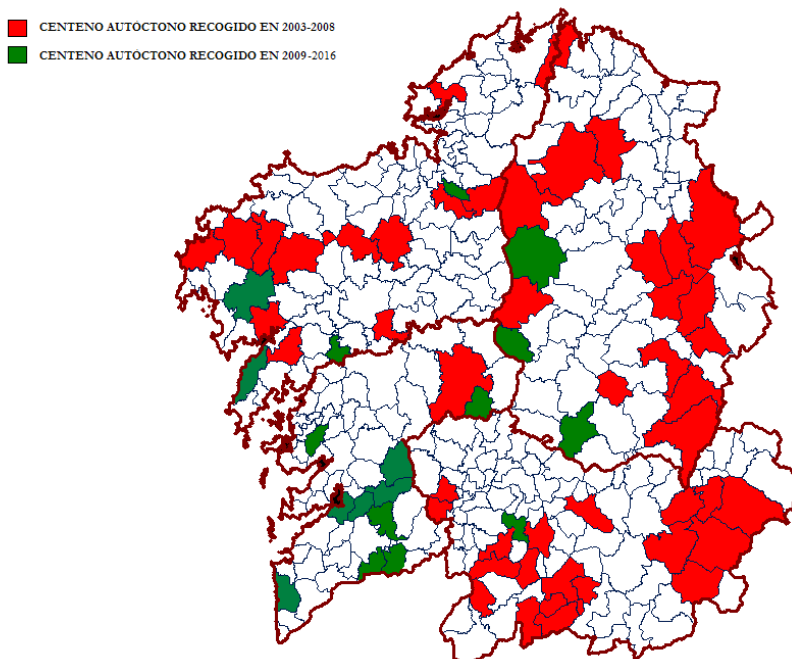


Figura 2.- Plano de la recogida de centeno en los municipios gallegos

Desde 2003 al 2005 se realizó una caracterización, mediante 13 parámetros agronómico-fenológicos y 3 parámetros morfológicos, de 87 ecotipos de trigo y 53 de centeno. Tanto en el trigo como en el centeno, se observó una gran variabilidad en altura de planta, tamaño de espiga, resistencia a enfermedades y precocidad de espigado, lo que indica un gran potencial para futuros programas de mejora genética. Desde 2012 al 2014 se caracterizaron 110 ecotipos de trigo autóctono, mediante el uso de ocho descriptores agronómico-fenológicos, 21 descriptores morfológicos y cinco descriptores de calidad del grano. Aparte de esto, se llevó a cabo un estudio de la calidad del grano de las accesiones de trigo mediante caracterización molecular por análisis de electroforesis (SDS-page) de las proteínas de alto peso molecular (HMWs), que están relacionadas con la calidad panadera.

Las accesiones del banco aún no han sido enviadas al Centro Nacional de Recursos Fitogenéticos (CRF) del INIA en Alcalá de Henares (Madrid), ya que este centro exige que se detecten y eliminen con antelación las duplicidades en la colección de cereales de invierno del CIAM. Para esto se están utilizando los datos de caracterización fenológica y morfológica, y también los datos de los análisis realizados por la técnica de electroforesis "Acid-page", para estudiar los diferentes patrones de gliadinas presentes en el endospermo de los trigos. Aunque el trabajo no está concluido, ya se han encontrado bastantes duplicidades.

A partir de los estudios realizados con las variedades locales de trigo y los trabajos de selección, fueron seleccionadas dos variedades de trigo blando en base a sus comportamientos agronómicos, resistencia a enfermedades y plagas, y calidad de la harina para la elaboración de pan gallego. Estas variedades son "Calobre", y la variedad de conservación "Caaveiro", las cuales obtuvieron el registro definitivo en el Registro de Variedades Comerciales de la Oficina Española de Variedades Vegetales (OEVV) del MAGRAMA el 24/08/2016 y el 14/04/2015, respectivamente. La existencia de estas variedades, y su comercialización, le dio solución a la petición de la Federación Gallega de Panaderías (FEGAPAN) para que no se perdiese el trigo autóctono, además de estar incluido como ingrediente básico en el pliego de condiciones de la solicitada IXP "Pan Galego"/"Pan Gallego". En el año 2017 se remitió la documentación de dicha IXP para su inscripción en el "Registro Comunitario de denominaciones de origen protegidas e indicaciones geográficas protegidas", una vez adoptada la decisión favorable por parte de la Comunidad Autónoma de Galicia.

Agradecimientos: El autor agradece la financiación del "Plan Galego de Investigación, Desenvolvemento e Innovación Tecnolóxica", y de la medida 214.2. de "Conservación dos recursos xenéticos na Agricultura" del programa de desarrollo rural (PDR) de la Xunta de Galicia (2007-2013), para poder realizar todos estos trabajos de prospección y caracterización de variedades tradicionales.

Bibliografía

- Aira, M. J.; Rami-Regol, P. & Álvarez, A. (1990). Estudio Paleocarpológico realizado en el Castro de Penalba (Campolameiro, Pontevedra. España) Bot. Complutensis 16: 81-89.
- De la Rosa, L. & Martín, I. (2016). Las colecciones de germoplasma de variedades tradicionales. En: Ruiz de Galarreta J.I., Prohens J., Tierno R. (Eds.). Las variedades locales en la mejora genética de plantas. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Sociedad Española de Genética. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco: 43-59
- Eiras, A. (1998). Los productos alimentarios de ultramar en la agricultura de los países mediterráneos. Obradorio Hist. Mod., nº7: 27-88.
- FAO (1998). The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture.
- FAO (2001). Tratado internacional sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura.
- Harlan JR. (1975). Our vanishing genetic resources. Science 188: 618-621
-

- Lobo, M. & Medina, C.I. (2009). Conservación de recursos genéticos de la agrobiodiversidad como apoyo al desarrollo de sistemas de producción sostenibles. *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 10(1), 33-42.
- Mallor, C., Igartua, E. & Errea, P. (2014). Las variedades tradicionales en el panorama actual de la mejora y la producción sostenible. La obtención de variedades: desde la mejora clásica hasta la mejora genética molecular. *Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria – Sociedad Española de Ciencias Hortícolas – Sociedad Española de Genética*: 35-61.
- Martín, I. (2001). Conservación de recursos fitogenéticos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica. Hojas Divulgadoras, núm 2114 HD.
- Ramil-Rego, P. (1993). Paleothnobotánica de yacimientos arqueológicos holocenos de Galicia (NO Cantábrico). *Munibe Antropología - Arkeologia*, N° 45: 165-174
- Sánchez-Monge, E. (1957). Catálogo genético de trigos españoles. Publicaciones del Ministerio de Agricultura.
- ONU (1992). Convenio sobre la diversidad biológica.

¿Son necesarias las rotaciones para la producción del trigo gallego?

Are rotations necessary for the production of Galician wheat?

Fernando Almeida García

almeidagarciapersonal@gmail.com

Resumen A día de hoy, no se han evaluado en Galicia los beneficios de las rotaciones de cultivo en la calidad harinera del trigo autóctono. Sin embargo, existen diversos estudios que respaldan los múltiples beneficios del uso de las rotaciones en el cultivo del cereal. Esta técnica agronómica constituye, desde el mismo origen de la agricultura, una de las prácticas sostenibles más eficaces. Existen diversos factores que influyen directamente en los parámetros de calidad harinera: la zona de cultivo, la variedad, el sistema de fertilización, el control de malas hierbas, las plagas y enfermedades, la limpieza y selección del grano, las condiciones de almacenamiento, entre otras. La rotación de cultivos tiene una incidencia directa en muchos de estos factores, como el control de plagas, lo que repercute en una mejora notable en la sostenibilidad. También puede ser una herramienta importante en el control de enfermedades. Esta técnica agronómica beneficia además el manejo de los nutrientes dentro del propio sistema agrícola. El Grupo Da Cunha es una empresa del sector alimentario con más de 15 años de experiencia en el cultivo de trigo panificable. Con el objetivo principal de lograr unos niveles de calidad superiores en los productos que elabora, Panadería Da Cunha está impulsando el cultivo de trigo autóctono gallego bajo un sistema de producción sostenible. En ese camino se ha constatado que cultivos como la colza y las leguminosas grano son alternativas interesantes en la rotación, para lograr la excelencia en la calidad de la harina y del pan artesano.

Palabras clave monocultivo, malas hierbas, plagas, enfermedad, proteína W, peso específico, impurezas.

Abstract To date, the benefits of crop rotations in the flour quality of native wheat have not been evaluated in Galicia. However, there are several studies that support the multiple benefits of the use of rotations in cereal cultivation. This agronomic technique constitutes, from the very origin of agriculture, one of the most effective sustainable practices. There are several factors that directly influence the parameters of flour quality: the area of cultivation, the variety, the fertilization system, the control of weeds, the pests and diseases, the cleaning and selection of the grain, the storage conditions, others Crop rotation has a direct impact on many of these factors, such as pest control, which has a significant impact on sustainability. It can also be an important tool in the control of diseases. This agronomic technique also benefits the management of nutrients within the agricultural system itself. The Da Cunha Group is a company in the food industry with more than 15 years of experience in the cultivation of bread wheat. With the main objective of achieving higher levels of quality in the products it produces, Panadería Da Cunha is promoting the cultivation of native Galician wheat under a sustainable production system. In this way it has been verified that crops such as rapeseed and grain legumes are interesting alternatives in the rotation, to achieve excellence in the quality of the flour and artisanal bread.

Key words monoculture, weeds, pests, diseases, protein W, specific weight, impurities.

Introducción

La rotación de cultivos ha sido desde siempre una de los pilares de la agricultura. Sin embargo, después de la Segunda Guerra Mundial, esta técnica fue relegada en la agricultura occidental por el uso de herbicidas y otros agroquímicos de síntesis. Este proceso se vio favorecido por los bajos precios de los combustibles fósiles (Karlen et al., 1994).

El monocultivo de cereal conlleva múltiples problemas como el aumento en las poblaciones de malas hierbas; el incremento de la incidencia de plagas y enfermedades; el aumento de costes de fertilización; o la merma en diversos parámetros de calidad, tales como el peso específico, la concentración de proteína, la fuerza de la harina medido como el índice de capacidad panificable (W), el porcentaje de impurezas, entre otros.

Las rotaciones en la producción de trigo autóctono gallego

La rotación de cultivos en la lucha contra las malas hierbas del trigo

Con la repetición reiterada del cereal en la misma parcela, aumentamos las poblaciones de malas hierbas que lo acompañan en su ciclo vegetativo. Esto repercute en una mayor dependencia de herbicidas químicos, un mayor riesgo en la aparición de resistencias y una consecuente reducción de su eficacia.

La alternancia temporal del cereal con otros cultivos como la colza o las leguminosas ayudan a la gramínea a crecer en un ambiente con menores niveles de malas hierbas y enfermedades (Brennan y Bolland, 2013). Con la alternancia temporal de ciertos cultivos se rompen los ciclos de muchas especies de malas hierbas. Además, se favorece el control químico al poderse emplear herbicidas con diferentes grupos de acción. De esta forma, se puede retrasar la aparición o el aumento de determinados biotipos de *Lolium* spp. o de *Avena* spp. si con el cultivo de la leguminosa empleamos un graminicida diferente al empleado con el trigo.

La rotación de cultivos en la lucha contra las enfermedades del trigo

La colza es un cultivo estratégico en el control de muchas patologías del trigo. Esta planta exuda unos compuestos llamados isotiacianatos que pueden ser importantes en el control de ciertas enfermedades como *Gaeumannomyces graminis*, (Kirkegaard et al., 2008).

Con la rotación de cultivos se mejora el manejo de enfermedades por la interrupción de los ciclos de los patógenos (Krupinsky et al., 2004). La rotación trigo-colza-altramuz también trae beneficios para este último. El cereal contribuye en el control de la antracnosis del altramuz (*Colletotichum gloesporoides*).

La rotación de cultivos en la fertilización del trigo

Es fundamental desde un punto de vista ambiental la optimización del aprovechamiento de los abonos por el cultivo, evitando las pérdidas por lixiviación o volatilización (Garrido, 1992).

El sistema radicular pivotante de la colza rescata nutrientes en horizontes inferiores, evitando su pérdida por lavado. Estos nutrientes pueden volver a ser puestos al alcance del cereal si se incorporan los restos de cosecha al suelo.

Las leguminosas como el altramuz dulce permiten el reciclaje de nutrientes como el nitrógeno dentro del sistema agrícola. La fijación biológica de nitrógeno permite a estas plantas tomar nitrógeno del aire a través de la simbiosis con *Rhizobium* (Luna y Sánchez-Yáñez, 1991; Sanaratne et al., 1987). Esta es una manera de reducir la cantidad de aportes del N derivado de fertilizantes. Las leguminosas noduladas, bajo determinadas condiciones ambientales (suelos pobres en este elemento), pueden fijar hasta los 100 kg N²/ha/año (FAO, 1995).

El altramuz blanco (*Lupinus albus* L.), además, es capaz de asimilar fósforo insoluble para muchos cultivos, gracias a los exudados de sus raíces proteoides. Se sabe que la deficiencia de fósforo en el suelo estimula la formación de dichas raíces en el altramuz blanco (Marshner et al., 1986; Dinkelaker et al., 1989; Johnson et al., 1994; Braum, 1995). Esta planta es capaz de asimilar fósforo en suelos deficitarios en este elemento, lo cual se produce por el aumento en la superficie radicular conferida por este tipo de raíces, además de los ácidos tricarbónicos exudados por las mismas. La cantidad de citrato exudado depende de los niveles de déficit de este elemento en el suelo, pudiendo llegar a superar el 20% del peso total seco (Braum, 1995). La exudación de citrato en la rizosfera cambia el entorno químico del suelo, aumentando el P disponible

para la planta (Gerke et al., 1994; Jones y Darrah, 1994; Braum, 1995). También se constata la liberación de enzimas, como la fosfatasa ácida (Miller et al., 2001), las cuales solubilizan fosfatos del suelo no disponibles para las plantas.

En la rotación de cereal con leguminosa suele ser habitual el aumento del rendimiento del primero, si es precedido por el segundo, alcanzando incrementos del orden del 50% respecto al monocultivo (Kirkegaard et al., 2008).

La rotación de cultivos en la calidad del trigo

Parámetros de calidad como el porcentaje de proteína del grano de trigo pueden aumentar en niveles que van desde el 1 al 8% cuando se cultiva después de una leguminosa, según Mera y Rouanet (2003). Las enfermedades fúngicas afectan de forma directa a parámetros de calidad tan importantes como el peso específico o el peso de los 1000 granos. Con la rotación de cultivos se reduce el impacto de enfermedades tan importantes como la *Septoria*, el *Fusarium* o el Mal del Pie. Por tanto, con la rotación se están mejorando también dichos parámetros de calidad en contraste con el monocultivo.

El monocultivo de trigo aumenta el porcentaje de impurezas, por la presencia de semillas de estas adventicias en el producto cosechado. Además, ciertas semillas de malas hierbas cosechadas junto al trigo pueden aumentar el porcentaje de humedad del mismo, lo que influye en una peor conservación del grano, aumentando el riesgo de aparición de hongos y plagas de almacén.

El Grupo Da Cunha, y su apuesta por la rotación de cultivos

El Grupo Da Cunha es una empresa del sector alimentario y es una de las referentes en la panadería artesana de Galicia. Desde el origen de su actividad, hace ya 32 años, su objetivo principal es el de ofrecer al mercado un pan de excelente calidad. En ese afán por conseguir un producto diferenciado, acumula ya más de 15 años de experiencia en la producción agrícola. La empresa buscaba asegurarse el suministro de trigo del país, materia prima tan escasa como fundamental en la elaboración de panes y empanadas artesanas. Actualmente cuenta con más de 1000 ha de cultivo de cereal en Galicia, constituyéndose como uno de los motores de desarrollo de la producción agrícola en esta Comunidad. El cultivo se extiende en las cuatro provincias, contándose con una asociación de productores profesionales. Actualmente se apuesta por cultivos como la colza en la rotación y se está experimentando con leguminosas como el altramuz blanco, en la búsqueda de lograr una materia prima de gran calidad dentro de un sistema de producción agrícola rentable y sostenible.

Bibliografía

- Brennan, R. F.; Bolland, M.D.A. (2013). Comparing the nitrogen and phosphorus requirements of canola and wheat for grain yield and quality.
- Krupinsky, JM; Tanaka, DL; Lares, MT; et al., (2004). Leaf spot diseases of barley and spring wheat as influenced by preceding crops.
- Miller, SS; Liu, JQ; Allan, DL; et al., (2001). Molecular control of acid phosphatase secretion into the rhizosphere of proteoid roots from phosphorus-stressed white lupin.
- Karlen DL, Varvel GE, Bullock DG, Cruse RM (1994) Crop rotations for the 21st century. *Advances in Agronomy*.
- Kirkegaard JA, Christen O, Krupinsky J, Layzell DB (2008) Break crop benefits in temperate wheat production.
- Garrido, S (1992) Contaminación por nitratos debida a algunos tipos de agricultura española. En XXIV Jornadas de Estudio (AIDA). Agricultura y Medioambiente. Conflicto y conveniencia.
-

- Marschner HV, Romheld V, Horst WJ, Martin P. Root-induced changes in the rhizosphere (1986) importance for the mineral nutrition of plants.
- Dinkelaker B, Romheld V, Marschner H. (1989) Citric acid excretion and precipitation of calcium citrate in the rhizosphere of white lupin (*Lupinus albus* L.)
- Johnson JF, Allan DL, Vance CP. (1994) Phosphorus stress-induced proteoid roots show altered metabolism in *Lupinus albus*.
- Braum S, Helmke PA. (1995) White lupin utilizes soil phosphorus that is unavailable to soybean. *Plant Soil*.
- Gerke J, Roemer W, Jungk A. (1994) The excretion of citric and malic acid by proteoid roots of *Lupinus albus* L.: effect on soil solution concentrations of phosphate, iron, and aluminum in the proteoid rhizosphere in samples of an oxisol and a lurizol.
- Miller SS, Liu J, Allan DL, Menzhuber CJ, Fedorova M, Vance CP. (2001). Molecular control of acid phosphatase secretion into the rhizosphere of proteoid roots from phosphorus-stressed white lupin.
- Mario Mera y Juan Luis Rouanet (2003) Contribución de las leguminosas de grano en rotación con cereales: Una revisión.

La Ceres Galaico-Minhota en el contexto de la Ceres Hispanica: Datos para una historia

Ceres Galaico-Minhota in the context of Ceres Hispanica: Data for a story

Pablo Ramil-Rego ¹ · Luis Gómez-Orellana ¹ · Joao Tereso ²

¹ IBADER. GI-1934 TB. Laboratorio de Biodiversidad. Departamento de Botánica. Universidade de Santiago de Compostela. Campus Terra. E-27002 Lugo.

² CIBIO - Centro de Investigação em Biodiversidade e Recursos Genéticos. Universidade do Porto. 4485-661 Vairão. Portugal.

Resumen En este artículo se presenta un ensayo sobre la cuestión de las variedades de cereales cultivadas en el territorio gallego en relación con el entorno de la península ibérica. El estudio se basa en el análisis tanto de las fuentes paleobotánicas como documentales disponibles. La observación de estos datos permite discernir el proceso de evolución de la agricultura en el NW ibérico y de los procesos de incorporación de diversos cultivos cerealistas, todos ellos llegados de tierras lejanas a nuestro territorio en distintos periodos de la historia. Al tiempo, se analizan el proceso de estudio y de clasificación de las variedades de cereales y trigos cultivados en la península ibérica, y por ende en Galicia, partiendo de los autores clásicos hasta llegar a las clasificaciones basadas en la taxonomía linneana. Durante el proceso histórico, se aprecia cómo se van incrementando los tipos y variedades de cereales por introducción de nuevas especies cerealistas, proceso que se trunca durante el siglo XX, durante el cual y a través de un proceso uniformador, se han ido reduciendo y perdiendo especies y variedades de cereales tradicionalmente cultivadas en Galicia y el resto de la península.

Palabras clave cultivos, domesticación, cereales, trigo, Galicia, Península ibérica.

Abstract This article presents an essay on the question of the varieties of cereals grown in Galician territory in relation to the environment of the Iberian Peninsula. The study is based on the analysis of both available paleobotanical and documentary sources. The observation of these data allows to discern the process of evolution of agriculture in the Iberian NW and the processes of incorporation of various cereal crops, all of them arrived from distant lands to our territory in different periods of history. At the same time, the process of study and classification of the varieties of cereals and wheats grown in the Iberian Peninsula, and therefore in Galicia, are analyzed, starting from the classical authors until reaching the classifications based on linnean taxonomy. During the historical process, it is appreciated how the types and varieties of cereals are increased by the introduction of new cereal species, a process that was truncated during the twentieth century, during which, through a uniform process, species have been reduced and lost. and varieties of cereals traditionally grown in Galicia and the rest of the peninsula.

Key words crops, domestication, cereals, wheat, Galicia, Iberian Peninsula.

Introducción

Alexandre de Humboldt [1769,1859], en su conocido *Essai sur la géographie des plantes* (Humboldt & Bonpland, 1807), afirmaba que "el origen de los primeros vegetales útiles para el hombre, y que lo siguen siendo desde los tiempos más remotos, es un secreto tan impenetrable como el primer lugar de todos los animales domésticos". Para posteriormente indicar: "No sabemos en qué región se producen espontáneamente los cereales, el trigo, la cebada, la avena y el centeno". La situación se modificará notoriamente con la publicación en 1886 del libro *Origine Des Plantes Cultivees, redactado por el botánico* Alphonse de Candolle [1806,1893], donde además de aportar una amplia información sobre el uso histórico que la humanidad ha realizado sobre los distintos grupos de plantas, estableció las bases para su estudio científico. El método propuesto por De Candolle, se basaba en la integración de distintos datos obtenidos desde diferentes especialidades científicas, especialmente de la paleobotánica, corología, historia, lingüística, etc. Según De Candolle (1882) el centro de origen de una planta cultivada debería coincidir con el área de distribución natural y original de sus parientes silvestres. De Candolle advirtió la necesidad de

ser cuidadosos con las conclusiones sobre las relaciones de parentesco. Por ejemplo, advirtió que no puede asumirse que una zona de gran abundancia de una especie es necesariamente su región de origen. Esta conclusión la basó en observaciones sobre especies cuya introducción a una región es bien conocida, y que pueden llegar a ser muy abundantes por su carácter invasivo (Parra & Casas, 2016). De Candolle (1882) fue el primero en indicar que el proceso de domesticación de las plantas se habría producido en regiones concretas del planeta, reconociendo la existencia de tres únicos centros, independientes entre sí: SW de Asia, China y América Tropical.



Figura 1. Siega y trilla del trigo. Ilustraciones de Halaf Ibn-Abbas Zahrawi, Tacuinum sanitatis, t. 46v (1380-1399)

Los trabajos de De Candolle serán continuados y ampliados por distintos autores posteriores, especialmente por Nikolái Ivánovich Vavílov [1887, 1943], quien recopiló entre 1920-1940 una inmensa información sobre la variación de las especies cultivadas. A inicios de la década de 1920 publica la conocida como Ley de series homólogas en la variación (Vavilov, 1920, 1922), esta ley sistematizó la información del enorme polimorfismo de algunas especies cultivadas, principalmente cereales. Con base en estos patrones que permitían una aproximación al reconocimiento del parentesco silvestre y una idea de la filogenia de los grupos de variedades, Vavilov pudo proponer los sitios que, según sus criterios, eran los principales centros de origen de la domesticación y de la agricultura. Vavilov (1924, 1926, 1951, 1952, 1992, 2015) definió los centros de origen de plantas cultivadas como regiones de máxima variación, que usualmente incluyen características y formas endémicas, y constituyen áreas focales de la formación de tipos. Planteaba Vavilov (Parra & Casas, 2016) que, en estos sitios, con frecuencia, se pueden hallar caracteres genéticos dominantes en la parte central de su rango de distribución, diferenciándose de las de la periferia, que pertenecen generalmente a formas recesivas. Los centros de origen de plantas cultivadas en general son los centros de mayor diversidad de variedades específicas, pero Vavilov advirtió la distinción entre centros primarios y secundarios de diversidad. A los primarios los definió como áreas de aparición inicial de los cultivos, y a los secundarios como aquellas que también poseen una alta diversidad intraespecífica, pero que se encuentran distantes de los centros primarios donde se originó su domesticación. Estos últimos son resultado de la rápida y simultánea dispersión de algunos cultivos a otras regiones en contextos ecológicos y culturales diversos (Harris, 1990). Años más tarde, Zohary (1970) propuso distinguir entre "centros de origen", como áreas en donde se originó la domesticación de un cultivo, un concepto análogo al de "centros primarios" propuesto por Vavilov (1926, 1952, 1992), y "centros de diversidad", como un concepto análogo al de "centros secundarios" del mismo (Parra & Casas, 2016).

El camino abierto por De Candolle y Vavilov será posteriormente seguido por otros investigadores, destacando los trabajos publicados por que será continuada por distintos autores: Haudricourt & Hédin (1943), Harlan (1987), Harris (1992), Hyams (1971), Maurizio (1932), Monnier & Huetz de Lemps (1932), Sauer (1993), Schwanitz (1963), Simmonds (1976), Zohary (1970), Zohary & Hopf (1993, 2000), etc.

Acorde con los datos actuales, ninguna de las especies de cereales cultivadas o que fueron cultivadas a lo largo de los distintos periodos de la humanidad es nativa de la Península Ibérica y en consecuencia del territorio gallego. El proceso de domesticación de los cereales cultivados en Galicia, incluye el Creciente Fértil, región comprendida entre el área Oriental del Mediterráneo, Anatolia y Mesopotamia, donde se produjo la domesticación del trigo (*Triticum*), cebada (*Hordeum*), avena (*Avena*), mijo (*Panicum*) y centeno (*Secale*). Junto con los cereales del "Viejo Mundo", se han cultivado y utilizado en Galicia distintas especies procedentes de América, como el maíz (*Zea*), así como de África (*Sorghum*) y Asia (*Sorghum*, *Oryza*).

El registro paleobotánico

El arqueólogo James Henry Breasted popularizó el término "Creciente Fértil" en sus obras: *Outlines of European History* (1914) y *Ancient Times, A History of the Early World* (1916), para designar los territorios comprendidos por Mesopotamia, los territorios al Sur de la Península de Anatolia, y el Levante Mediterráneo, donde nacieron las primeras civilizaciones de la Historia. Los orígenes y desarrollo del género *Homo* están vinculados con el tipo de vida cazador-recolector, distribuyéndose territorialmente los grupos primitivos en relación con la propia disponibilidad de recursos y en consecuencia íntimamente ligados con la configuración del clima y de los ecosistemas. Coincidiendo con el final del último periodo estadal del Pleistoceno, el clima en el Creciente Fértil, se hace más apacible, incrementándose la pluviosidad y reduciéndose las bajas temperaturas.

Las nuevas condiciones climáticas propiciaron el desarrollo de la vegetación, así como de la fauna, situación que resultaba similar a la registrada a término de los anteriores estadales, pero en esta ocasión las comunidades humanas, además de seguir aprovechándose de los recursos obtenidos de la caza y de la recolección, inician la cría y progresiva domesticación de especies de fauna silvestre (ovejas, cabras). Posteriormente se inicia el cultivo de especies de plantas silvestres con semillas ricas en carbohidratos y proteínas (cereales, legumbres), dando comienzo a la agricultura. Acorde con los datos arqueológicos y las fechas de radiocarbono, los primeros vestigios de prácticas agrícola en el Planeta se producirían en la Región del Creciente Fértil dentro del espacio que se extiende desde el Valle del Jordán al Valle medio del Éufrates (Sur de Anatolia, Levante, Mesopotamia Septentrional) durante el conocido como Periodo Neolítico Pre Cerámica tipo A (PPNA), fechado en la transición entre el final del Tardiglaciario y el comienzo del Holoceno (c10.500 – c9.200 cal BC).

En el transcurso del PPNA los grupos humanos Vivían en pequeños grupos tribales familiares, construyendo viviendas circulares de adobe y materiales vegetales, enterrando a sus muertos debajo de los pisos de las viviendas. El aprovechamiento de los recursos naturales era de tipo promiscuo, practicando el cultivo de un número reducido de especies, que complementaban con la ganadería, la caza y la recolección de plantas silvestres. En las viviendas se manipulaban los recursos, separando el grano de los cereales de las cubiertas florales, utilizando piedras para moler el grano. Y en las mismas viviendas se cocinaban los alimentos en un hogar. En cuanto a las herramientas, sigue predominando la piedra sobre todo el sílex, ya que encontramos puñales, puntas de flecha, hoces y aparece la piedra pulimentada para la fabricación de hachas posiblemente para trabajar la madera.

Una segunda etapa de este primera neolítico es la considerada como PPNB (c9.200 – c6.000 cal BC), donde los pequeños grupos tribales-familiares se hacen más grande, a la vez que se hacen más dependientes de la obtención de recursos agrícolas y ganaderos. Esta situación propicia una explotación de tipo seminómada, donde los desplazamientos territoriales están determinados por la necesidad de

adaptarse a los cambios estacionales y fenológicos, en la procura de una mayor cantidad de recursos. Este proceso condujo a una difusión de las prácticas agrícolas y ganaderas hacia otros territorios, iniciándose la designada como “expansión” o “colonización” neolítica, hacia Asia y los territorios del Mediterráneo. Posteriormente, a partir del c6.000 cal BC. las comunidades neolíticas del Creciente Fértil adoptan y difunden el uso de la cerámica, elemento que permitirá una mejor gestión de los recursos al poder almacenar y transportar tanto líquidos, como granos y otros productos. Coincidiendo con estos cambios, las pequeñas agrupaciones familiares incrementan su tamaño, surgiendo a partir de estas las primeras aldeas en las que el uso de la agricultura (cereales, leguminosas) y la ganadería (ovejas, cabras, bóvidos, cerdos), adquiere una mayor importancia frente al aprovechamiento de los recursos silvestres. Durante este periodo se inicia la difusión de formas y hábitos de vida vinculados con el Neolítico por otros territorios, especialmente de la cuenca Mediterránea y del occidente de Asia (Asouti, 2006; Banning, 1998; Bar-Yosef, 1991, 1998, Bar-Yosef & Belfer-Cohen, 1989; Guagnin et al. 2018; Ibañez et al. 2018; Kuijt & Goring-Morris, 2002; Martínez Sánchez et al. 2018; Mozoyer & Roudart, 2006; Natali & Forgia, 2018; Radi & Petrinelli Pannocchia, 2018; Uccesu et al. 2018; Zohary & Hopf, 1993,2000, etc.).

En la Península Ibérica son todavía escasos los yacimientos arqueológicos que incluyen ocupaciones adscribibles al inicio del Neolítico. La información disponible sitúa el comienzo del Neolítico Ibérico dentro del intervalo c5.600-5.000 cal BC, con ocupaciones caracterizadas por la presencia de cerámica cardial y de restos de fauna doméstica, mayoritariamente cabras y ovejas. La incorporación de las prácticas agrícolas se producirá posteriormente, con el cultivo de distintas especies, principalmente cereales y leguminosas cuya domesticación se habría producido previamente en el Creciente Fértil. (Arias, 2007, Bernabeu Aubán, 1999; 2006,2007; Bernabeu Aubán et al. 2015; Buxo, 1997; Cruz Berrocal, 2012; Guilaine, 2013; Martins et al. 2015; Martín-Socas et al. 2018; Morell et al. 2018; Oms et al. 2014, 2017, 2018; Rojo Guerra & Garrido, 2012; Rojo Guerra & García-Martínez, 2018; Zapata et al. 2004).



Figura 2. Macrorrestos de *Triticum* recuperados en el yacimiento de Burcaco da Pala, Mirandela, Portugal. (Ramil-Rego & Aira Rodríguez 1993).

En el NW Ibérico las referencias más antiguas sobre la práctica de la agricultura se visualizan en distintos análisis polínicos realizados en columnas de sedimentos de turberas y lagunas, donde se ha identificado polen de cereal. La datación de los sedimentos donde está presente este polen ha permitido establecer el inicio de las prácticas agrícolas en el NW Ibérico en el intervalo 4.300 – 3.800 cal BC. En momentos posteriores a estas primeras evidencias, la actividad agrícola en el NW Ibérico se documenta también por

la presencia de distintos macros y microrrestos vegetales en los yacimientos con ocupaciones que se distribuyen entre el Neolítico final y los comienzos de la Edad del Bronce, en los yacimientos de Buraco da Pala, Mirandela (Ramil-Rego & Aira Rodríguez, 1993) y de Bolada, Fafe (Monterio Rodríguez, 2008).

Buraco da Pala, situado en la Sierra de Mirandela (Alto Douro, Portugal), la ocupación humana atribuida al Neolítico final y la Edad del Bronce (Figueiral, 1991; Ramil-Rego & Aira Rodríguez, 1993; Sanches, 1995, 1997; Sanches et al. 1993), aparece asociada a un importante número de silos y abundantes macro y microrrestos vegetales que atestiguan la existencia de una relevante actividad agrícola, centrada en el cultivo de cereales (trigos, cebadas, avena) y leguminosas (*Vicia*, *Pisum*, *Lens*). Entre los cereales aplicando criterios morfológicos y biométricos se ha identificado la presencia de granos de trigos desnudos que se corresponderían con los morfotipos de granos globiformes ("Cyprea type") que podrían corresponder con el *Triticum sphaerococcum* Pers. (*Triticum aestivum* L. var. *sphaerococcum*), especie cuya presencia en la Península Ibérica ha sido indicada por Balda Domínguez (1931), Pinto da Silva (Paço, 1954, Pinto da Silva, 1988), Rivera Nuñez et al. (1988). Junto a los granos de trigos globiformes se recuperaron cariopsides de trigo de forma alargada que se han identificado como *Triticum aestivum* L., sin poder precisar con exactitud en base a la morfometría de sus cariopsides la variedad o variedades a las que podrían corresponder. Las cebadas, tan abundantes como los trigos, se corresponden con formas de granos vestidos (*Hordeum vulgare* L. var. *vulgare*) y de cariopsides desnudos (*Hordeum vulgare* L. var. *nudum*). En Buraco da Pala se han documentado además granos de vid, pertenecientes según sus características biométricas a formas silvestres (*Vitis vinifera* L. subespecie *sylvestris*) y cultivadas (*Vitis vinifera* L. subespecie *vinifera*), así como de aglomerados de semillas de lino (*Linum usitatissimum* L.) y de adormidera (*Papaver somniferum* L.).

Tras el proceso de adopción de la agricultura que en el NW Ibérico se vincula con las ocupaciones humanas del Neolítico y del Bronce Inicial, sigue un periodo de desarrollo y expansión territorial de la misma que partiendo del Bronce Final se continua durante toda la Edad del Hierro y se prolonga durante la Romanización. En el periodo comprendido entre el Bronce Final – Edad del Hierro los pequeños asentamientos de campesinos aumentan su densidad, configurándose aldeas o grandes villas fortificadas, los castros, que suponen un nuevo modelo de organización territorial sustentando en un incremento de la actividad sobre el medio ambiente, provocando una fuerte reducción de la superficie ocupada por los ecosistemas prístinos conformados a lo largo de los periodos previos del Holoceno y del Pleistoceno, que ahora son sustituidos por grandes espacios abiertos aprovechados por la ganadería, así como por el establecimiento de áreas de cultivo permanentes. Este nuevo modelo territorial se afianza a partir del siglo II BC, llegando en algunos casos a adquirir una estructura protourbana (Martins, 1996, Peña Santos 2005).

La agricultura en el periodo comprendido entre la Edad del Bronce Final y la Edad del Hierro mantiene características comunes con la establecida en el periodo anterior. La producción sigue apoyándose en el cultivo de cereales y leguminosas. Entre las leguminosas las habas y los guisantes se configuran como los cultivos dominantes, mientras que, entre los cereales, el trigo y la cebada continúan marcando su hegemonía, frente a la avena (*Avena*) y al mijo (*Panicum miliaceum* L.).

La mayor abundancia de yacimientos con registros carpológicos en el NW Ibérico permite disponer de una información más detallada sobre los trigos cultivados durante la Edad del Bronce Final y la Edad del Hierro, observándose la predominancia de formas de granos vestidos frente a la de granos desnudos. Entre los primeros se constata la presencia de *Triticum dicoccum* Schübl., cuya presencia más antigua en Galicia se refiere al yacimiento del Castro de Penalba (Aira Rodríguez et al. 1990), y de As Laias (Tereso, 2012, Tereso et al. 2013), donde se ha podido recuperar numerosos restos de espiguillas y granos en distintos silos conformados en el sustrato del yacimiento. En As Laias, junto al *Triticum dicoccum* Schübl., se han recuperados igualmente numerosos granos y espiguillas de *Triticum spelta* L. El dominio de los trigos de granos vestidos estaría vinculado con la escasa fertilidad de los suelos naturales y la dificultad de poder abonar adecuadamente los mismos.

Antes de las primeras incursiones romanas en el norte de Portugal en la segunda mitad del siglo II antes de Cristo ya eran evidentes los contactos con las comunidades indígenas poblaciones mediterráneas, principalmente con los comerciantes púnicos y luego con elementos romanos. Estos contactos están presenciados por la presencia de artefactos arqueológicos exógenos (González-Ruibal, 2003). De cualquier forma, la campaña de Decimus Iunius Brutus [180,113 BC], apodado Galicus, en 138-137 BC. marca un cambio en la relación de estas comunidades con los grandes imperios mediterráneos.

Durante los tres siglos de ocupación romana el modelo territorial se fue reconfigurando paulatinamente, surgiendo las primeras ciudades vinculadas a los principales centros administrativos y militares establecidos por los romanos, así como villas y quintas romanas, mientras que en el resto del territorio la población seguía viviendo en los castros. Las secuencias polínicas obtenidas en distintas áreas del NW Ibérico, confirman el mantenimiento de un paisaje fuertemente desarbolado en los territorios litorales y sublitorales, así como en los valles y llanuras interiores. Únicamente en algunas áreas montañosas el bosque mantiene su predominio en el paisaje. (Muñoz Sobrino et al. 2005, Ramil-Rego, 1992; Ramil Rego et al., 2009; Van Mourik, 1986).

Las evidencias arqueobotánicas atestiguan la pervivencia durante la Romanización del modelo de agricultura forjado en el periodo anterior (Bronce Final – Hierro). Los cereales y las leguminosas siguen siendo las principales especies cultivadas. Entre los cereales se mantiene el predominio de los trigos de granos vestidos (*Triticum dicoccum Schübl.*, *Triticum spelta L.*), frente a los trigos de granos desnudos (*Triticum aestivum / durum*), acompañados en menor proporción por el mijo (*Panicum miliaceum L.*), cebadas (*Hordeum vulgare L.*), avenas (*Avena spp.*). El centeno (*Secale cereale L.*) parece haber sido introducido en este periodo, pero su expresión en la agricultura local deberá haber sido reducida teniendo en cuenta que fue detectado únicamente en unos pocos yacimientos, Monte Mozinho, Penafiel (Tereso et al. 2010) y Cruito (Oliveira, 2000).

Clasificaciones clásicas de mieses y trigos

El agrarista gaditano Lucius Junius Moderatus [4,c20 DC], de sobrenombre Columela, en el momento de describir los cereales en su célebre obra *De Re Rustica*, diferenciaba entre avena, mijo, panizo, cebada, trigo (far) y espelta. Columela indica la existencia de una amplia variedad de trigos, siendo las de mayor calidad de grano las conocidas como “rubion” (rubión), “siligo” (candeal) y “trimestriel” (tremesino). Considerando que el resto de especies de trigo son superfluas, salvo para aquellos que se deleitan y se vanagloria de poseer y multiplicar una gran variedad de frutos. El designado como far adorem, semen adorem, o adorem, por Columella y otros autores latinos, ha sido identificado como un cereal de granos vestido, la espelta (*Triticum spelta L.*), aunque algunos autores también lo han vinculado equivocadamente con la escanda (*Triticum monococcum L. / Triticum dicoccum Schübl.*). Adorem es el cereal cultivado en los terrenos pobres y húmedos, reconociéndose varias razas por la calidad de sus granos; “chiusi”, de blancura brillante, “venuculo”, de grano rojo o blanco, pero de más peso, y la tremesina designada como “halicastro”, que era la principal en peso y calidad.

Gaius Plinius Secundus [23,79AD], conocido como *Plinio el Viejo*, en el *Libro VIII de su Historia Natural*, narra la historia de que Ceres enseñó a los antiguos pobladores de Italia, Sicilia y Atica, que solo se alimentaban de bellotas, a utilizar el trigo, moliendo sus granos y elaborando pan, por lo que Ceres, fue considerada una diosa. Plinio consideraba dos tipos de mieses, los panes y las legumbres. La lista de los primeros coincide en gran medida con los indicados por Columela (avena, cebada, mijo, panizo, trigo), añadiendo el centeno que designa como typha (*Typha cerealia* según autores posteriores). Plinio se refiere también al arroz, el cual había sido difundido en el Mediterráneo oriental tras la expedición de Alejandro Magno a la India (344-324 BC).

Plinio incluye una diferenciación de los trigos en relación con la fecha de su siembra. Así, unos son considerados como “hibernizos”, cuando su siembra se realiza tras el ocaso diurno de las Vergilias

(Pléyades), que en el ámbito Mediterráneo acontece a los 44 días tras la “bruma” (solsticio de invierno, 21 de diciembre), siendo cosechadas en primavera o verano. Otros trigos son “estivales”, como el mjoio y el panizo, sembrándose en Italia durante el estío, antes de que nazcan las Vergilias (unos días después del equinoccio de otoño 23/septiembre), aunque en Asia y en tres territorios, su siembra se realiza igualmente tras el ocaso de las Vergilias.



Figura 3. “Panis siligineus” o “Panis Quadratus”. Izquierda fresca con panes de una villa en la ciudad de Pompeii (Museo Archeologico Nazionale di Napoli). Derecha: Resto carbonizado de una pieza de pan recuperada en la Villa Regina (Pompeii).

Los tratadistas medievales mantendrán la tipología y conocimiento sobre el cultivo de los cereales establecida por los autores latinos, la cual también seguirá siendo empleada por los naturalistas y agraristas del Antiguo Régimen. Así, Gabriel Alonso de Herrera [1470,1539], en su conocido “Libro de Agricultura” (1513), indica la existencia de muchas clases (diversidades) de trigo, de las que destaca dos barbadas (trechel o rubio y arisprieto), dos mochos (blanco o candeal y desraspado), y los tremesinos, que pueden serlo todos los anteriores.

Según Herrera: “Del trigo hay muchas diversidades, y aun en muchas partes hay un trigo que no hay en otras, ni es conocido. Hay trigo trechel, que llama rubio, y esto es lo mejor de todo así en peso como en provisión. Hay trigo arisprieto, y este es muy vecino al trechel en estas propiedades. Hay trigo blanco o candeal, hay derraspado y tremesino. La trechel cresce bien en regiones llanas, callentes, tierras gruesas, no umbrías; porque ello de su calidad es algo húmido: cuales son tierras gruesa [...]. El arisprieto verdad, es que quiere también buenas tierras y gruesas, y si tales se hallasen cuevas siémbrenlo en ellas, porque muy mejor se cria en ella que no en valles ni llanos: parece que se huelga con el aire, rehuye lugares umbríos y húmidos. El trigo blanco o candeal, que todo es uno y un nombre, que cándido en lengua latina quiere decir blanco, sufre mejor tierras frías, livianas, umbrías, húmidas que oras ningunas, y por esto siembran en ta manera de pan en lugares de sierra. Desta suerte es el tirgo derraspado, y este pan tien la camisa del grano muy gruesa, y aun de muchas coberturas, y por eso el hielo y el frio no le puede así daños como al trechel que la tiene mas delgada. [...], para tierras que suelen ser muy lluviosas, aguosos, y desta especie de candeal es el trigo trimesino, que según Columela dice, el trimesino no es manera de simiente apartada del otro trigo blanco ó candeal” (Alonso de Herrera, 1513).

Benito Jerónimo Feijoo y Montenegro [1676,1764], conocido como Padre Feijoo, asume al igual que Herrera, y los escritores clásicos la trans-mutabilidad de las especies, comentando que, en cierto distrito de los Pirineos, todo el trigo que se siembra se convierte en centeno a los dos años.

Clasificación linneana del trigo: la Ceres Hispanica

La clasificación de los cereales y especialmente del trigo sufrirá una importante modificación tras la publicación en 1753, de la primera edición de *Species Plantarum* de Carl Nilsson Linnæus [1707,1778], donde se describen 6 especies de trigo: *Triticum aestivum*, *Triticum hybernum*, *Triticum turgidum*, *Triticum spelta*, *Triticum monococcum*, *Triticum repens*, *Triticum caninum*. En la segunda edición de *Species Plantarum*, Linnaeus, añade una nueva especie, *Triticum polonicum*. La propuesta de clasificación del género *Triticum* realizada por Linnaeus, sufrirá en las décadas posteriores importantes cambios, con la incorporación de nuevas especies, o en su caso fusión de las existentes. Los cambios serán más notables en relación con los taxones infraespecíficos, generándose una gran diversidad de taxones, que en muchos casos resultan muy complejos de discernir. Jean-Baptiste de Monet, Chevalier de Lamarck [1744,1829] describe en 1778, *Triticum sativum*, integrando en ella a tres de las especies descritas por Linnaeus (*Triticum aestivum*, *Triticum hybernum* y *Triticum turgidum*). Dominique Villars [1745,1814] propone en 1787 la separación de *Triticum vulgare* (*Triticum aestivum* L.) de *Triticum touzella* (*Triticum hybernum* L.). En 1789 Franz Paula von Schrank [1747,1835], describe *Triticum cereale*, donde incluye distintas variedades de *Triticum aestivum* y *Triticum hybernum*, así como una nueva especie, *Triticum dicoccum*. Esta última especie será posterior designada como *Triticum dicoccum* (Schrank) ex Schüb.

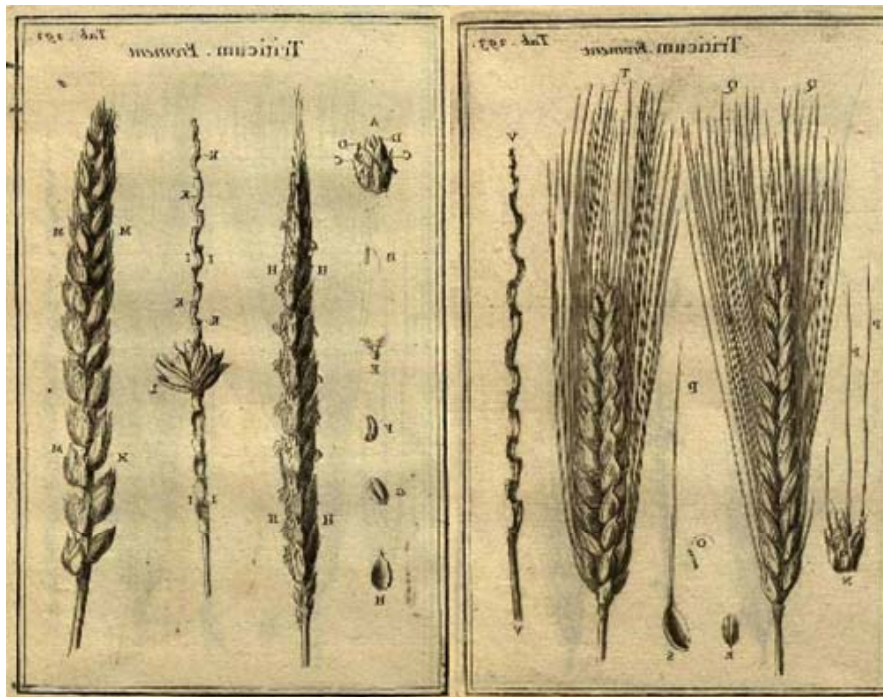


Figura 4.- Ilustración de trigo publicadas por Joseph Pitton de *Tournefort* [1656,1708], en: *Institutiones rei herbariæ*, vol. 3: t. 293 (1700).

René Louiche Desfontaines [1750,1833], en 1798, describe el *Triticum durum*. A lo largo del siglo XIX se publican nuevos trabajos sobre la taxonomía del género *Triticum*, con distintas propuestas de clasificación. Host en 1805, reconoce 10 especies, mientras que Seringe (1818), solo reconoce 8, divididas en 2 secciones. Percival en 1921, plantea 2 únicas especies *Triticum aegilopoides*, con una "raza", que incluye el *Triticum monococcum* L. Y la segunda especie: *Triticum dicoccoides* con 10 razas. Hackel (1890), reconoce tres especies: *Triticum sativum*, *Triticum monococcum*, *Triticum polonicum*, incluyendo dentro de *Triticum sativum* varias razas (*spelta*, *dicoccum* y *tenax*)

No será hasta comienzos del siglo XIX cuando los botánicos españoles se perciban de la dificultad de integrar los trigos españoles dentro de la sistemática establecida por Linnaeus. En el verano de 1801, Mariano Lagasca y Segura [1776,1839], del Real Jardín Botánico de Madrid, acompañado por los estudiantes Donato García [1782,1855], presbítero y futuro profesor de la escuela de mineralogía, y de Simón de Rojas Clemente y Rubio [1777,1827], colaborador de Casimiro Gómez Ortega [1741,1810] primer catedrático del Jardín Botánico de Madrid, comprueban como los trigos que crecen en los campos próximos a la capital, no se ajustaban a las especies descritas por Linnaeus y otros autores europeos. Esta herborización marca el punto de partida de un ambicioso proyecto, la Ceres Hispanica, que capitaneado por Lagasca junto con Clemente, involucrará a numerosos botánicos y colaboradores del reino durante las siguientes tres décadas (Clemente, 1818, 1926; Téllez Molina, 1976; Téllez Molina & Alonso Peña, 1952; Fernández Pérez & Gomis Blanco, 1990).

Dos años más tarde, Clemente, en el transcurso de las herborizaciones que realiza en Andalucía, puede documentar la existencia de una gran variedad de trigos, creando así la primera colección de trigos españoles que será mantenida en el Real Jardín Botánico de Madrid. La colección fue aumentando gracias a las colaboraciones de otros botánicos, especialmente de Esteban Boutelou Agraz [1776,1813]. Los materiales recolectados fueron sembrados en 1806 y 1807 en parcelas del Real Jardín Botánico de Madrid y las de los Reales Jardines de Aranjuez. Las siembras efectuadas en Madrid tuvieron muchos problemas, no así las realizadas en Aranjuez, realizando Boutelou un artículo sobre estas experiencias referidas a la cebada ramosa (Boutelou, 1806, 1807).

Los trabajos impulsados desde el Real Jardín Botánico para el estudio de los cereales, se enfrentarán a la situación generada por la invasión de las tropas de Napoleón (1808-1814). Tras la guerra, Lagasca accede al puesto de director del Real Jardín Botánico. En el año 1815, redacta y difunde un opúsculo estimulando a médicos, farmacéuticos, sacerdotes, alcaldes y público general a recolectar variedades de trigo y enviarlas al Jardín Botánico (Téllez Molina, 1976), consolidando con ello el estudio de la Ceres Hispanica, que había iniciado anteriormente, contando de nuevo con la ayuda de Clemente, así como la de Arias, Rodríguez y otros colaboradores. En 1816 publica Lagasca *Genera et Sepecies Plantarum quae aut novae sunt aut non recte congnoscentur*, donde aborda el género *Triticum*, asumiendo los criterios establecidos por Linnaeus y de autores previos, a la vez que proponía la descripción de ocho nuevas especies (Téllez Molina, 1976).

En 1818, Clemente, publica una nueva revisión sobre el género *Triticum* en España, que aparece incluida en la edición de la Agricultura de General de Alonso de Herrera auspiciada por la Sociedad Económica Matritense. En la propuesta de Clemente se rechazan dos de las especies establecidas por Lagasca (*Triticum aragonense*, *Triticum spinolosum*), manteniendo el resto, agregando además seis nuevas especies. Como indica Téllez Molina (1976), la profusión de especies de trigos en los trabajos que se publican a lo largo del siglo XIX, vendría determinada por la aplicación de los criterios lineanos, que atribuían rango específico a la ausencia / presencia de las barbas y a su color, al igual que a la vellosoidad y al color de las glumas.

Distribuye Clemente (1820), las 20 castas de los trigos españoles en 3 secciones. La sección primera se corresponde a trigos de granos vestidos (el cascabillo o vasillo ternilloso retienen tenazmente al grano dentro de él, despidiéndolo en la era vestido todavía y aun agarrado a los trozos de su quebradizo raquis o raspa). Incluye 7 especies: La escaña menor (*Triticum monococcum* L.), cultivada en todas las provincias de España, en lo más estéril de Suiza, y aun en toda Europa, aunque en algunos pueblos solo como forraje. La escaña vellosa (*Triticum hornemanii* Clem., *Triticum monococcum* L. *pubescens*), que se cultiva en Asturias. La escaña melliza (*Triticum cienfuegos*), cultivada en Navarra y Asturias. La escaña mazorrall (*Triticum bauhini* Lag.), cultivada en Burgos. La escaña lampiña o escaña grande lampiña (*Triticum spelta* L.), cultivada en Asturias, así como en Alemania, Suiza y el Delfinado. La escanda vellosa o escaña mayor peluda (*Triticum arias* Clem., *Triticum spelta* L. *muticum*), en Asturias. La escaña mocha (*Triticum arias* Clem., *Triticum spelta* L. *muticum*). (Téllez Molina & Alonso Peña, 1952; Téllez Molina, 1976).

La sección segunda agrupa los trigos con granos desnudos (cálices coriáceos que sueltan en la era el grano desnudo ó mondo, desprendiéndose fácilmente de su flexible raspa). Los trigos de esta sección “discordan tanto entre sí por los caracteres botánicos y agronómicos, que no puede menos de extrañarse la pertinencia de algunos naturalistas en embrollarlas solo porque no lograron explorarlas en su suelo natal”. Clemente incluye en esta sección a 12 especies: El Trigo chamorro común (*Triticum hibernum* L.), cultivada en toda España. El trigo chamorro veloso (*Triticum koeleri* Clem.), venido de los jardines botánicos de París y de los países del Norte. El candeal lampiño (*Triticum aestivum* L.), cultivado en toda España, salvo en Extremadura, Andalucía, Valencia y Murcia. El candeal veloso (*Triticum horstianum* Clem.), menos propagado que lampiño. El redondillo lampiño (*Triticum linnaeanum* Lag.), cultivado principalmente en Navarra y Cataluña, también en Aragón y Castilla la Vieja. El redondillo veloso (*Triticum turgidum* L.), se cultiva especialmente en Navarra y La Rioja. El fanfarrón lampiño (*Triticum gaertnerianum* Lag.), abunda en Andalucía y el Levante, así como en las cosas de África. El chapado lampiño (*Triticum platistaechyum* Lag.), en Andalucía y Valencia. El chapado veloso (*Triticum cochleare* Lag.), en Andalucía. Moro o moruno lampiño (*Triticum cevallos* Lag.), en Andalucía. El Moro o moruno lampiño (*Triticum cevallos* Lag.), en Andalucía. El Moro o moruno veloso (*Triticum durum* Desf.), en Andalucía y Baleares. El fanfarrón veloso (*Triticum fastuosum* Lag.), distribuido por las llanuras del África del Norte y la Bética, siendo escaso en Murcia, Extremadura, Valencia, Cataluña y Aragón. La sección tercera, incluye una única especie, el denominado Trigo de Polonia o trigo polaco (*Triticum polonicum* L.), cultivado según Clemente en León y Baleares. (Téllez Molina & Alonso Peña, 1952; Téllez Molina, 1976).

Las referencias a materiales procedentes de Galicia en la Ceres Hispanica resulta muy reducida. Lagasca y Clemente contaron con la ayuda del abad de la parroquia de Santa Uxía de Fao (Touro, A Coruña), Justo Antonio Santa Marina, aficionado a la botánica, que envió en 1816 y 1818, ejemplares de trigos gallegos a Lagasca, de los que se registra en la propia Ceres Hispanica dos de ellos: *Triticum turgidum* L. *compositum farclum* (Racimal) y *Triticum linneanum* Lag. (Navarres). (cf. Téllez Molina & Alonso Peña, 1952).



Figura 5.- Retatos de Mariano Lagasca y Segura [1776,1839] y de Simón de Roxas Cosme Damián Clemente y Rubio [1777,1827], tomados de Tellez & Alonso (1952).

En 1820, Lagasca y Clemente son elegidos diputado a Cortes, y aunque su actividad política debió ser muy reducida, ambos se vieron envueltos en los acontecimientos políticos que marcaron el establecimiento del régimen absolutista durante el reinado del tirano Fernando VIII. Lagasca se vio obligado a abandonar

Madrid para exiliarse a Inglaterra, perdiendo en su precipitada huida parte de sus escritos y de su herbario. En el exilio permanecerá durante 11 años (1823-1834), a su regreso es repuesto en su cargo de director del Real Jardín Botánico.

La desaparición de Lagasca y Clemente, podrá fin al proyecto de Ceres Hispanica, pese a ello los escasos y parciales trabajos publicados tendrán una clara repercusión entre los botánicos del siglo XIX en el momento de establecer los catálogos de las diferentes floras ibéricas.

El botánico sajón Heinrich Moritz Willkomm [1821,1895] y el danés Johan Martin Christian Lange [1818,1898], en el primer tomo del Prodrromus Florae Hispanicae (Willkomm & Lange (1870), diferencian dentro del género *Triticum* dos secciones con 10 especies, tres de las cuales fueron descritas previamente por Lagasca. La Sección I *Eutriticum*, alberga según estos autores siete especies (*Triticum vulgare* Vill., *Triticum linnaeanum* Lag., *Triticum turgidum* L., *Triticum durum* Desf., *Triticum fastuosum* Lag., *Triticum cevallos* Lag., *Triticum polonicum* L.). Mientras que la Sección II *Spelta*, comprende tres especies (*Triticum spelta* L., *Triticum dicoccum* Schrk., *Triticum monococcum* L.). Colmeiro siguiendo los trabajos de Lagasca y Clemente, lista 26 especies de trigos en su Enumeración de las plantas de la Península Hispano – Lusitana (Colmeiro, 1889): *Triticum hybernum* L.; *Triticum koeleri* Clem.; *Triticum aestivum* L.; *Triticum hostanum* Clem.; *Triticum linnaeanum* Lag.; *Triticum turgidum* L.; *Triticum durum* Desf.; *Triticum fastuosum* Lag.; *Triticum gaertnerianum* Lag.; *Triticum platistachyum* Lag.; *Triticum cochleare* Lag.; *Triticum ceballos* Lag.; *Triticum comosum* L.; *Triticum polonicum* L.; *Triticum spelta* L.; *Triticum forskal* Clem.; *Triticum arias* Clem.; *Triticum dicoccum* Schübl.; *Triticum bauhini* Lag.; *Triticum monococcum* L.; *Triticum hornemanii* Clem.

En la elaboración de la Ceres Hispanica, los colaboradores gallegos son muy reducidos, como también son escasas las referencias a los especímenes recogidos o cultivados en Galicia. Esta situación se mantendrá en las décadas posteriores, donde las escasas referencias a la diversidad de los trigos y cereales gallegos queda reducida a las distintas floras que se publican (Planellas Giralt, 1853; Merino, 1909).

El catalán, José Planellas Giralt, en su etapa de catedrático de Historia Natural de la Universidad de Santiago, elabora la prima flora de Galicia (1853), donde incluye seis especies dentro del género *Triticum* (*Triticum sativum* Lam., *Triticum repens* L.; *Triticum junceum* L., *Triticum pinnatum* Moench., *Triticum sylvaticum* Moench), aunque solamente una de ellas es cultivada para la elaboración de pan (*Triticum sativum*). Planellas indica el cultivo de otras especies de cereales en el territorio gallego: avena (*Avena sativa* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.), centeno (*Secale cereale* L.), maíz (*Zea mays* L.), melca (*Sorghum* spp.), mijo (*Panicum millaceum* L.), setaria (*Panicum italicum* L.). Años más tarde, Víctor López Seoane, en la Reseña de la Historia Natural de Galicia, incluye un pequeño párrafo donde resalta la importancia de los cultivos de cereal en el territorio gallego: Tampoco escasea Galicia en plantas útiles al hombre como alimento y medicamento. Las extensas y fértiles vegas de maíz, los sembrados de trigo, centeno y cebada, las hortalizas, las exquisitas frutas del Rivero y la Ulla, los soberbios vinos de estas localidades y de Amandi, nos lo demuestran palmariamente (López Seoane, 1868).

El botánico y farmacéutico Juan Texidor y Cos [1836,1885], fue catedrático supernumerario en la Facultad de Farmacia de la Universidad de Santiago donde ocupó las cátedras de Farmacia Químico-Inorgánica y de Materia Farmacéutica Mineral y Animal en la Universidad de Santiago de Compostela (1866-) trasladándose posteriormente a la Universidad Central, Madrid (1868) y en la de Barcelona (1871). Prolífico autor, publica en 1871, la Flora Farmacéutica de España y Portugal (Texidor y Cos, 1871), en la que reconoce la existencia de 10 especies de trigos, 3 de granos vestidos y 7 de granos desnudos. Los trigos de granos vestidos se corresponden con *Triticum monococcum* L.; *Triticum dicoccum* Schübl., *Triticum spelta* L. La espelta, escaña mayor o escanda (*Triticum spelta*), se halla diseminada para el cultivo en toda la Península. Mientras que el *Triticum dicoccum* Schübl., se cultiva principalmente en Navarra. Finalmente, la escaña menor (*Triticum monococcum* L.), se cultiva en toda la Península. Entre los trigos de granos desnudos, *Triticum vulgare* Vill., estaría cultivado en toda la Península Ibérica, siendo conocido con distintos apelativos (candeal, chamorros, jeza, pichi). Tienen también una amplia área de cultivo el *Triticum*

linnaeanum Lag., conocido como redondillo, y el *Triticum turgidum* L.; Mientras que poseen una menor distribución, generalmente restringida a ciertas zonas de Andalucía, Cataluña y Valencia el *Triticum durum* Desf.; En Andalucía se cultiva además el *Triticum fastuosum* Lag. Originario de Polonia, el *Triticum polonicum* L., se cultiva en León (trigo de Polonia, trigo polaco), así como en Baleares (Bona), considerado por los autores como una posible variedad del *Triticum cevallos* Lag., el trigo moro, cultivado en distintos sitios de Andalucía.

La segunda flora de Galicia, fue realizada por el jesuita Baltasar Merino Román [1845,1917]. En el tomo 3 de la flora publicado en el año 1909, se describen los distintos cereales cultivados en Galicia. En cuanto a los trigos, al igual que Planellas, no identifica especies de raquis frágil y granos vestidos, "las plantas que hemos visto cultivadas en Galicia, pertenecen á la Sección *Eutriticum* Willkomm, con espiguillas persistentes por ser un raquis tenaz, y además con los granos libres ó sea flojamente envueltos por las glumillas" (Merino, 1909). Considera Merino la existencia en Galicia de una única especie de trigo, *Triticum vulgare* Villars (nom. Illeg. Actualmente *Triticum vulgare* Host.), con 3 variedades que son cultivadas en muchos puntos de Galicia, y que de acuerdo con las distintas propuestas de clasificación podrían considerarse como especies: *Triticum vulgare* Host. var. *sativum* (*Triticum sativum* Lam.), *Triticum vulgare* Host. var. *turgidum* (*Triticum turgidum* L.); *Triticum vulgare* Host. var. *durum* (*Triticum durum* Desf.). Junto al trigo se cultiva en Galicia el centeno (*Secale cereale* L.), varias especies de cebadas (*Hordeum distichum* L., *Hordeum vulgare* L., *Hordeum hexastichum* L., *Hordeum maritimum* L.), avenas (*Avena sativa* L., *Avena orientalis* Schreber), maíz (*Zea mays* L.) y escasamente el sorgo o maíz de Guinea (*Sorghum vulgare* Persoon). En cuanto a los mijos Merino (1909), indica el cultivo del panizo (*Panicum millaceum* L.) y de la *Setaria germanica* Willdenow, mientras que considera subespontánea el mijo menor, *Setaria italica* (L.) P. Beauvois. En la actualidad, la *Setaria germanica* (*Panicum germanicum* Willd.), se considera sinonimo de *Setaria italica* (L.) P. Beauvois.

Entre 1913, Antonio Xavier Pereira Coutinho, publica: A Flora de Portugal (plantas vasculares). Disposta em chaves dicotomicas, donde reconoce tres especies de trigos cultivados: *Triticum aestivum* L.; *Triticum vulgare* (Vill.) Thell; *Triticum durum* (Desf.) Thell. Junto con estas se cultivan otros cereales: centeno (*Secale cereale* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.), con distintas variedades (*distichum*, *nudum*, *hexastichum*), avenas (*Avena sativa* L.; *A. byzantina* C. Koch), maíz (*Zea mays* L.), arroz (*Oryza sativa* L.); mijo (*Panicum millaceum* L), considerando como subespontánea la *Setaria italica* (L.) P. Beauv. Una segunda flora de Portugal, será publicada por Gonçalo António da Silva Ferreira Sampaio [1865,1937], con el título: Manual da flora portuguesa (Sampaio, 1900-1914), obra que apenas incluye información sobre plantas cultivadas, indicando en el caso de los cereales: "Cultivam-se no país diferentes raças e variedades de trigo (*Triticum sativum* Lam.), sobretudo nas regiões quentes, assim como o Centeio (*Secale cereale* L.) que predomina nas regiões frias e elevadas" (Sampaio, 1900-1914). Situación que se mantendrá en la segunda edición de esta obra publicada en 1947, por Américo Pires de Lima [1886,1966],

A mediados del siglo XX, se establece una colaboración entre el Jardín Botánico de Madrid y el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA), con la finalidad de estudiar los fondos documentales y el material de herbario generado en el proyecto inconcluso de Ceres Hispanica desarrollados casi 150 años antes por Lagasca y Clemente, que se conservaban en el botánico. Los trabajos de investigación fueron los ingenieros agrónomos Manuel Alonso Peña [1903,1982] y Ricardo Téllez Molina [1913,1998]. El trabajo desarrollado confirma que Lagasca y Clemente no llegaron a elaborar un documento final que recogiera todas sus investigaciones sobre los trigos, a pesar de que estos habían indicado que habían concluido sus trabajos. Pese a ello, a partir de los distintos manuscritos y de los ejemplares de herbario, se pudo documentar la importancia del trabajo realizado por Lagasca y Clemente, así como documentar la gran diversidad de trigos que comprendía la Ceres Hispanica a comienzos del siglo XIX (Téllez Molina & Alonso Peña, 1952). Paralelamente el INIA desarrolló un estudio sobre las variedades de trigos que se cultivaban en España. Según Téllez Molina (1976), los datos de este trabajo resultaron ser muy similares a los obtenidos 150 años antes por Lagasca y Clemente, en caso de aplicarse los mismos criterios, aunque existían importantes diferencias en cuanto a la distribución de las distintas estirpes.

La serie poliploides del trigo: botánicos y genetistas

La taxonomía del género *Triticum* sufrirá a partir de 1918 un cambio radical, derivado de la publicación de Tetsu Sakamura, que estudia las colecciones de trigos conservadas en la Escuela de Agricultura de Sapporo, descubrieron que las distintas especies de trigos, acordes con la clasificación morfológica de Haeckel, contenía 7, 14 o 21 cromosomas en las células haploides (Kinoshita, 2006). Este descubrimiento permitirá reorganizar la clasificación de los trigos en base a su número de cromosomas acorde una serie poliploide que incluye especies diploides ($2n=14$), tetraploides ($2n=28$) y hexaploides ($2n=42$).

El conocimiento sobre el trigo y en general sobre las plantas cultivadas se verán incrementados gracias a los trabajos del ruso Nikolái Ivánovich Vavílov [1887,1943] desde el Instituto de la Industria de las Plantas (VIR) de San Petersburgo. Entre 1916 y 1933 organiza y participa en numerosas expediciones de herborización por los distintos continentes, incorporando a las colecciones del Instituto numerosas muestras de pliegos, frutos, semillas, ejemplares vivos de plantas cultivadas, entre las que se encontraban más de 30.000 muestras de especies y variedades de trigo. En la década de 1920 esboza las teorías sobre los centros de origen de las plantas cultivadas, reconociendo 8 centros principales y 3 secundarios (Vavilov, 1924, 1926, 1951). Paralelamente, formula la "ley de las series homólogas en la variación" (Vavilov, 1920,1922; Malato-Beliz, 1976), que considera: En general, especies lineanas afines se caracterizan por series de variedades similares y paralelas; y como regla, cuanto mayor es la proximidad genética de dichas especies más exacta será la semejanza de su variabilidad morfológica y fisiológica. Especies lineanas estrechamente correlacionadas genéticamente tienen, en consecuencia, series semejantes de variación hereditaria. Esta ley fue precursora de los procedimientos de mejora vegetal establecidas por la genética. Su defensa de la ciencia y el rechazo a las pseudociencias, provocó su progresivo distanciamiento con el régimen soviético. En 1935, el dictador Stalin proclamaba que "*los científicos perdían su tiempo en los laboratorios y gastaban el dinero en expediciones que no producían resultados en el mejoramiento de la producción de alimentos*" e instó a Vavilov a que aprendiera de los campesinos en el trabajo directo en el campo. En 1940 Vavilov es detenido, juzgado de forma sumarísima y condenado a muerte, pasando sus últimos meses en un penal soviético a la espera de un indulto que nunca llegó.

En la década de los años treinta João de Carvalho e Vasconcellos [1897,1972], publica varios trabajos sobre los trigos que se cultivan en Portugal, tanto de forma tradicional, como de especies incorporadas recientemente (Vasconcelos & Monteiro, 1930; Vasconcelos, 1933a,b), que se concretan en 5 especies, tres tetraploides: *Triticum durum* L., *Triticum turgidum* L., *Triticum polonicum* L., y dos hexaploides: *Triticum vulgare* Host., *Triticum compactum* Host.

En uno de sus viajes de herborización destinados a incrementar las colecciones botánicas del Instituto de botánica aplicada y de mejora de variedades vegetales de la URSS (VIR), Vavilov, recorre distintos países ribereños del Mediterráneo visitando en el verano de 1937, Galicia y Asturias (Vavilov, 2015; Fernández López, 2012; Huerga Melcón, 2005, 2012). Su llegada a Galicia se realiza desde León, y en la visita por tierras gallegas es acompañado por los naturalistas Luis Crespí Jaume [1989,1963], Luis Iglesias Iglesias [1895,1977], Gonçalo Antonio da Silva Ferreira Sampaio [1865,1937], recorriendo las montañas de Ancares, Queixa e Invernadoiro, donde obtienen muestras de distintas especies especialmente de avenas (Crespí & González Bueno, 1990; Vavilov, 2015; Huerga Melcón, 2005)

Después de atravesar un paso de 1200 metros, me dirigí al Norte hacia el centro de la región de Galicia y la ciudad de Lugo. Todo ha cambiado: después del fondo gris y amarillo del semidesierto, el viajero se encuentra con bosques de un verde intenso, pastos y enormes rebaños de ovejas. Bosques de castaños son típicos de Galicia y cubren decenas de miles de hectáreas. El castaño es el árbol dominante en los bosques de Galicia. Se encuentran tanto en estado silvestre, como cultivado. Las castañas sirven como alimento para las

personas, así como de forraje para los animales. Aquí todo es diferente y único con relación al interior y al sur de España: el tojo, una planta leguminosa semiarbusciva, se cultiva en cantidades enormes como planta forrajera áspera y espinosa. Tiene flores amarillas y sus ramas, machacadas con mazos de madera, sirven como forraje valioso para el ganado vacuno. Los arbustos de tojo se suelen quemar periódicamente para fertilizar los campos, y mejoran radicalmente la fertilidad del suelo.

Galicia es la provincia con mayor número de precipitaciones de toda España. El paisaje se caracteriza por abundante arbolado y prados. Además de las castañas, también se pueden encontrar aquí nogales. Los cultivos del campo son absolutamente diferentes de los del resto de España. Domina el centeno: los lugareños comen el pan negro y la paja del centeno se usa mucho como forraje para el ganado y para cubrir las casas.

La avena negra, es una planta característica generalmente endémica de aquí y ampliamente cultivada en suelos poco profundos, ligeros y ácidos. Aquí y en el límite noroeste de Portugal, pude elucidar con toda certeza la conexión entre este cultivo y la avena silvestre, genéticamente muy próxima. No hay duda en absoluto de que la génesis de la avena negra y las especies unidas a ella se originaron en el territorio del noroeste de los Pirineos. Mientras infesta otros cultivos, en particular el trigo, esta avena se impone gradualmente al trigo, que requiere suelos más apropiados dando lugar a cultivos independientes. Aquí se han descubierto dos tipos de avena negra, ambas con un gran número de variedades desconocidas en cualquier otro país.



Figura 6. El botánico y genetista Nikolái Ivánovich Vavílov [1887,1943], en el herbario del Jardín Botánico e Instituto de Investigación de San Petersburgo (1930).

Encontramos abundancia de matorrales de lino salvaje, genéticamente cercano a nuestro lino cultivado. En Galicia me encontré también con el cultivo de una col perenne y frondosa. En contraste con el sur y con el interior de España, el tipo de plantas leguminosas, la almorta, las lentejas, los garbanzos y los guisantes son evidentemente de origen asiático, introducido muy probablemente en una época muy lejana desde algún lugar del Cáucaso o del sudoeste de Asia. Todos presentan un agudo contraste con los especiales y grandes tipos sembrados en el sur de España. Comienzan a aparecer cosechas del lino más corriente, desconocidas

en el centro y en el sur de España. Hay también abundancia de patatas y centeno. Se cultivan asimismo grandes cantidades de maíz.

Los edificios se construyen de piedra, con los techos de paja. Por todas partes pueden verse techos cubiertos de pizarra. Esto es especialmente típico en Galicia. Los caminos son buenos. Los habitantes de los pueblos usan madreñas. Las herramientas para la agricultura son primitivas; se usa aún el arado romano. El grano se siega con hoces y se trilla por medio de cadenas. Se puede ver a las mujeres recogiendo constantemente los excrementos de los animales a lo largo de los caminos. Aquí, como en cualquier otro lugar de España, hay muchas palomas. Los excrementos de las palomas se usan como fertilizante. En general, predomina la cría de ganado y la producción de leche. Durante mucho tiempo, la abundancia de bosques de robles se ha utilizado para la producción de cerdos cerca de Lugo. Todavía pueden encontrarse jabalís en los bosques. En general, sin embargo, Galicia no produce suficiente comida y es necesario importarla.

Por todas partes, uno tiene la impresión de estar ante una cultura por un lado antigua, estancada y primitiva, pero también original. Básicamente, Galicia es única geográficamente, en lo que se refiere a paisaje, composición de los cultivos, variedad de animales e idioma".

Años más tarde, Flaksberger (1939) publica una síntesis mundial revisión trigos especies y variedades a nivel mundial. En relación con su dotación cromosómica: Diploides ($2n=14$): *Triticum spontaneum* Flaksb., *Triticum monococcum* L. Tetraploides ($2n=28$): *Triticum dicoccoides* (Körn. ex Asch. & Graebn.) Thell., *Triticum timopheevi* Zhuk., *Triticum dicoccum* Schülb., *Triticum durum* Desf., *Triticum abyssinicum* Steud., *Triticum polonicum* L., *Triticum persicum* (Percival) Vavilov. Hexaploides ($2n=42$): *Triticum spelta* L., *Triticum vulgare* Host., *Triticum compactum* Host., *Triticum sphaerococcum* Pers., *Triticum macha* Dekapr. & Menabde. La clasificación más utilizada será sin embargo la de Mac Key (1954) o la Jakubziner (1958). Esta última incluye tres especies diploides ($2n=14$), *Triticum boeoticus* L., *Triticum urartu* Thumanjan ex Gandilyan, *Triticum monococcum* L.. Once especies tetraploides ($2n=28$): *Triticum araraticum* Jakubz., *Triticum dicoccoides* (Körn. ex Asch. & Graebn.) Thell., *Triticum timopheevi* Zhuk., *Triticum paleocolchicum* Menabde, *Triticum dicoccum* Schübl., *Triticum durum* Desf., *Triticum turgidum* L., *Triticum turanicum* Jakubz., *Triticum polonicum* L., *Triticum carthlicum* Nevski, *Triticum aethiopicum* Jakubz. Y siete especies hexaploides ($2n=42$), *Triticum zhukovsky* Menabde & Ericzjan, *Triticum macha* Dekapr. & Menabde., *Triticum spelta* L., *Triticum aestivum* L., *Triticum compactum* Host., *Triticum vavilovii* (Tumanian) Jakubz., *Triticum sphaerococcum* Pers.

En España, en 1937, se creaba el Servicio Nacional del Trigo, que estableció inicialmente un complejo sistemas de bonificaciones para fomentar la producción. Paralelamente ensayo y promovió la difusión de nuevas especies y variedades comerciales, supuestamente más productivas, relegando las tradicionales.

En 1957 el ingeniero agrónomo del Centro de Cerealicultura (Instituto de Investigaciones Agronómicas), Manuel Gadea, recibe el premio de investigación agraria por su trabajo: Trigos cultivados en España y nuevas variedades recomendadas. Gadea es autor de distintos trabajos sobre los trigos españoles (Gadea, 1949, 1954, 1958), en los que indica como especies más frecuentes de cultivo: *Triticum monococcum* L., *Triticum dicoccum* Schülb., *Triticum turgidum* L., *Triticum poloniucum* L., *Triticum durum* Desf., *Triticum spelta* L., *Triticum vulgare* Host., *Triticum compactum* Host. Los trigos vestidos (*Triticum monococcum* L., *Triticum dicocum* Schülb., *Triticum spelta* L.), se encuentran en franca regresión, permaneciendo pequeñas superficies de cultivo en Asturias, Navarra, Cataluña, Pirineos, Andalucía. El *Triticum polonicum* L. que había sido reconocido por Lagasca a principios del siglo XIX en campos de León y Baleares, no ha podido ser localizado en estos territorios, encontrándose una nueva población en Andalucía.

La pérdida de biodiversidad marcada por la sustitución de las especies y variedades tradicionales por estirpes modernas supuestamente más productivas, queda documentada en los trabajos de Gadea: "En

España, el proceso de desaparición de nuestros trigos indígenas se ha realizado de un modo progresivo, precisamente en los últimos tiempos, habiéndose perdido, o estando en trance de perderse, en muchas regiones, variedades que, hasta fechas relativamente recientes, se cultivaban allí desde tiempo inmemorial. [...]. En la mayoría de los casos, los nuevos trigos empleados seguramente contribuyeron a aumentar la producción, aunque también pudo darse el caso de perder con el cambio y no ser ya posible deshacer el error. Pero, de todos modos, siempre habrá resultado deplorable, desde el punto de vista botánico – históricos y desde el práctico de selección, el que desapareciera aquella riqueza. (Gadea, 1949).

Enrique Sánchez-Monge publica en 1957, el Catálogo Genético de los trigos españoles, en el que estudia la diversidad varietal de los trigos cultivados en España, “indígenas” o “introducidos”, en cuanto a sus características morfológicas y fisiológicas. En el trabajo se estudian siete especies: dos diploides (*Triticum monococcum* L., *Triticum dicoccum* Schülb), tres tetraploides (*Triticum durum* Desf., *Triticum turgidum* L., *Triticum polonicum* L.) y dos hexaploides (*Triticum aestivum* L., *Triticum spelta* L.).

La tesis doctoral de Elvira Sahuquillo (Sauquillo, 1990, Sauquillo & Fraga, 1991), aborda el estudio morfológico y bioquímico de los trigos gallegos. El muestreo planteado en este trabajo es amplio, aunque no suficiente para caracterizar algunas de las tradicionales zonas cerealistas. Los resultados de este trabajo evidencian que la única especie cultivada de trigo es *Triticum aestivum* L., con distintas variedades, distribuidas en el territorio gallego

En el género *Triticum* estarían representados los tres niveles ploídicos, fruto de una de una evolución divergente y divergente realizada en dos etapas la primera divergente y la segunda convergente (Lacadena, 1995). La identificación de las especies diploides que habrían contribuido con sus genomas, a la formación de los trigos tetraploides y hexaploides, fue obtenida inicialmente a partir del análisis meiótico de las distintas estirpes de *Triticum* y de especies de géneros afines (*Aegilops*, *Agropyron*, etc), complementado con análisis biométrico. Según Lacadena (1996), en una primera etapa se produjo una “evolución divergente”, de modo que a partir de un genoma ancestral [G] con un número básico de 7 cromosomas ($n=7$), se configuraron los diferentes genomas derivados [A, B, D, R, H, U, ...], característicos de las distintas especies diploides de Triticale ($2n=14$). Los genomas derivados se identificarían con distintas especies del género *Triticum* y *Aegilops*: *Triticum monococcum* L. [AA], *Aegilops speltoides* Tausch [BB], *Aegilops squarrosa* L. [DD], *Secale cereale* L. [RR]. Posteriormente, en una segunda etapa de “evolución convergente” se produjo la aparición de especies alotetraploides ($4n$) y alohexaploides ($6n$) por mecanismos de hibridación interespecífica y duplicación cromosómica. Así de la hibridación entre los diploides *Triticum monococcum* L. y *Aegilops speltoides* (Zhuk.) K. Hammer se formaría el tetraploide ($4n=28$), *Triticum turgidum* L. [AABB]. El cual tras una hibridación con *Aegilops squarrosa* L., formaría un nuevo híbrido, ahora hexaploide ($2n=42$), el *Triticum aestivum* L. [AABBDD].

Los trabajos recientes sobre el genoma del trigo (IWGSC, 2014; Marcussen et al. 2014; Sandve et al. 2015), han empleado los datos del análisis del genoma del *Triticum aestivum* L. ($6n$), y los de distintos linajes diploides ancestrales, para establecer cómo y cuando se desarrolló el trigo común. El genoma del trigo consta de 4 subgenomas estrechamente relacionados (A, B, G, D). Los distintos subgenomas divergieron de un ancestro común a finales del periodo Terciario quedando repartido entre distintos linajes diploides ($2n$). Marcussen et al. (2014), fijan la divergencia de los subgenomas A y B hace unos 7 Ma. El linaje del subgenoma A se vincula con *Triticum monococcum* L. subsp *aegilopoides* (*Triticum boeoticum*) [AA], y con *Triticum urartu* [AA], El linaje del subgenoma B se relaciona con *Aegilops speltoides* (Zhuk.) K. Hammer [BB]. El linaje del subgenoma D con *Aegilops tauschii* [DD] y el linaje del subgenoma G con distintos linajes de *Aegilops speltoides* Coss. [GG]. Entre 2-1 Ma, se produciría un proceso de especiación híbrida homoploide entre algunos de estos linajes diploides. De la hibridación entre *Triticum urartu* Ling. [AA] y *Aegilops speltoides* (Zhuk.) K. Hammer [BB], surgiría un linaje tetraploide ($4n$), vinculado con el *Triticum turgidum* L. subsp *dicoccoides* (*Triticum dicoccoides*), [BBAA]. Mientras que el cruce entre *Triticum urartu* Ling. [AA] y *Aegilops speltoides* (Zhuk.) K. Hammer [GG], derivaría el tetraploide *Triticum timopheevii* Zhuk. subsp *armeniicum* (*Triticum araraticum*) [GGAA]. Posteriormente, hace aproximadamente 400 Ka, los linajes tetraploides [BBAA], se hibridarían con un linaje diploide poseedor del subgenoma D, identificado

con el diploide *Aegilops tauschii* Coss. [DD], obteniéndose de este modo un hexploide (6n), del que derivaría por selección el actual trigo común, *Triticum aestivum* L. [DDBBAA].

En el Creciente Fértil se iniciaría el cultivo y selección de los distintos trigos. De las formas silvestres del diploide *Triticum monococcum* subsp *aegilopoides* [AA], se obtendrían las formas cultivadas del conocido como escanda menor; *Triticum monococcum* L. subsp *monococum* [AA]. Y lo mismo ocurre con los tetraploides silvestres. Así de *Triticum timopheevii* Zhuk. subsp *armeniicum* (*Triticum araraticum*) [GGAA], deriva la forma cultivada *Triticum timopheevii* Zhuk. subsp *timopheevii* [GGAA]. Mientras que del *Triticum turgidum* L. subsp *dicocoides* [BBAA], derivaría el *Triticum turgidum* L. subsp *dicocum* (*Triticum dicocum*) [BBAA], la conocida como escanda mayor, que a su vez por selección daría origen a los distintos tipos de trigos duros: *Triticum turgidum* L. subsp *durum* (*Triticum durum*), *Triticum turgidum* L. subsp *turanicum* (*Triticum turanicum*), *Triticum turgidum* L. subsp *polonicum* (*Triticum polonicum*). La selección humana llevada a cabo en el Creciente Fértil desde el inicio del Neolítico, sobre los trigos hexaploides [BBAADD], daría lugar a las formas cultivadas de *Triticum aestivum* L. subsp *aestivum* [BBAADD]; *Triticum aestivum* L. subsp *sphaerococcum* (*Triticum sphaerococcum*) [BBAADD]; *Triticum aestivum* L. subsp *compactum* (*Triticum compactum*), [BBAADD]; *Triticum aestivum* L. subsp *spelta* (*Triticum spelta*) [BBAADD], la espelta.

La información genética ha ido provocando importantes cambios en la taxonomía del Trigo, reduciéndose considerablemente el número de especies y subespecies en relación con las clasificaciones lineanas. La Flora Europea incluye para el conjunto del territorio continental de Europa e islas adyacentes, solamente 8 especies de trigos (Humphries, 1980). Una de ellas es *Triticum baeoticum* Boiss (*Triticum monococcum* subsp. *baeoticum* (Boiss) Hayek), ancestro silvestre de la escanda o escaña (*wild einkorn*), cuya área de distribución se extiende a través de los Balcanes, el Cáucaso e Irán. El resto de las especies son especies cultivadas, reconociendo un único haploide (2n=14), *Triticum monococcum* L., la escanda o escaña menor (*einkorn*) de granos vestidos. Cuatro especies son tetraploides (2n=28), entre las que se encuentra la escanda, escaña mayor o farro (emmer) *Triticum dicocum* Schrank, junto con tres especies de granos desnudos: *Triticum durum* Desf., *Triticum turgidum* L. (khorasan wheat, oriental wheat, kamut), *Triticum polonicum* L. Y tres son hexaploides (2n=42), incluyendo entre estos al *Triticum spelta* L., la espelta (*spelt*) de granos vestidos, y dos especies de granos desnudos: *Triticum aestivum* L. y *Triticum compactum* Host. (*club wheat*).

En España, los datos estadísticos oficiales publicados a comienzos del siglo XXI muestran que la especie de trigo con mayor superficie y producción es *Triticum aestivum* L., seguida de *Triticum durum* Desf., esta última cultivada principalmente en Andalucía. Junto a estas especies mayoritarias, se encuentran pequeñas superficies destinadas al cultivo de trigos de granos vestidos. A finales de la década de los noventa (Peña Chocarro & Zapata Peña, 1997), las superficies que mantenían cultivos tradicionales de trigos vestidos eran: Andalucía, donde todavía persistía el cultivo de *Triticum monococcum* L., en pequeñas explotaciones de Cádiz, Córdoba y Jaén). Y en el Principado de Asturias, donde se cultivaban *Triticum dicocum* Schübl. y *Triticum spelta* L. concejos de Somiedo, Belmonte de Miranda, Salas, Quirós, Lena y Aller. En los últimos años el cultivo de la espelta ha tenido un pequeño auge dado el valor de mercado, estableciendo nuevas parcelas de cultivo en Castilla y León, aunque la satisfacción de la demanda nacional se está cubriendo con la importación a un elevado precio de escanda y espelta de distintas procedencias.

Bibliografía

- Aira Rodríguez M., Ramil Rego P., Álvarez Nuñez A. (1990). Estudio paleocarpológico realizado en el Castro de Penalba (Campolameiro, Pontevedra. España). *Botánica Complutensis*, 16: 81-89.
- Alonso de Herrera, G. (1513). Libro de Agricultura que es de la labrança y criança, y de muchas otras particularidades y provechos del campo. Valladolid: Imprenta de Francisco Fernández de Córdoba.
-

- Arias, P. (2007). Neighbours but Diverse: Social Change in North-west Iberia during the Transition from the Mesolithic-Neolithic (5500–4000 cal b.c.). In A. Wittle & V. Cummings (Eds.). *Going Over: The Mesolithic-Neolithic Transition in North-West Europe*, Proceedings of the British Academy 144: 53–71. London: British Academy.
- Asouti, E. (2006). Beyond the Pre-Pottery Neolithic B interaction sphere. *J World Prehist* (2006) 20:87–126. DOI 10.1007/s10963-007-9008-1.
- Balda Domínguez J (1931) Escavaciones en el Monte de la Bersella término de Torremanzanos (Alicante). Junta Sup Escav y Antig. Memoria 112.
- Banning, E.B. (1998). The Neolithic period: triumphs of architecture, agriculture, and art. *Near Eastern Archaeol* 61:188–237.
- Bar-Yosef, O. & Belfer-Cohen, A. (1989). The origins of sedentism and farming communities in the Levant. *J World Prehist* 3:447–493.
- Bar-Yosef, O. (1991). The Early Neolithic of the Levant: recent advances. *Rev Archaeol* 12:35–52.
- Bar-Yosef, O. (1998). The Natufian culture in the Levant, threshold to the origins of agriculture.
- Bernabéu Aubán, J. (1999). Pots, Symbols and Territories: The Archaeological Context of Neolithisation in Mediterranean Spain. *Documenta Praehistorica*. 26: 101–111.
- Bernabéu Aubán, J. (2006). Una visión actual sobre el origen y difusión del Neolítico en la Península Ibérica c. 5600–5000 cal B.C. In: O. García-Puchol & J.E. Aura (Eds.). *El Abric de la Falguera (Alcoi, Alacant). 8000 años de Ocupación Humana en la Cabecera del río Alcoi*. Pp: 189–211. Alcoi: Ayuntamiento de Alcoy-Diputación de Alicante & CAM.
- Bernabéu Aubán, J. (2007). Sobre el origen y difusión del Neolítico en la Península Ibérica, c. 5600-5000 cal a.C. *Promontoria*. 5 (5): 125-162.
- Bernabéu Aubán, J.; Barton, M.; Pardo, S. & Bergin, M. (2015). Modeling Initial Neolithic Dispersal. The First Agricultural Groups in West Mediterranean. *Ecological Modelling* 307: 22–31. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2015.03.015.
- Boutelou y Agraz, E. (1806). Experimentos y observaciones agronómica sobre la cebada ramosa, hechas por D. Esteban Boutelou en los Reales Jardines de Aranjuez de orden del Excmo. Señor don Pedro Cevallos, primer Secretario de Estado y del Despacho. Madrid: Imprenta de Villalpando.
- Boutelou y Agraz, E. (1807). Sobre las variedades de trigos, cebadas y centenos que se han ensayado en los Reales Jardines de Aranjuez. *Seminario de Agricultura y Ares*. 22: 273-277, 299-304, 305-310, 321-330.
- Breasted, J.H. (1914). *Outlines Of European History Part I*. Ginn And Company. Boston. 810 pp.
- Breasted, J.H. (1916). *Ancient Times, A History of the Early World*. Ginn And Company. Boston. 878 pp.
- Buxó, R. (1997). *Arqueología de las Plantas*. Barcelona: Crítica.
- Candolle de, A. (1882). *Origine des plantes cultivées*. Paris: Librairie Germer Baillère et Cie.
- Clemente y Rubio, S.R. (1818). Sobre las castas de trigo. In: *Agricultura General de Alonso de Herrera*. Edición corregida según el texto original de la primera edición publicada en 1513 por el mismo autor, y adicionada por la Real Sociedad Económica Matritense. Madrid: Imprenta Real.
- Clemente y Rubio, S.R. (1926). *Ceres Hispanica*. Adición al capítulo VIII de la obra "Agricultura General" de Herrera. Madrid: Ministerio de Fomento. Dirección General de Agricultura y Montes. Servicio de Publicaciones Agrícolas. Imprenta de Julio Cosano.
- Colmeiro Penido, M. (1889). Enumeración y revisión de las plantas de la Península Hispano – Lusitana e Islas Baleares. Tomo 5. *Monocotiledóneas y Criptógamas*. Madrid: Imprenta de la viuda e hija de Fuentenebro.
- Crespí, A.L. & González Bueno, A. (1990). Luis Crespí Jaume (Madrid, 1889-Madrid, 1963), *Acta Botanica Malacitana*, 15: 341-345
- Cruz Berrocal, M. (2012). The Early Neolithic in the Iberian Peninsula and the Western Mediterranean: A Review of the Evidence of Migration. *Journal of World Archaeology* 25: 123–156.
- Fernández López, X.F. (2012). De aveas e castiñeiroso paso de N.I. Vavilov por Galicia (xullo de 1937). *Grial: revista galega de cultura*. 194: 118-125.
- Fernández Pérez, J. & Gomis Blanco, A. (1990). La ceres española y la ceres europea, dos proyectos agrobotánicos de Mariano Lagasca y Simón de Rojas Clemente. *Llull*, 13: 379-401.
- Figueiral, I. (1991). Buraco da Pala: um meio-ambiente vegetal explorado pelo homem. Resultados da análise antracológica. *Actas do 2º Encontro sobre Paléocologia e Arqueologia, Vila Nova de Famalicão, Portugal, Set. 1990*, p. 13-30.
- Gadea, M. (1949). Los trigos españoles. *Agricultura, Revista agropecuaria*. 205: 197-203.
-

- Flaksberger, C.A. (1939) Key to true cereals, wheat, rye, barley, oats. People's Commissariat of Agriculture of the U.S.S.R Lenin Mem. All-Union Acad. Agr. Sci. Inst. Plant Cult. 416 pp.
- Gadea, M. (1954). Trigos Españoles. Madrid: Ministerio de Agricultura. Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas. 453 pp.
- Gadea, M. (1958). Trigos cultivados en España y nuevas variedades reomendables: tipificación, precios y comercio. Madrid: Ministerio de Agricultura. Dirección General de Coordinación, Crédito y Capacitación Agraria. Serie A. Manuales Técnicos.
- González Rubial, A. (2003). Arqueología del primer milenio en el Noroeste de la Península Ibérica. Tesis Doctoral. Departamento de Prehistoria. Universidad Complutense de Madrid (UCM). Madrid.
- Guagnin, M.; Perri, A.R. & Petraglia, M.D. (2018). Pre-Neolithic evidence for dog-assisted hunting strategies in Arabia. *Journal of Anthropological Archaeology*. 49: 225-236.
- Guilaine, J. (2013). The Neolithic Transition in Europe: Some Comments on Gaps, Contacts, Arrhythmic Model, Genetics. In: E. Starnini (Edit). *Unconformist Archaeology. Papers in Honour of Paolo Biagi*. BAR International Series 2528: 55-64. Oxford: British Archaeological Reports.
- Harlan J.R. (1987). Les plantes cultivées et l'homme. Paris: Presses Universitaires de France, Coll. Techniques vivantes. 414 pp.
- Harris, D.R. (1990). Vavilov's concept of centres of origin of cultivated plants: its genesis and its influence on the study of agricultural origins. *Biological Journal of the Linnean Society*, 39: 7- 16.
- Haudricourt, A.G. & Hédin, L. (1943). L'homme et les plantes cultivées. Paris: Gallimard. Coll. Géographie humaine, n° 19. 235 pp.
- Huerga Melcón, P. (2005). Expediciones por España. Nicolai Ivanovich Vavilov (1927). *El Catoblepas*. 38: 1-18.
- Huerga Melcón, P. (2012). Vavilov en Asturias. Una historia en torno a la escanda. *Nómadas. Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*. 1 (22), 6 pp.
- Humphries, C.J. (1980). Triticum. In: T.G. Tutin; V.H. Heywood, N.A. Burges, D.M. Moore, D.H. Valentine, S.M. Walters & D.A. Webb (Eds.). *Flora Europaea, Volumen 5. Alismataceae to Orchidaceae*. New York: Cambridge University Press.
- Hyams, E. (1971). Plants in the service of man. 10.000 years of domestication. London: J.M. Dent and Sons. 222 pp.
- Humboldt, A. & Bonpland, A. (1807). Essai sur la géographie des plantes, accompagné d'un tableau physique des régions équinoxiales fondé, sur des mesures exécutées, depuis le 10e degré de latitude boréale jusqu'au 10e degré de latitude australe, pendant les années 1799, 1800, 1801, 1802 et 1803. Par Al. de Humboldt et A. Bonpland. Rédigé. Paris: F. Schoell.
- Ibáñez, J.J.; González-Urquijo, J.; Cesar Teira-Mayolini, L. & Lazuén, T. (2018). The emergence of the Neolithic in the Near East: A protracted and multi-regional model. *Quaternary International*, 470: 226-252
- IWGSC (2014). A chromosome-based draft sequence of the hexaploid bread wheat (*Triticum aestivum*) genome. *Science* 18 Jul 2014: Vol. 345, Issue 6194, 1251788. DOI: 10.1126/science.1251788.
- Jakubziner, M.M.(1958). Wheat species. Proc. 1st Intern.wheat genetics symp.: 207-217.
- Kinoshita, T. (2006). Wheat research monument and two pioneers for wheat studies. *Proceedings of the Japan Academy*. 82 (5): 1.
- Kuijt, I. & Goring-Morris, N. (2002). Foraging, farming, and social complexity in the Pre-Pottery Neolithic of the Southern Levant: a review and synthesis. *J World Prehist.* 16:361-440.
- Lacadena, J.R. (1996). Citogenética. Madrid: Editorial Complutense.
- Lagasca, M. (1816). *Genera et species plantarum, quae aut novae sunt, aut nondum recte cognoscuntur*. Madrid: Imprenta Real.
- Lima, A.P. (1947). *Flora portuguesa*. (2ª Edição). Porto: Imprensa Moderna.
- López Seoane, V. (1868). *Reseña de la Historia Natural de Galicia*. Lugo: Imprenta de Soto Freire.
- Mac Key J. (1954). Mutation breeding in polyploid cereals. *Acta Agriculturae Scandinavica* 4: 549-557.
- Malato-Beliz, J. (1976). Mariano Lagasca y la "Ley de las series homólogas en la variación" de Nikolai Vavilov. *Lagascaia*. 6 (2): 209-214.
- Marcussen, T.; Sandve, S.R.; Heier, L.; Spannall, M.; Pfeifer, M. & Jakobsen, K.S. (2014). Ancient hybridizations among the ancestral genomes of bread wheat. *Science*. 2014 Jul 18;345(6194):1250092. doi: 10.1126/science.1250092.
- Martínez-Sánchez, R.M.; Vera-Rodríguez, J.C.; Pérez-Jordà, G.; Peña-Chocarro, L. & Bokbot, Y. (2018). The beginning of the Neolithic in northwestern Morocco. *Quaternary International*, 470: 485-496.
-

- Martins, M. (1996) A cidade como elemento romanizador: o exemplo de Bracara Augusta. In: Morillo, S.R., Barja, L. (eds.), *A Cidade e o Mundo: Romanización e Cambio Social*: 181-201. Xinzo de Lima.
- Martins, H., Oms, F.X.; Pereira, L.; Pike, A.; Rowsell, K. & Zilhão, J. (2015). Radiocarbon Dating the Beginning of the Neolithic in Iberia: New Results, New Problems. *Journal of Mediterranean Archaeology* 28.1: 105–131. doi: 10.1558/jmea.v28i1.27503.
- Martín-Socas, D.; Camalich Massieu, M.D.; Caro Herrero, J.L. & Rodríguez-Santos, F.J. (2018). The beginning of the Neolithic in Andalusia. *Quaternary International*. 470: 451-471.
- Maurizio, A. (1932). *Histoire de l'alimentation végétale depuis la préhistoire jusqu'à nos jours*. Paris: Payot. 663 pp.
- Merino Román, B. (1909). *Flora descriptiva e ilustrada de Galicia*. Tomo 3. Santiago: Tipografía Galaica.
- Monnier, Y. & Huetz de Lemps, A. (1992). Les plantes américaines à la conquête du monde. *Les Cahiers d'Outre-Mer*. 179-180: 217-528.
- Monnier, Y. & Huetz de Lemps, A. (Dir.) (1992). Les plantes américaines à la conquête du monde. *Cahiers d'outre-mer*. N° 179-180
- Monteiro-Rodrigues S. (2008). *Pensar o Neolítico antigo. Contributo para o estudo do Norte de Portugal entre o VII e o V milénios BC*. PhD thesis, Faculdade de Letras, Universidade do Porto.
- Morell, B.; Barceló Álvarez, J.A.; Oms Arias, X.F.; Remolins Zamorac, G.; Subirà De Galdàcano, M.E.; Chambone, P. & Gibaja Baof, J.F. (2018). Tracing the chronology of neolithic pit and stone box burials in North-Eastern Iberia. *Journal of Archaeological Science*. 19: 491-504
- Mozoyer, M. & Roudart, L. (2006). *A History of World Agriculture: From the Neolithic Age to the Current Crisis*. London: Sterling V.A. 525 pp.
- Muñoz Sobrino C., Ramil Rego P., Gómez Orellana L., Díaz Varela R. (2005). Palynological data on major Holocene climatic events in NW Iberia. *Boreas*, 34 (3): 381-400.
- Natali, E. & Forgia, V. (2018). The beginning of the Neolithic in Southern Italy and Sicily. *Quaternary International*, 470: 253-269.
- Oliveira M. (2000). *O registo paleocarpológico do NO peninsular entre o IIIº e o Iº milénios a.C. Contributo para o estudo da alimentação pré e proto-histórica*. MSt. thesis, Universidade do Minho.
- Oms, F. X., Esteve, X.; Mestres, J.; Martín, P. & Martins, H. (2014). La neolitización del nordeste de la Península Ibérica: datos radiocarbónicos y culturales de los asentamientos al aire libre del Penedès." *Trabajos de Prehistoria* 71(1): 42–55. doi: 10.3989/tp.2014.12123
- Oms, F.X.; Daura, J.; Sanz, M.; Mendiola, S.; Pedro, M. & Martínez (2017). First evidence of collective human inhumation from the Cardial Neolithic (Cova Bonica, Barcelona, NE Iberian Peninsula). *Journal of Field Archaeology*. 42 (1): 43-53. DOI: 10.1080/00934690.2016.1260407.
- Oms, F.X.; Terrads, X.; Morell, B. & Gibaja, J.F. (2018). Mesolithic-Neolithic transition in the northeast of Iberia: Chronology and socioeconomic dynamics. *Quaternary International*. 470: 383-397.
- Paço, A. (1954). *Castro de Vila de S. Pedro: VI – Campanhas arqueológicas de 1943 a 1959 (n.º 7 a n.º 1 4)*. *Arqueologia e História*. Lisboa. Série VIII, 3, p. 31 -80.
- Planellas Giralt, J. (1853). *Ensayo de una flora fanerogámica gallega*. Santiago: Imprenta y litografía de J. Rey Romero.
- Parra, F. & Casas, A. (2016). Origen y difusión de la domesticación y la agricultura en el Nuevo Mundo. In: Casas, A.; Torres-Guevara, J. & Parra, F. (Eds.). *Domesticación en el continente americano*. Vol. 1. Manejo de la biodiversidad y evolución dirigida por las culturas del Nuevo Mundo. México: Editorial Morevalladolid. Pp: 159-187.
- Peña Chocarro, L. & Zapata Peña, L. (1997). El *Triticum dicocum* (ezkandía) en Navarra: de la agricultura prehistórica a la extinción de un trigo arcaico. *Zainak. Cuadernos de Antropología-Etnografía*. 14: 249-262
- Peña Santos, A. 2005. *Galicia: prehistoria, castrexo e primeira romanización*. Vigo.
- Pereira Coutinho, A.X. (1913). *A Flora de Portugal (plantas vasculares)*. *Dispota en chave dicotomicas*. Paris & Lisboa: Alves & Cia.
- Pinto da Silva A. (1988). A paleoetnobotânica na arqueologia portuguesa. Resultados desde 1931 a 1987. In Queiroga F., Sousa I., Oliveira C. (Eds.), *Palaeocologia e Arqueologia*: 13-29.
- Radi, G. & Petrinelli Pannocchia, C. (2018). The beginning of the Neolithic era in Central Italy. *Quaternary International*. 470 (20): 270-284.
- Ramil Rego, P. (1992). *La vegetación Cuaternaria de las Sierras septentrionales de Lugo a través del análisis polínico*. Tesis Doctoral. Faculdade de Biología. Laboratorio de Botánica. Universidad de Santiago, Santiago. 356 pp.

- Ramil-Rego, P.; Gomez-Orellana, L.; Muñoz Sobrino, C.; García Gil, S.; Iglesias, J.; Pérez Martínez, M.; Martínez Carreño, N. & De Novoa, B. (2009). Cambio climático y dinámica del paisaje en Galicia. *Recursos Rurais*. 5: 21-47. Lugo.
- Ramil Rego, P. & Aira, M.J. (1993). A paleocarpological study of Neolithic and Bronze age levels of the Buraco da Pala rock-shelter (Bragança, Portugal). *Vegetation History and Archaeobotany*. 2.
- Rivera Nuñez, D., Obon de Castro, C., Asencio Martínez, A. (1988). Arqueobotánica y paleoetnobotánica en el sureste de España, datos preliminares. *Trabajos de Prehistoria*, 45: 317-334.
- Rojo Guerra, M.A. & García-Martínez, I. (2018). The beginning of the Neolithic in the mid-Ebro valley and in Iberia's Inland (Northern and Southern submeseta), Spain. *Quaternary International*. 470: 398-438.
- Rojo, M.A. & Garrido, R. (2012). From Pits to Megaliths: Neolithic Burials in the Interior of Iberia. In: J.F. Gibaja, A.F. Carvalho & P.H. Chambon (Eds.). *Funerary Practices in the Iberian Peninsula from the Mesolithic to the Chalcolithic*. BAR International Series 2117: 21-28. Oxford: British Archaeological Reports.
- Sahuquillo, E. (1990). Taxonomía e identificación de los trigos cultivados en Galicia. Santiago de Compostela: Tesis Doctoral. Universidade de Santiago de Compostela. Facultade de Bioloxía.
- Sahuquillo, E. & Fraga, M.I (1991). Trigos de cultivo tradicional en Galicia: caracterización botánica e agronómica. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia. Consellería de Agricultura.
- Sakamura, T. (1918). Mitteilung über die Chromosomenzahlen und die Verwandtschaftsverhältnisse der Triticum-Arten. *Bot Mag Tokyo* 32: 151-154.
- Sampaio, G. (1909-1914). Manual da flora portuguesa. Porto. Tipografia Occidental.
- Sanches, M.J. (1995). O Abrigo do Buraco da Pala (Mirandela) no Contexto da Pré-história recente de Trás-os-Montes e Alto Douro. Dissertação de Doutoramento apresentado à Faculdade de Letras do Porto. Porto. 2 vols. (I e II), (policopiada).
- Sanches, M.J. (1997). Pré-história recente de Trás-os-Montes e Alto Douro: O abrigo do Buraco da Pala (Mirandela) no contexto regional. Porto: Sociedade portuguesa de Antropologia e Etnologia.
- Sanches, M.J.; Scares, A.M. & Alonso Matthias, F. (1993). Buraco da Pala (Mirandela): datas de radiocarbono e seu poder de resolução. Algumas reflexões. 1º Congresso de Arqueologia Peninsular (Actas). *Trabalhos de Antropologia e Etnologia*, 33(1-2): 223-243.
- Sánchez-Monge Parellada, E. (1957). Catálogo Genético de los trigos españoles. Publicaciones del Ministerio de Agricultura. Monografías nº 8. Madrid: Ministerio de Agricultura.
- Sandve, S.R.; Marcussen, T.; Mayer, K.; Jakobsen, K.S.; Heier, L.; Steuernagel, B.; Wulff, BBH. & Olsen, O.A. (2015). Chloroplast phylogeny of Triticum/Aegilops species is not incongruent with an ancient homoploid hybrid origin of the ancestor of the bread wheat D-genome. *New Phytologist*. 208: 9-10.
- Sauer J. (1993). Historical geography of crop plants. A select roster. Boca Raton: Florida (USA). CRC Press. 309 pp.
- Schwanitz, F. (1963). The origins of cultivated plants. Cambridge: Harvard Univ. Press. 175 pp.
- Simmonds, N.W. (1976). Evolution of crop plants. London, Longman. 350 pp.
- Téllez Molina, R. & Alonso Peña, M. (1952). Los trigos de la Ceres Hispanica de Lagasca y Clemente. Madrid: INIA.
- Téllez Molina, R. (1976). Lagasca, botánico agrícola. *Lagasca*. 6 (2): 215-218.
- Tereso, J. (2012). Environmental Change, Agricultural Development and Social Trends in NW Iberia from the Late Prehistory to the Late Antiquity. Biology Department, Faculty of Sciences, University of Porto, Porto.
- Tereso, J., Carvalho, T.P., Almeida da Silva, R., Ramil Rego, P., 2010b. Cultivos e armazenagem em Monte Mozinho: dados preliminares. In: Bettencourt, A.M.S., Alves, M.I.C., Monteiro-Rodrigues, S. (Eds.), *Variações paleoambientais e evolução antrópica no Quaternário do Ocidente Peninsular/Palaeoenvironmental Changes and Anthropization in the Quaternary of Western Iberia*. Associação Portuguesa para o Estudo do Quaternário. APEQ - Centro de Investigação Transdisciplinar. Cultura, Espaço e Memória. CITCEM, Braga: 149-158.
- Tereso, J.P., Ramil-Rego, P., Álvarez González, Y., López González, L., Almeida-da-Silva, R., 2013. Massive storage in As Lias/O Castelo (Ourense, NW Spain) from the Late Bronze Age/Iron Age transition to the Roman period: a palaeoethnobotanical approach. *J. Archaeol. Sci.* 40: 3865-3877.
- Texidor y Cos, J. (1871). Flora Farmacéutica de España y Portugal. Precedida de varios capítulos preliminares y determinación de materiales farmacéuticos exóticos. Madrid: Imprenta de José M. Ducazcal.
- Uccesu, M.; Sau, S. & Lugliè, C. (2018). Crop and wild plant exploitation in Italy during the Neolithic period: New data from Su Mulinu Mannu, Middle Neolithic site of Sardinia. *Journal of Archaeological Science: Reports*. 14: 1-11.
- Van Mourik, J.M. (1986). Pollen profiles of slope deposits in the Galician area (NW. Spain). *Nederlandse Geografische Studies*, 12, 171 pp.
-

- Vasconcelos, J. & Monteiro, A. (1930). Resenha dos Trigos Portugueses 1ª Exposição Nacional do Trigo. Publicação da Estação de Ensaio de Sementes e Melhoramento de Plantas.
- Vasconcelos, J. (1933a). Trigos Portugueses ou de há muito Cultivados no País. Subsídios para o seu estudo botânico. Boletim de Agricultura, nº 1-2, 1933, pp. 1-150.
- Vasconcelos, J. (1933b). Alguns trigos Estrangeiros cultivados em Portugal. Sua descrição botânica. Revista Agronómica. 21 (1): 5-23.
- Vavilov, N.I. (1920). The law of homologous series in heritable variation. Trudi III. Vseross. Selektiv. Sezda y Saratov. [en Ruso].
- Vavilov, N.I. (1922). The law of homologous series in variation. Journ. Gen. 12 (1): 47-89.
- Vavilov, N.I. (1924). On the Eastern centres of origin of cultivated plants. Novyj Vostok 6:291-305 [en Ruso].
- Vavilov, N.I. (1926). Studies on the Origin of Cultivated Plants. Institute of Applied Botanical and Plant Breed Improvement of the Union of Soviet Socialist Republics. Leningrad. [Bull. Appl. Bot. & Genet. Sel.]. 16 (2): 139-248. [en Ruso].
- Vavilov, N.I. (1951). The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants (translated by K. Starr Chester, 1951). Chronica Botanica 13: 1-18 & 1-364.
- Vavilov, N.I. (1952). Estudios sobre el origen de las plantas cultivadas. Buenos Aires: ACME Agency. Soc. Rep. Ltda.
- Vavilov, N.I. (1992). Origin and Geography of cultivated plants. Cambridge University Press, Cambridge.
- Vavilov, N.I. (2015). Cinco continentes. Vitoria-Gasteiz: Libro del Jata.
- Willkomm, M. & Lange, J. (1870). Prodrömus Florae Hispanicae seu synopsis methodica omnium plantarum in Hispania sponte nascentium vel frequentius cultarum quae innotuerunt. Volumen I. Stuttgartiae: Sumptibus E. Schweizerbart (E. Koch).
- Zapata, L.; Peña-Chocarro, L.; Pérez-Jordà, G. & Stika, H. (2004). Early Neolithic Agriculture in the Iberian Peninsula. World Archaeology. 18(4): 283–325.
- Zohary, D. & Hopf, M. (1993). The domestication of plants in the Old World. Oxford: Clarendon Press. 316 pp.
- Zohary, D. & Hopf, M. (2000). Domestication of plants in the Old World: the origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe and the Nile Valley, 3rd ed. New York: Oxford University Press.
- Zohary, D. (1970). Centers of diversity and centers of origin. In: D.H. Frankel & E. Bennett (Eds.). Genetic Resources in plants: their exploration and conservation. Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 33-42.
-

¿Divorcio entre biodiversidad y agricultura?

Separation between biodiversity and agriculture?

José Carlos Otero

Zoología, Xenética e Antropoloxía Física, Área de Zoología. Facultade de Biología. Campus sur s/n. 15782 Santiago de Compostela. josecarlos.otero@usc.es

Resumen En los albores del s XXI, nos enfrentamos a enormes desafíos de cuya correcta y oportuna solución nos va nuestra supervivencia futura. Algunas de las más catastróficas predicciones estiman que sucederán antes de que transcurra la mitad del siglo, si no hacemos conjuntamente un esfuerzo realmente efectivo para evitarlo. La sobrepoblación, el agotamiento de los recursos energéticos fósiles, el calentamiento global, la pérdida de biodiversidad y una no lejana crisis de producción de alimentos son solo algunos de los problemas con los que enfrentarnos.

Palabras clave biodiversidad, Agricultura, Divorcio.

Abstract At the beginning of the 21st century, we face enormous challenges for our future survival. Some of the most catastrophic predictions estimate that they will happen before half a century if there is not a truly effective effort to prevent it. Overpopulation, depletion of fossil energy resources, global warming, the loss of biodiversity and a crisis not far from the production of food are just some of the problems we face.

Key words biodiversity, Agriculture, Separation.

El hombre y la biodiversidad: extraños compañeros de cama

En la Edad Media se pensaba que el fin del mundo iba a llegar con el milenio. Se vivía con miedo, especulando sobre la posibilidad de que un mal terrible azotase la Tierra. Pero ¿qué está ocurriendo? ¿Por qué volvemos a oír hablar de la llegada de catástrofes ambientales, sociales y económicas? ¿Existen razones suficientes para que los científicos nos asusten? Los datos sobre el estado medioambiental de nuestro planeta no dejan lugar a duda alguna y, la renuncia de EE.UU. a firmar las resoluciones del acuerdo de la Cumbre de París del año 2015, no invita al optimismo.

El mundo de hoy en día se caracteriza por el desarrollo desigual y el uso insostenible de los recursos naturales. Y, de entre ellos, la agricultura está íntimamente relacionada con estos problemas, así como con la pérdida de la biodiversidad, el calentamiento global y la disponibilidad de agua.

El inicio de la agricultura se encuentra en el período Neolítico, cuando la economía de las sociedades humanas evolucionó desde la recolección, la caza y la pesca a la agricultura y la ganadería. Las razones del desarrollo de la agricultura pudieron ser debidas a cambios climáticos hacia temperaturas más templadas; también pudieron deberse a la escasez de caza o alimentos de recolección, o la desertización de amplias regiones.

En sus inicios, la actividad humana y el ritmo pausado de las intervenciones durante las diversas etapas de la agricultura han permitido un notable acoplamiento entre las prácticas agrícolas y los ecosistemas semi-naturales que se generan, permitiendo mantener la resistencia a las enfermedades y una mejor adaptación al medio, con lo que han garantizado durante siglos una alimentación sana y ambientalmente respetuosa. Durante centenares de años, los agricultores han acumulado conocimientos y han convivido con modelos de gestión lo que ha permitido conservar la biodiversidad.

A lo largo de la Edad Media (a partir del año 1700) empieza la Revolución Agrícola a través de la tecnología. Surgen importantes innovaciones que aportarán algunos elementos positivos al trabajo de los campesinos.

La introducción del uso de arados pesados permitió un cultivo más profundo de los suelos. Estos cambios causaron un crecimiento, tanto en la variedad como en la cantidad de las cosechas, lo que, sin duda, tuvo efectos importantes en la dieta de la población. Sin embargo, la expansión agrícola de las tierras cultivables se hizo a costa de la reducción de la superficie del bosque y de la incorporación de tierras marginales.

El uso de abonos químicos (fosfatos, nitratos, etc.), la mecanización y los estudios científicos de la edafología y la ingeniería agrícola transformaron la agricultura, a finales del siglo XIX, en una actividad similar a la industrial en cuanto a su conexión con la ciencia y tecnología. No obstante, la dependencia de la climatología y la periódica irrupción de plagas produjeron periódicas crisis agrícolas.

El cambio más importante en la agricultura a nivel mundial fue la revolución verde de los años 50 y 60. Adelantarse a la demanda de alimentos de una población en crecimiento acelerado (Figura 1) fue su objetivo. El salto tecnológico modificó radicalmente el modo de producción agrícola y las expectativas de un mundo sin hambre. Bajo el patrocinio de la Fundación Rockefeller, se privilegiaron paquetes tecnológicos, los cuales aportaron semillas mejoradas, fertilizantes, sistemas de riego y capacitación.

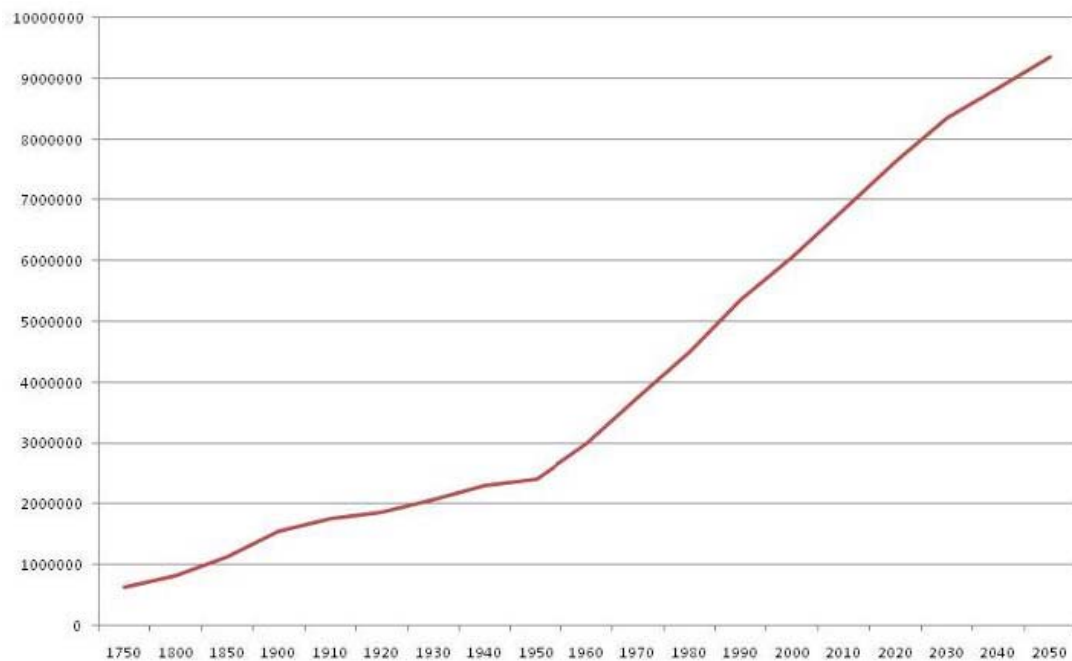


Figura 1.- Estimación del crecimiento de la población. Tomado de: http://cgge.aag.org/PopulationandNaturalResources1e/CF_PopNatRes_Jan10ESP/CF_PopNatRes_Jan10ESP_print.html

Una mirada antagónica surge 50 años después. La revolución verde ni ha sido milagrosa, ni cumplió con sus expectativas. No sólo incumplió; trajo, aparejadas, desastrosas consecuencias. Entre otras, graves efectos medioambientales. Los beneficios de estas nuevas técnicas y formas de trabajo han ido acompañados por algunos serios problemas ambientales, como por ejemplo el gran aumento del uso de pesticidas, herbicidas y fertilizantes. El consumo de los primeros se quintuplicó y el de fertilizantes se dobló en los años setenta, lo que han provocado contaminación de diversos tipos y agotamiento de suelos, que no consiguen recuperar sus nutrientes. Por otro lado, y a diferencia de los métodos tradicionales, la mecanización ha producido compactación de suelos provocando una disminución de la porosidad y acortando el crecimiento de las raíces. Además, muchas de las nuevas variedades agrícolas requieren gran cantidad de agua, lo que agota los recursos hídricos y en algunos casos provoca la salinización del suelo y, la uniformidad de las semillas reduce la biodiversidad y disminuye la resistencia a las plagas. También se han realizado críticas al aspecto social, ya que esta forma de trabajar no está al alcance de los más

pobres debido al alto coste de la maquinaria, fertilizantes, abonos, etc., lo que provoca el aumento de las diferencias sociales.

La agricultura es uno de los factores de la división del mundo en países desarrollados y subdesarrollados. Los primeros se caracterizan por una agricultura especializada y de mercado con altos rendimientos (incluso en los denominados países nuevos donde la presión de la población sobre la superficie es menor); mientras que en los segundos se produjo una división entre una agricultura de subsistencia, de explotaciones familiares con tecnología tradicional y sometida a la presión del crecimiento demográfico, y una agricultura de plantación de monocultivos destinados al mercado internacional, que también presiona sobre los cada vez más reducidos espacios naturales (deforestación).

La visión optimista e ingenua de esta revolución menguó la creciente conciencia agroecológica, la innegable marginación de campesinos y la perpetuación del hambre en el mundo, han desmontado el discurso que justificó durante décadas las políticas públicas agropecuarias. La importancia de cuestionar este modelo productivo es primordial, pues existen resabios que pretenden darle vida artificial. Tres preguntas claves han evidenciado el carácter excluyente de esta revolución: ¿quiénes se han beneficiado de ella?, ¿quiénes han pagado los costos?, ¿qué efecto ha tenido en reducir el hambre en el mundo?

Los alimentos por persona han aumentado en el mundo tanto que, en la actualidad, se podría paliar el hambre en el planeta si existiera un reparto equitativo de los mismos. Sin embargo, según datos de la FAO, más de 850 millones de personas en el mundo pasan hambre. Esto quiere decir que, mientras el primer mundo se deshace de comida para subir los precios, casi 1.000 millones de personas viven con menos de 1 euro (Figura 2).

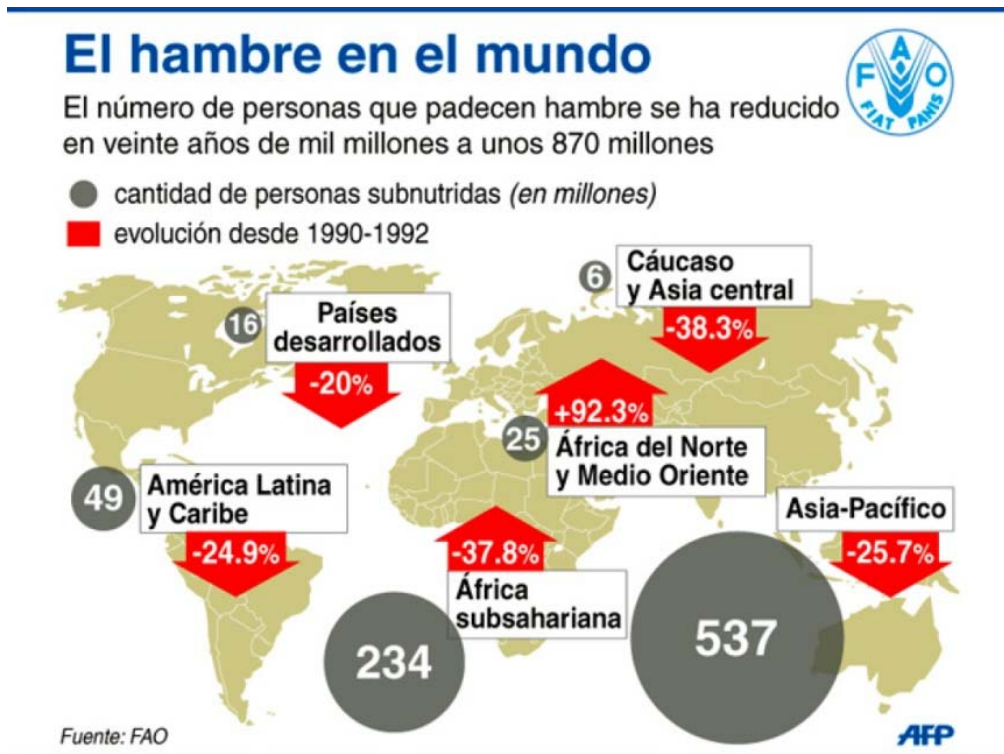


Figura 2.- El hambre en el mundo. Tomado de:
https://www.google.es/search?rlz=1C1GGGE_esES453ES463&biw=1920&bih=900&tbm=isch&sa=1&ei=pBGdWunbAo-dkwXvrqFw&q=hambre+en+el+mundo+FAO&oq=hambre+en+el+mundo+FAO&gs_l=psy-ab.12..0i30k1.56770.59066.0.60931.4.3.0.1.1.0.108.263.2j1.3.0...0...1c.1.64.psy-ab..0.4.265...0j0i67k1j0i8i30k1.0.0R3k2qhKXhU#imgc=5iYbTMOUINyL0M

Causas de la pérdida de biodiversidad

68

La crisis de biodiversidad que hoy padecemos tiene ciertas similitudes con lo ocurrido en el pasado cuando desaparecieron de forma relativamente rápida grupos enteros de organismos. Pero las extinciones de hoy difieren de lo ocurrido en otras épocas. Mientras que aquellas fueron provocadas por perturbaciones naturales (cambios climáticos, orogenias, impacto de meteoritos, etc.) ahora es el hombre el principal inductor de los cambios por causa de su expansión numérica y creciente demanda de recursos. Ha aumentado tanto su capacidad para modificar voluntaria, profunda e irreversiblemente cualquier lugar del planeta que hoy son las decisiones políticas y no los impedimentos técnicos los que limitan -cuando lo hacen- su capacidad destructiva. Somos la causa y posible solución de un problema que, lejos de tener una salida científica o técnica, deberá abordarse a través del cambio de los fundamentos sociales, económicos y filosóficos de nuestra propia existencia. Por lo tanto, la conservación de la biodiversidad trasciende a la capacidad de la investigación biológica por más que, desde hace décadas, ésta se esfuerce en responder a este reto (Tellería, 2013).

El catálogo de perturbaciones humanas responsables de la desaparición de las especies no ha cambiado demasiado a lo largo de la historia y se pueden señalar, entre otras, la pérdida, degradación y fragmentación de los hábitats; la expansión agrícola; las actividades extractivas (deforestación, minería, etc.); la acuicultura industrial; el desarrollo urbano; las infraestructuras; la erosión; los fuegos; el cambio climático debido al vertido creciente de gases de efecto invernadero como resultado de la actividad industrial y de la destrucción de los bosques.

Deforestación: un problema mundial

Desde la era industrial, cerca de la mitad de los bosques originales del mundo han sido destruidos y se han puesto en peligro a millones de animales y seres vivos. Los bosques y los árboles favorecen la agricultura sostenible porque, entre otras cosas, estabilizan los suelos y el clima, regulan los flujos de agua, ofrecen sombra y refugio y proporcionan un hábitat a los polinizadores y a los depredadores naturales de plagas agrícolas. Cuando se integran con sensatez en los territorios agrícolas, los bosques y los árboles permiten, por tanto, aumentar la productividad de la agricultura. Los bosques y los árboles también ayudan a garantizar la seguridad alimentaria de cientos de millones de personas, para quienes constituyen importantes fuentes de alimentos, energía e ingresos. A pesar de todo, la agricultura sigue siendo el principal factor de la deforestación a nivel mundial y, a menudo, las políticas agrícolas, forestales y de tierras no están armonizadas.

En el período 2000-2010, se registró una pérdida neta de bosques de 7 millones de hectáreas anuales en los países tropicales y un aumento neto de los terrenos agrícolas de 6 millones de ha al año. La mayor pérdida neta de bosques y el mayor incremento neto de terrenos agrícolas durante este período se produjeron en el grupo de países de ingresos bajos, donde las poblaciones rurales están aumentando (Figura 3).

La agricultura comercial a gran escala origina aproximadamente el 40% de la deforestación en la región tropical y subtropical; la agricultura de subsistencia local, el 33 %; la infraestructura, el 10%; la expansión urbana, el 10%; y la minería, el 7%. En consecuencia, se estima que, al ritmo actual de destrucción de los bosques, acarreará en el año 2050 una pérdida del 6% del PIB mundial, debido a la pérdida de las funciones realizadas por los bosques: control de riadas, suministro de agua, etc. Igualmente, la pérdida de biodiversidad en los bosques acarreará en el año 2050, la desaparición del 11% de los espacios naturales existentes en el año 2000. El valor monetario de las áreas protegidas en el mundo, calculado a partir de los servicios que prestan, oscila entre los 4.500 y los 5.000 millones de dólares.

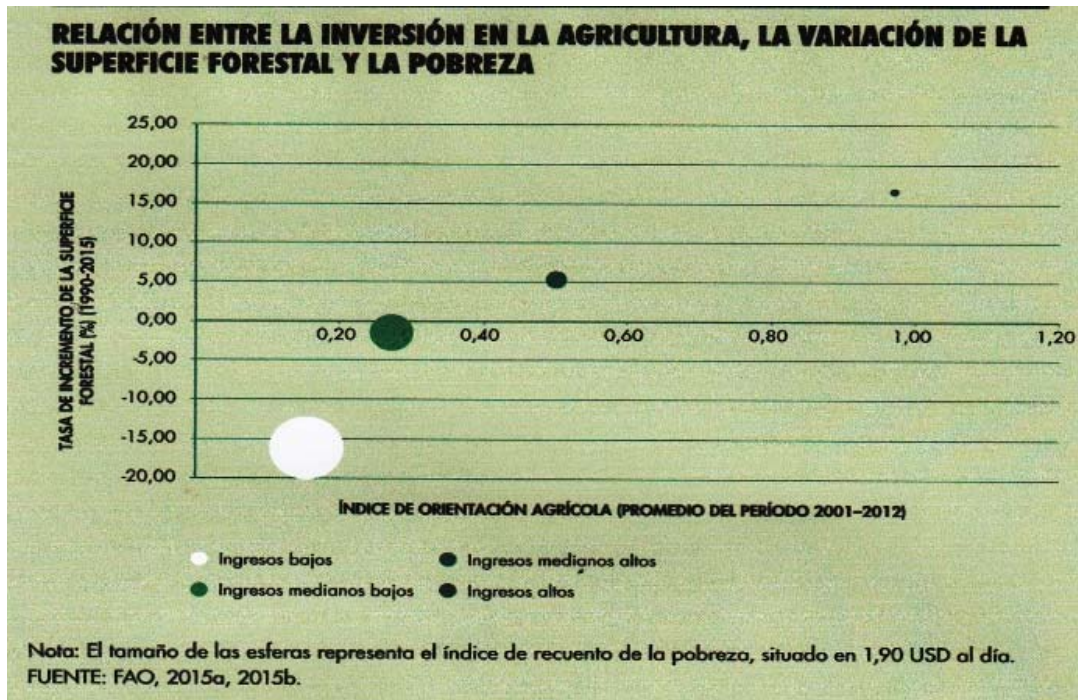


Figura 3.- El estado de los bosques (FAO, 2016)

Consecuencias de la deforestación

Pérdida de la biodiversidad. Esta es probablemente la consecuencia más grave de la deforestación. Los bosques proporcionan empleo remunerado a más de 100 millones de personas y sustentan los medios de vida de gran parte de la población rural pobre del mundo. Albergan más del 80% de la biodiversidad terrestre mundial, y proporcionan alimentos, medicamentos, combustible y servicios ecosistémicos fundamentales. El cambio climático y el aumento de la variabilidad climática tienen, ambos, unos efectos directos e indirectos sobre los bosques y sobre las personas que dependen de ellos, y limitan la capacidad de los bosques de proporcionar estos bienes y servicios esenciales.

Cuando se eliminan los bosques, la cobertura del suelo, que consiste principalmente en la vegetación, se elimina también. Esto deja el suelo desnudo y expuesto a condiciones extremas producidas por el calor del sol y el agua de lluvia, convirtiéndose en desierto. Los suelos forestales son húmedos, pero sin protección de los árboles que bloquean el sol se secan rápidamente. Los árboles también ayudan a perpetuar el ciclo del agua mediante la devolución de vapor de agua a la atmósfera. Sin árboles que cumplan esta misión, muchas tierras forestales pueden convertirse rápidamente en desiertos estériles.

La deforestación puede dar lugar a cuencas que ya no son capaces de sostener y regular los flujos de agua de ríos y arroyos. Los árboles son muy eficaces en la absorción de grandes cantidades de agua, manteniendo la cantidad de agua en las cuencas hidrográficas a un nivel manejable. El bosque también sirve como cobertura contra la erosión. Una vez que el bosque desaparece, el agua puede dar lugar a inundaciones, las cuales han causado desastres en muchas partes del mundo.

La deforestación también impulsa el cambio climático. Los árboles bloquean los rayos del sol durante el día y mantiene el calor durante la noche. Esta alteración da lugar a cambios de temperaturas más extremas que pueden ser perjudiciales para las plantas y los animales. Los árboles también juegan un papel fundamental en la absorción de los gases de efecto invernadero que aumentan el calentamiento global.

Menos bosques significan mayores cantidades de gases de efecto invernadero que entran en la atmósfera y como consecuencia de esto se produce un aumento en la temperatura media de la tierra.

¿Cómo contribuye la agricultura al cambio climático?

La agricultura y el sector alimentario en general tienen una importante responsabilidad en la mitigación del cambio climático. Conjuntamente, la agricultura, la actividad forestal y el cambio del uso de la tierra representan alrededor de la quinta parte de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. Las emisiones de CO₂ de la agricultura pueden atribuirse principalmente a la pérdida de materia orgánica por encima y por debajo del suelo, a través de los cambios en el uso de la tierra, tales como la conversión de los bosques en pastizales o tierras de cultivo, y la degradación de la tierra, como la ocasionada por el pastoreo. La mayor parte de las emisiones directas de CH₄ y N₂O, dos poderosos gases de efecto invernadero, son el resultado de la fermentación entérica en el ganado, la producción de arroz en campos anegados y la aplicación de fertilizantes de nitrógeno y estiércol, todo lo cual puede reducirse aplicando mejores prácticas de gestión. La proporción del sistema alimentario en su conjunto en el total de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero es aún mayor debido a la fabricación de productos agroquímicos, al uso de energía fósil en las actividades agrícolas y en el transporte, y a la elaboración y venta al por menor posteriores a la producción que generan nuevas emisiones.

Aun sin cambio climático, la agricultura y la seguridad alimentaria mundiales afrontan enormes desafíos. El aumento de la población y la elevación de los ingresos en una buena parte del mundo en desarrollo han impulsado la demanda de alimentos y de otros productos agrícolas hasta niveles sin precedentes. La FAO ha calculado que, para poder satisfacer la demanda de alimentos en el 2050, la producción agrícola y ganadera mundial anual debería ser un 60% mayor que en 2006. Aproximadamente un 80% del incremento necesario tendría que ser producto de un aumento del rendimiento y un 10% de un mayor número de campañas agrícolas por año (Alexandratos y Bruinsma, 2012). Sin embargo, la generalizada degradación de la tierra y el aumento de la escasez de agua limitan las posibilidades de incrementar el rendimiento.

¿Cómo afecta el cambio climático a la agricultura?

En muchas regiones, la producción agrícola ya se está viendo afectada negativamente por un aumento y una mayor variabilidad de las temperaturas, cambios en el nivel y la frecuencia de las precipitaciones, una mayor frecuencia de períodos sin lluvia y sequías, la intensificación de los fenómenos meteorológicos extremos, el aumento del nivel del mar y la salinización de los terrenos de cultivo y del agua dulce. A medida que se intensifiquen los efectos del cambio climático sobre la agricultura, será cada vez más difícil cultivar cosechas, criar animales, gestionar bosques y capturar peces en los mismos lugares y de la misma manera que antes.

Un desastre silencioso: la pérdida de biodiversidad agrícola

Los seres humanos, como cualquier otra especie, necesitan nutrirse para realizar sus funciones vitales. Desde su paso de cazador-recolector a "*Homo agricolis*", la especie humana sólo ha domesticado un pequeño porcentaje de los cientos de miles de especies vegetales y animales que existen. Pero hoy día el 90% de nuestro consumo de proteína animal depende de poco más de 10 especies, mientras que el 70% de nuestra alimentación proviene de 12 especies vegetales, de las que sólo cuatro –arroz, maíz, trigo y patata– nos suministran la mitad de las calorías. En definitiva, nuestra alimentación cada vez depende de menos especies y de variedades más homogéneas, lo que la hace más vulnerable.

El actual modelo agroalimentario basado en el éxito de las técnicas de la Revolución Verde –caracterizadas por un número reducido de variedades y razas adaptadas a modelos de agricultura intensiva– ha traído una reducción drástica de la diversidad de las variedades y razas necesarias para seguir adelante con la investigación y el desarrollo agrícola y ganadero en los que se basa el propio modelo.

La FAO, califica esta situación como "*una cuestión de supervivencia*". La alimentación humana no sólo depende de un reducido número de especies, sino que de éstas no se conservan suficientes variedades y/o razas. Según datos de la FAO, durante el último siglo se han perdido el 75% de las variedades de las especies que se cultivan en el mundo, a lo que hay que añadir 1.350 razas animales en peligro de extinción de las 6.300 catalogadas. En esta situación, la futura provisión de alimentos podría verse amenazada ante cualquier acontecimiento que suponga un fallo funcional de las variedades y razas de alto rendimiento de las que dependemos en la actualidad. Y no hay que esperar al futuro para saber qué es lo que podría suceder.

La erosión genética producida, y el hecho de que las semillas ya no sean producidas localmente, las hace más vulnerables a plagas, enfermedades o perturbaciones climáticas. Esta vulnerabilidad implica riesgos de pérdida de la cosecha, así como el incremento en el uso de productos químicos.

En uno de los estudios más amplios que se han realizado hasta la fecha sobre fauna, Schwägerl (2016) han analizado casi dos millones de registros de abundancia de más de 39.000 especies en 18.659 lugares diferentes. Aunque la pérdida de especies varía mucho de un lugar a otro, los autores han podido concluir que la abundancia local de animales y plantas ha caído hasta alrededor del 85% de su valor original en ausencia de usos humanos del suelo (Figura 4).

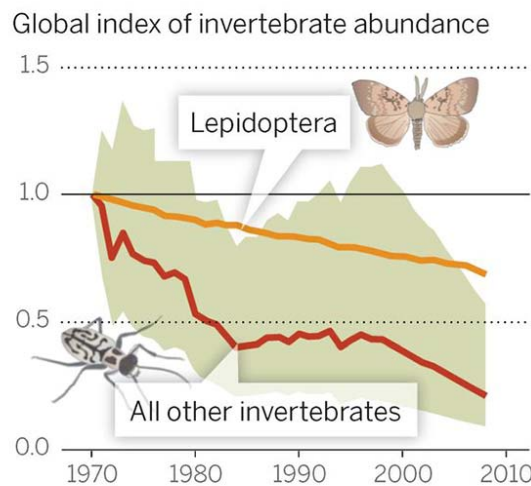


Figura 4.- Índice global de abundancia de invertebrados (Schwägerl, 2016)

Por su parte, Rockström et al. (2009) (Figura 5) cuantifican el efecto de la pérdida de hábitats sobre la biodiversidad global. Concluyen que la mayor parte de la pérdida de biodiversidad ya ha sobrepasado los límites de seguridad sugeridos por los expertos, los cuales ponían la línea roja en no bajar del 90% de la densidad original para no entrar en territorio inseguro para la propia Humanidad.

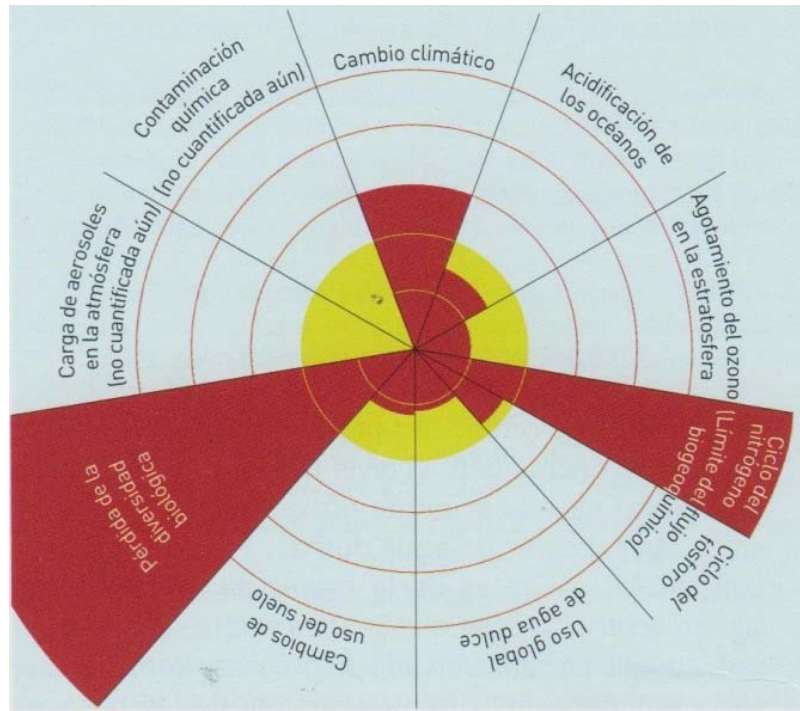


Figura 5.-. Límite operativo para los cambios ambientales debidos a la actividad humana (Rockström *et al.*, 2009)

El mundo en el año 2050

Nuestra naturaleza peca a veces de egoísta, no pensamos más allá del tiempo en que estaremos de "pasada" por el planeta. Con suerte pensamos en nuestros hijos, pero la miopía y toda esa sarta de posturas y actitudes de conformismo o "no me importa" o "ya no me afectara", no sirven, más bien atentan al "catalizador" de emprendimientos que vayan en beneficio de la salud integral global en un marco de desarrollo sostenible.

Ante las proyecciones sobre el incremento poblacional en los próximos 35 años y la deficiente gestión de los recursos, se espera que la población necesite cerca de 3 planetas Tierra que proporcionen los recursos naturales para mantener el estilo de vida actual.

Las áreas naturales van a seguir siendo convertidas en tierras para usos agropecuarios y se verán afectadas por la expansión de las infraestructuras y el cambio climático. Se prevé que, en el año 2050, se habrán perdido 7,5 millones de km² de zonas naturales, es decir, un 11% con respecto a los niveles de 2000. Se pronostica que en 2050 casi el 40 % de las tierras actualmente explotadas mediante prácticas extensivas se habrá perdido (Braat y Brinket 2008). Esta situación llevará a un declive continuo de la biodiversidad, tanto local como mundial, principalmente a causa de la pérdida de hábitat.

¿Hacia dónde debemos avanzar?

El 25 de septiembre de 2015, los líderes mundiales adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse en los próximos 15 años (ODM, 2015).

Objetivo 15: Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad.

Este enunciado tan amplio se desarrolla, además, en nueve metas encaminadas a detener y revertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica, cuyo cumplimiento está previsto para 2020. Más allá de esta lucha por evitar, también llama a recuperar los bosques degradados e incrementar la forestación y la reforestación en un [x]% (porcentaje por determinar) a nivel mundial.

El 30% de la superficie terrestre está cubierta por bosques y estos, además de proporcionar seguridad alimentaria y refugio, son fundamentales para combatir el cambio climático, pues protegen la diversidad biológica. Cada año desaparecen 13 millones de hectáreas de bosque y la degradación persistente de las zonas áridas ha provocado la desertificación de 3600 millones de hectáreas.

La deforestación y la desertificación, provocadas por las actividades humanas y el cambio climático, suponen grandes retos para el desarrollo sostenible y han afectado la vida y los medios de vida de millones de personas en la lucha contra la pobreza.

Algunas de las medidas para evitar la pérdida de biodiversidad consisten en: abordar las causas subyacentes de la pérdida de diversidad biológica, reducir las presiones directas sobre la diversidad biológica, mejorar la situación la diversidad biológica, aumentar los beneficios de la diversidad biológica, y mejorar la aplicación a través de la aplicación participativa (CDB, 2010).

Las buenas prácticas agrícolas involucran, entre otras medidas de manejo, la disminución del uso de pesticidas perniciosos para el ambiente, el empleo de prácticas de conservación de suelos y aguas, el uso racional de fertilizantes, y lograr una agricultura más amigable con el ambiente natural y de menor riesgo para la salud humana.

Bibliografía

- Alexandratos, N. y J. Bruinsma, 2012. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. ESA Working Paper No. 12-03. Rome, FAO.
- Braat, L. y P. Brink, 2008. The Cost of Policy Inaction The case of not meeting the 2010 biodiversity target. Is a study for the European Commission, DG Environment under contract: ENV.G.1/ETU/2007/0044 (Official Journal reference: 2007 / S 95 – 116033).
- CDB, 2010. Convenio de diversidad biológica. Disponible desde internet en: <https://www.cbd.int/undb/media/factsheets/undb-factsheets-es-web.pdf> (consultado el 5.III.2018)
- FAO, 2016. El estado de los bosques. Disponible desde internet en: <http://www.fao.org/publications/sofo/2016/es/> (consultado el 4.III.2018)
- ODM, 2015. Objetivos de desarrollo sostenible. 17 objetivos para transformar nuestro mundo. Disponible desde internet en: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/> (consultado el 5.III.2018)
- Rockström, J. et al., 2009. A safe operating space for humanity. *Nature*, 461: 472-475
- Schwägerl, C. 2016. What's Causing the Sharp Decline in Insects, and Why It Matters. *Yale Environment Studies*. Disponible desde internet en: https://e360.yale.edu/features/insect_numbers_declining_why_it_matters (consultado el 5.III.2018)
- Tellería, J. L. 2013. Pérdida de biodiversidad. Causas y consecuencias de la desaparición de las especies. En: *Pérdida de biodiversidad. Responsabilidad y soluciones. Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, X: 13-27
-

Podemos permitirnos seguir perdendo terra agraria?

Are we allowed to continue losing agricultural land?

Maria do Mar Pérez-Fra

Departamento de Economía Aplicada. Escola Politécnica Superior. Campus universitario s/n, 27002 Lugo.
mariadomar.perez@usc.es

Resumo O rural galego ten importantes problemas demográficos, económicos e sociais. É obvio que non existe un elemento explicativo único para esta situación que aliás, é común a unha porcentaxe significativa do territorio rural europeo. Mais o intenso e abrupto proceso de desagregación experimentado nas últimas décadas ten moito a ver co deterioro das zonas rurais galegas. A inadecuada (ou inexistente) política de mellora das estruturas agrarias é directamente responsábel das dificultades que teñen as explotacións para tirar proveito do esforzo de investimento realizado para mudar a tecnoloxía aplicada ao proceso de produción. Iso, combinado coa incapacidade dos sectores secundario e terciario para fornecer unha fonte alternativa de emprego, explica o abandono que sofren hoxe moitas destas áreas.

Palabras clave desenvolvemento rural, desenvolvemento sustentábel, cambio agrario, diversificación.

Abstract This article analyses the case of the Galician Autonomous Community, a territory situated in the northwestern Spain, and where their rural areas show important demographic, economic and social challenges. This is not an exceptional case, it's a common problem in many rural areas, especially in southern Europe. There is not a unique element which explains this situation but, in the opinion of this author, the intense and late desagrization process experimented by this territory plays a key role. The inadequate (or absent) policy of agrarian structures is directly responsible for the difficulties which have been facing the farms to take advantage of the investor effort in order to improve the productive technology. This fact, together with the incapacity of the secondary and tertiary sectors to create alternative employment, explains the situation of abandonment which nowadays suffers an important part of these rural spaces.

Key words rural development, sustainable development, agrarian change, diversification.

Definindo o espazo rural

Aínda que poda parecer que cando usamos o termo rural estámonos referindo a unha realidade específica e ben definida, na verdade, non hai consenso a respecto das características que determinan estes espazos. Paniagua e Hoggart (2002) sinalan que a definición de rural é unha pregunta que moitas veces aparece na literatura xeográfica e sociolóxica ao longo do século XX mais que hoxe non está completamente superada.

Non entanto, non é meu obxectivo discutir aquí as diferentes abordaxes que desde a literatura científica se desenvolveran para esta cuestión, senón fornecer algunhas reflexións que axuden a animar o debate sobre o presente e, especialmente, sobre o futuro das áreas rurais galegas. Por iso, e sendo consciente de que é inútil procurar definicións de escopo universal, escollín para este traballo a clasificación feita para o caso galego polo IGE en 2011, a cal agrupa os municipios dependendo do seu grao de urbanización tomando como base o tamaño da poboación municipal, a densidade e a continuidade das zonas locais (IGE, 2014).

De acordo coa Comisión Europea (2014) as áreas rurais ocupan na EU o 52,0% do territorio, e nelas reside o 22,6% da poboación; trátase, por tanto, dun extenso espazo conformado por realidades complexas e heteroxéneas. A vitalidade demográfica, o uso do solo, a orientación produtiva da actividade agraria, o tamaño das explotacións, o grao de diversificación económica ou o nivel de renda varían de modo importante dunhas áreas a outras.

Antes da ampliación UE-28, Jouen (2000) xa apuntaba a existencia de dous grandes grupos de países en función da situación das súas áreas rurais:

- Un primeiro integrado por aqueles espazos nos que o proceso de modernización agraria é máis antigo, ao redor dos anos 50 do século XX, e onde a situación económica e demográfica é máis estábel, ou inclusive ten mellorado.

- Un segundo conformado por aqueles en que o proceso de transformación da agricultura foi máis tardío e nos que o declíneo económico e demográfico tense acentuado. Neste grupo están boa parte das áreas rurais do sur da Europa, entre elas Galiza.

Este traballo céntrase na análise do acontecido no segundo dos tipos de espazos rurais definidos anteriormente; aqueles que iniciaran máis tardiamente o proceso de modernización agraria. Chegados a este punto compre aclarar que non pretendo describir un fenómeno xa ben coñecido como é o do axuste agrario, senón interpretar as mudanzas que o mesmo ten provocado e que levaran, a unha parte significativa destes espazos, a unha situación de abandono tanto desde o punto de vista demográfico como produtivo.

Por último, gustaría de salientar que o foco deste traballo reflicte a mudanza que desde os anos 80 tense dado na maneira como as zonas rurais son percibidas. O mundo rural non debe ser máis concibido como un resultado residual da urbanización e/ou unha consecuencia da organización social e espacial da produción agraria. De acordo con esta nova perspectiva o desenvolvemento rural tórnase entendido como o reforzo das condicións favorábeis que posúen e que permiten a permanencia e reprodución a nivel local das poboacións, mellorando as súas condicións de vida e súa recomposición social (Arnalte et al., 1998). Infelizmente, esta é aínda unha perspectiva fundamentalmente académica. A sociedade no seu conxunto debe reformular a súa visión das zonas rurais, precisamos romper coa imaxe do mundo rural como unha área atrasada e/ou exclusivamente agraria. Neste senso, considero de interese recuperar a definición de espazo rural desenvolvida por Ceña (1993), quen no inicio dos anos 90 definiu as zonas rurais como "o conxunto de rexións ou zonas con diferentes actividades (agricultura, pequenas e medias industrias, comercio, servizos) e nas que se asentan aldeas, vilas, pequenas cidades e centros rexionais, espazos naturais e cultivados".

O rural como problema

O rural é moitas veces visto como un problema: un espazo con graves dificultades demográficas e económicas. E tamén, porque non reconecer, como un territorio á marxe dos procesos de modernización económica e social. A cuestión é que, se ese escenario fora verdadeiro, estaríamos na Galiza ante un problema de enorme magnitude. De acordo co IGE (2014) as zonas pouco poboadas de baixa densidade de poboación (ZPP baixa) representan 71% do territorio, un espazo no que sen embargo reside apenas 18% da poboación.

Un dos elementos que sustentan esta imaxe negativa do mundo rural é a demografía. E certamente, os dados deben preocupar. No caso do Estado Español o fin da autarquía económica significou a recuperación da perda de poboación das zonas rurais. Trátase esta dunha perda demográfica selectiva que desequilibra a poboación aumentando os niveis de envellecemento e diminuíndo a capacidade reprodutiva xeracional (Camarero, 1991). A situación demográfica que viven boa parte das áreas rurais españolas actualmente ven derivada deses procesos.

O caso galego non é excepción a esta regra xeral, as áreas rurais deixaran de ser atraentes para a poboación fai décadas. De facto, se tomamos como referencia o que aconteceu a partir dos anos 80 podemos comprobar como as áreas con menor densidade perderan neste lapso de tempo o 41% da súa poboación.

Cumpre sinalar tamén que o problema non se limita á cuestión do número absoluto de efectivos: ao pequeno número de residentes deben ser adicionados outros problemas, tais como o intenso envellecemento ou a masculinización da poboación.

Mais as dificultades non son apenas demográficas, unha vez que as diferenzas rural-urbano son facilmente observábeis tamén usando indicadores económicos. Sirva para ilustrar esta afirmación o diferencial existente no rendemento dispoñíbel bruto, que no 2009 foi un 20,4% menor nas ZPP de densidade intermediaria e baixa (IGE, 2014).

Até agora, apenas se describiu unha situación ben coñecida: as áreas rurais están inmersas nun declíneo demográfico que parece difícil de reverter dado que, ademais, carecen do dinamismo económico que caracteriza as áreas máis densamente poboadas. Feitos que son agravados e alimentados pola persistencia dun déficit nas infraestruturas (Cruz Souza et al., 2009).

A cuestión a resolver é: que motiva eses malos resultados? Cales son as causas que explican que unha parte significativa do noso territorio estea nesa situación? É obvio que este é un problema complexo que non ten unha causa explicativa única, mais, asumindo o risco de caer na simplificación resultante da necesidade de síntese, vou tentar trazar algunhas explicacións para o problema.

O proceso de deterioro sufrido polas áreas rurais está intimamente relacionado co fenómeno da desagrarización. Un concepto que se refire á redución do volume absoluto e relativo do emprego agrario e que no longo prazo é unha consecuencia inevitábel do proceso de desenvolvemento económico. A baixa elasticidade renda dos alimentos ligada á crecente integración agroindustrial provoca un declíneo relativo no sector agrario. Obviamente, eu estoume referindo a un feito que ocorreu non só na Galiza, senón en toda a contorna económica na que estamos insertos.

A pesar de ser certo o anterior, tamén o é que o proceso de desagrarización tivo no caso galego algunhas singularidades: unha delas é que se manifestou de forma tardía e abrupta (Figura 1) (López Iglesias e Perez-Frá 2004). Foi esa intensa perda de empregos no sector agrario acontecida nos últimos 40-30 anos, o que provocou a desertificación demográfica dunha parte importante da Galiza.

A Figura 1 mostra que ao longo deste período ten habido unha diminución significativa no número de postos de traballo no sector, mais iso non ten porque implicar necesariamente unha perda de actividade económica e, por tanto, de poboación. Para que a diminución da poboación ocupada no sector primario non implique perda de actividade, nos espazos rurais teñen que observarse dúas condicións básicas:

- A primeira: que o proceso de axuste conduza á consolidación dun número importante de explotacións competitivas no contexto europeo.
- A segunda: que a perda de empregos na agricultura vaia acompañado da creación de empregos en cantidade suficiente nos outros sectores da economía, fenómeno coñecido como diversificación económica.

Consideremos, pois, o que aconteceu a respecto de ambas as cuestións no caso galego.

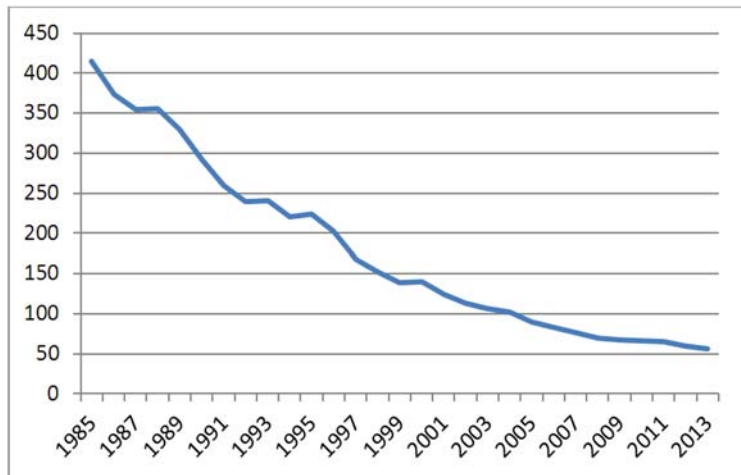


Figura 1.- Evolución da poboación galega ocupada na agricultura (millares). Fonte: EPA

Cambio agrario

Se algo demostraron os agricultores e agricultoras ao longo das últimas décadas do século XX é que foran extremadamente sensíbeis aos estímulos da modernización. Nun período relativamente curto de tempo conseguiran a plena integración mercantil e a especialización pecuaria (bovina, e máis concretamente no bovino de leite), e todo iso cunha mudanza radical na tecnoloxía de produción usada (Vázquez, 2012). Por tanto, parece que esa idea, instalada nunha parte da sociedade, de que o campo é un espazo atrasado e en certa medida refractario á mudanza é, no mínimo, discutíbel á luz destes datos.

A queda intensa e continua no traballo agrario foi acompañada pola introdución nas explotacións dun volume crecente de insumos e bens de capital de orixe industrial. Ou sexa, houbo un importante esforzo de investimentos por parte dos produtores que permanecen no sector, un esforzo que ten permitido unha significativa expansión do stock de capital.

É indubidábel, por tanto, que unha parte do modelo produtivo experimenta mudanzas profundas. O problema é que, ao mesmo tempo, hai unha parte da función de produción que non muda coa intensidade requirida para facer fronte con seguranzas, ao novo contexto económico. Estamos a referirnos ao problema ben coñecido dos déficits persistentes na base territorial das explotacións: tamaño pequeno e grande fragmentación (López Iglesias 2003, Sineiro de 2006, Corbelle e Crecente 2009).

No caso da Galiza a desaparición de explotacións non veu acompañada por un proceso de transferencia das terras das unidades de produción que cesan na actividade para as que permanecen activas. Unha parte moi importante da área agraria "liberada" non foi transformada en terra dispoñíbel para os agricultores que foran capaces de aumentar a súa dimensión produtiva. Antes ben, este proceso resulta no caso galego en perda de terra cultivada. Dependendo da fonte empregada para a cuantificación podemos situar a perda de Superficie Agraria Utilizada (SAU) observada ao longo dos anos 80-90 entre as 75.000 e as 100.000 ha (López Iglesias, 2000 e Corbelle e Crecente, 2009).

É importante facer notar que esta situación non ten contrapartida no acontecido noutras áreas da Europa cunha orientación produtiva similar. A pregunta obvia é: cales son as razóns que dificultaron o proceso de transferencia de terras? Por que no caso de Galiza existiu un bloqueo do mercado de terra agraria? A resposta é que este proceso de transferencia de terras non foi un proceso espontáneo alí onde aconteceu. Exixe ser acompañada por unha política activa de mellora das estruturas fundiarias. Incluíndo actuacións

de ordenación territorial, de protección do solo agrario, apoio da transferencia de terras entre explotacións, etc. Todo un leque de medidas que non ten sido posto en marcha no caso da Galiza.

Este impase ten un forte impacto negativo a través de dúas vías:

79

- Por un lado, ten implicacións a nivel sectorial, unha vez que afecta ao desempeño económico das explotacións, ademais dificulta un adecuado aproveitamento da tecnoloxía produtiva incorporada, fai as explotacións menos eficientes en termos de custos e, por tanto, menos competitivas nun contexto no cal os prezos deixaran de estar garantidos.

- O volume crecente de terras abandonadas ou dedicadas a usos forestais non ordenados (consecuencia obvia dese bloqueo) tamén ten unha compoñente macro de implicacións negativas para o conxunto da economía galega. Implicacións que impactan en diversos ámbitos, entre eles:

- Comezando polo mais obvio: a perda de SAU en favor do abandono ou de explotacións forestais non ordenadas debe ser considerada como unha perda económica, unha vez que envolve o desperdicio dun recurso con capacidade de xeración de renda.

- En segundo lugar, a dificultade para aumentar a base territorial das explotacións axudou a promover unha especialización pecuaria dependente da compra de alimentos para cuxa elaboración son fundamentais as materias-primas importadas, contribuíndo así para o aumento da dependencia externa (Valdés e Pérez-Fra, 2015).

- Por último, destacar os danos ambientais, que se producen por varias vías:

- Os derivados da mudanza en dirección a un modelo de produción intensivo, pouco dependente do factor terra e concentrado desde o punto de vista territorial.

- Os relacionados co abandono e/ou ao manexo forestal non ordenado, ambos claramente vinculados co fechamento da actividade agraria. Isto provoca, por un lado, a destrución de hábitats valiosos ligados aos sistemas de agricultura extensiva, e, por outro, causa enormes danos resultantes dun problema serio e recorrente, os incendios. É obrigado apuntar que os incendios forestais teñen non só impacto ambiental, senón tamén económico, por medio tanto das perdas directas como polo grande volume de fondos públicos atribuídos anualmente á prevención e, por riba de todo, á extinción. Como exemplo para o caso galego, Corbelle e Crecente (2008) calcularon para o ano de 2006 os custos de extinción en case 60 millóns de euros, e no mesmo artigo refírese a diferentes avaliacións que estiman o valor das perdas directas entre 211 e 582 millóns de euros, dependendo do período de tempo para o cal foran establecidas.

O proceso de diversificación económica

O segundo elemento de análise ten a ver coa falta de diversificación económica nas áreas rurais. O estudo da evolución do emprego agrario e da evolución da poboación mostra a existencia dunha correlación entre a intensidade do axuste agrario e o declíneo de poboación. Ou dito de outra forma, a regresión demográfica está claramente ligada á dinámica do emprego: o axuste agrario acelerado non ten sido compensado pola xeración de novos postos de traballo noutras actividades en cantidade suficiente (López Iglesias e Pérez-Fra, 2004). A fraca xeración de novos empregos noutros sectores, motivada pola extrema debilidade que en moitos dos casos presentaban os sectores secundario e terciario, non permitiu compensar a perda de empregos sufrida, o que explica en última instancia a dinámica demográfica negativa.

O ocorrido coas actividades económicas ligadas á transformación e comercialización de produtos agrícolas e pecuarios merece unha análise máis demorada. Sen dúbida a fraqueza da industria agroalimentar galega é un obstáculo para a creación de oportunidades laborais e de renda nas áreas rurais.

	VAB (millóns €)	Ocupados (millares)
Agricultura, pecuaria	1395,6	59,7
Industria agroalimentar	776,0	20,6

Cadro 1.- Valor Acrescentado Bruto (VAB) e ocupados 2011. Fonte: IGE. Contas económicas. Base 2005

O cadro 1 reflicte a magnitude do problema. Ao contrario do que acontece nos países da nosa contorna o sector agrario é o ramo con máis peso no complexo agroalimentar. No caso galego, aínda que teña ocorrido a integración agroindustrial das explotacións, esta non veu acompañada polo desenvolvemento dunha industria transformadora forte, con capacidade para revalorizar o producido polo sector primario. Hai de feito dous problemas fundamentais: unha parte da produción é exportada en bruto e, por outra, a pouca industria que existe está especializada en outputs de baixo valor acrescentado (por exemplo, leite destinado ao consumo).

Conclusiones

Da análise realizada pódese concluir que calquera tentativa de frear o despoboamento pasa por incidir na base económica destas rexións. Por un lado, é necesario consolidar o emprego agrario aínda existente, para o que resulta imprescindible unha mudanza progresiva no modelo de xestión da terra, de modo que as explotacións podan mellorar a súa base territorial e ser máis eficientes en custos. Por outro, hai que fomentar a diversificación económica destas áreas, tentando aumentar peso dos sectores secundario e terciario, especialmente no que se refire á industria de alimentos.

As áreas rurais precisan políticas máis ambiciosas, que consoliden unha actividade agraria xa moi reducida, procurando ao mesmo tempo crear valor a partir dos seus produtos e tentar, na medida do posíbel, alterar o modelo de localización de certas actividades do sector secundario e terciario.

Para finalizar, cumpre aclarar que, aínda que este traballo estea centrado na análise de variábeis económicas, non é só con accións relacionadas con esta esfera que vamos resolver o problema das áreas rurais deprimidas. A creación de emprego e renda é unha condición básica, mais non suficiente. Á mesma hai que acrescentar a necesidade de fornecer estes territorios de infraestruturas e acceso aos servizos básicos para a poboación e as empresas. Só desta maneira poderemos tornalas en espazos atraentes para unha poboación rural que ten padróns de vida cada vez máis semellantes aos das poboacións urbanas.

Nota: Este traballo é unha tradución dun artigo publicado orixinalmente en portugués en REVER, Viçosa, n.5 p. 21-32, jan-jun 2016

Bibliografía

- Arnalte Alegre, E., Oliveira Baptista, F., Alves de Sousa Lourenço, F., Muñoz Zamora, C. y Gomes Rodrigo, I. (1998): El desarrollo rural: políticas aplicadas situación actual del debate y perspectivas del futuro a nivel europeo. (AGRI-106). Estrasburgo: Parlamento Europeo, Dirección General de Estudios.
- Camarero Rioja, L.A. (1991): Tendencias recientes y evolución de la población rural en España. Política y Sociedad, 8, 13-24.
- Ceña, F. (1993): El desarrollo rural en sentido amplio, en El Desarrollo Rural Andaluz a las Puertas del siglo XXI. Congresos y Jornadas Andalucía, España N° 32.
-

- Corbelle, E. y Crecente, R. (2008): O abandono das terras: concepto teórico e consecuencias. *Revista galega de economía*, 17(2), 47-62.
- Corbelle E. y Crecente, R. (2009): Evolución histórica de la Superficie Agrícola Utilizada en Galicia (1962-2006). Integración de fuentes cartográficas y Estadísticas. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 9(2) 183-192.
- Cruz Souza, F., González Fernández, T, del Pino Artacho, J.A, Oliva Serrano, J., Sampedro Gallego, R.; Camarero Rioja, L.A. (2009): La población rural de España de los desequilibrios a la sostenibilidad social. Barcelona, Fundación La Caixa.
- IGE (2014): Indicador de Renda dos fogares. Base 2005. Disponíbel a nivel municipal en:
<http://www.ige.eu/igebdt/esq.jsp?paxina=000&c=&idioma=gl&ruta=navmunicipal.jsp%3FESP%3D>
- IGE (2014): Panorama Rural-Urbano. Disponíbel en:
http://www.ige.eu/web/mostrar_seccion.jsp?idioma=gl&codigo=0701
- Jouen, M. (2000). Rural Europe at the turn of the third millennium. "Diversity" is the key word. *Leader Magazine*, (25), 4-9.
- López Iglesias, E. (2000): O sector agrario galego ás portas do século XXI: balance das súas transformacións recentes. *Revista Galega de Economía*, 9(1):167-196
- López Iglesias, E. (2003): Las estructuras agrarias en España. Análisis de sus transformaciones en la década de los noventa. *Papeles de economía española*. 96, 20-37.
- López Iglesias, E. y Pérez-Fra, M. (2004): Axuste agrario e despoboación rural: as tendencias recentes en Galicia, Grial. *Revista Galega de Cultura*, 162, pp. 36-43.
- Paniagua, A., & Hoggart, K. (2002). Lo rural en la era medioambiental ¿hechos, discursos o representaciones? una perspectiva geográfica. *Información Comercial Española*, 803, 61 - 71.
- Sineiro, F. (2006): A evolución socioeconómica dos sectores rurais galegos. *Recursos Rurais*. 4, 47-55.
- Valdés Paços, B. y Pérez-Fra, M. M. (2015): Mudarmos as políticas para quebrar a dependência agroalimentar exterior da Galiza. Reflexión arredor da Galiza. *VVAA, A Coruña, Fundación Moncho Reboiras*.

¿Debemos abandonar el pan de nuestra dieta?

Should we avoid bread in our diet?

Jesús Fernández Cruces

Grado en Nutrición Humana y Dietética. jefercru@gmail.com

Resumen En el ámbito de la Dietética y de la Nutrición humana, parece que está en auge la recomendación de eliminar de la dieta los cereales y reducir los aportes de hidratos de carbono, para así conseguir pérdidas de peso o para seguir una dieta, erróneamente llamada, saludable. En los últimos años, los cereales han sido catalogados como culpables de tener relación con procesos fisiológicos indeseables o patologías. Es por esto que es necesario brindar información más clara a la población sobre el consumo de cereales, ya que son parte de nuestra gastronomía y tradición, además de que contribuyen a realizar una dieta saludable.

Palabras clave dieta, nutrición, alimentación, salud, cereales, macronutrientes, gastronomía, tradición.

Abstract In the field of Dietetics and Human Nutrition, there seems to be a tendency to recommend eliminating cereals and many of the carbohydrates from the diet, in order to achieve weight loss or to follow a diet, erroneously called, healthy. In recent years, cereals have been blamed for being related to undesirable physiological processes or pathologies. Based on this, it is necessary to provide clearer information to the population about the consumption of cereals, as they are part of our gastronomy and tradition, as well as contributing to a healthy diet.

Key words diet, nutrition, alimentation, health, cereals, macronutrients, gastronomy, tradition.

Introducción

La dietética y la nutrición, son dos ramas de la salud relativamente recientes respecto a su estudio. Esta relativa juventud no se debe a la nueva aparición o pensamiento en la relación con los alimentos, pues ya Anaxágoras (475 a.C.) declaraba que los alimentos poseían nutrientes e Hipócrates (400 a.C.) los relacionó con la salud. Pero no es hasta 1747 cuando se hace la primera relación directa de la salud y la alimentación, siendo James Lind un pionero relacionando el escorbuto con la falta de vitamina C.

A día de hoy, la nutrición es considerada uno de los derechos humanos. Es por ello que en las últimas décadas se han venido realizando diversos ensayos y estudios con diferentes grupos de población, buscando el equilibrio y sinergia de los alimentos y la salud.

La publicación de diversos estudios y, en muchas ocasiones, la mala explicación o interpretación de los mismos ha provocado que, a lo largo de los últimos años, muchos alimentos o grupos de los mismos hayan sido catalogados como poco saludables o peligrosos para la salud. Así, por ejemplo, se encuentra el caso del pescado azul frente al blanco, el huevo y su relación con el colesterol o, incluso, la interacción entre diferentes verduras y hortalizas con ciertos fármacos.

Como resultado de los diferentes resultados en las investigaciones relacionadas con la alimentación, se publican guías continuamente en relación a las raciones de consumo, grupos de alimentos a introducir, etapas de la vida en la que son preferibles unos alimentos u otros, etc. Estas guías suelen crear confusión en la población o cierto recelo por sus continuos cambios. Es necesario recordar que, al ser una rama joven de la salud y la ciencia, no hay aún suficientes datos que permitan asegurar con total claridad una recomendación para muchos casos o protocolos.

Lo que sí hay que tener claro, ya que son la recomendación de la mayoría de guías de diferentes nacionalidades, es optar por un mayor consumo de alimentos vegetales como verduras, hortalizas y frutas. Dentro del consumo de estos 3 grupos de alimentos, hay que prestar especial atención a recomendar el

consumo de granos enteros y que los alimentos que los contengan hayan sufrido el mínimo procesamiento posible, un mayor consumo de fibra y a reducir la ingesta de azúcares añadidos (OMS, 2015). Por tanto, se debería realizar una reducción paulatina del consumo de proteína animal y aumentar el de proteína vegetal.

En base a ello, los cereales están englobados dentro del grupo de alimentos vegetales de los que se debe aumentar su consumo (recordando que este consumo debería ser de su variante de grano entero o integral). Estos cereales se encuentran en la base de la pirámide de la alimentación saludable y son importantes en la dieta atlántica y mediterránea, de diferentes formas, entre ellas el pan y los productos de panificación.

También cabe destacar la reducción de la actividad física de la población general en la actualidad. Por una parte por la escasa tasa de trabajadores, y por otra, por la mayor implementación de tecnologías que contribuyen a una reducción del esfuerzo en las obligaciones laborales o de ocio y tiempo libre. Esto, por tanto, debe conllevar asociado una considerable reducción también en el consumo de energía (calorías). Todo ello lleva implícito que hay que establecer pautas en las que realizar actividad física de calidad y mantenida en el tiempo sean objetivos perfectamente asequibles.

Información nutricional

El pan es un producto al alcance de todos ya que el acceso a este alimento es relativamente fácil, tanto económica como geográficamente, puesto que no es necesario desplazarse a locales totalmente especializados para la adquisición de este alimento. Respecto a la información nutricional del pan, hay que tener en cuenta que no se puede generalizar cuando se hablan de sus propiedades nutricionales, ya que el proceso de elaboración de este alimento se puede modificar para, así, obtener diferentes aportes según las necesidades.

Las diferencias nutricionales entre panes se basan, principalmente, en el cereal principal con el que se elabora la masa y del tipo de elaboración. No tiene el mismo valor nutricional un pan elaborado con trigo completamente refinado que el elaborado con centeno integral; incluso, dentro de los diferentes trigos, se pueden obtener resultados totalmente diferentes según su procedencia y proporción. Además, hay que destacar que también va a influir en la composición nutricional si se han seguido procesos artesanales, utilizado masas madre o procesos de doble y triple fermentación. Aun así, se pueden hacer afirmaciones conjuntas para la mayoría de panes, entre ellas:

-Es un alimento que aporta con relativa facilidad gran energía. En la Tabla 1, se recogen datos de aporte energético, por ración, de diferentes tipos de pan. La liberación de esta energía, se puede controlar en función de la materia prima seleccionada. Así, si se utilizan cereales de grano entero o que poseen mayor cantidad de fibra se reduce la liberación de energía. Por el contrario, si se utilizan cereales más refinados se contribuye a una liberación más rápida. Esto es debido a que los diferentes tipos de hidratos de carbono ofrecen diferentes índices glucémicos, siendo la fibra un reductor de estos índices. Los hidratos de carbono son el macronutriente mayoritario, por lo que se dispone de mucho margen de maniobra para hacer modificaciones o combinaciones.

Ración de 50 g	Pan blanco (kcal)	Pan integral (kcal)
Trigo	138	127
Centeno	-	115
Mezcla	122	-
Maíz	-	140
Pan de Molde	144	125

Tabla 1.- Comparación de aporte energético de diferentes tipos de pan (Moreiras et al., 2013)

- Aporta proteínas en cantidades inferiores a 9 g por cada 100 g. Como producto elaborado, en su mayor parte a partir de un cereal, existe un cierto déficit en el aminoácido Lisina, pero que se puede completar a la perfección con el consumo de legumbres (alimento cuyo consumo se recomienda aumentar, tal y como lo recogen la guías nacionales e internacionales), obteniendo así también una sinergia siendo el pan dador de Metionina (aminoácido deficitario en las legumbres).

- El aporte de grasas no suele superar los 4 g por cada 100 g. La mayor parte de las grasas son monoinsaturadas.

- Aporta micronutrientes como vitaminas y elementos minerales. Proporciona una buena cantidad de vitaminas del grupo B que contribuyen al correcto desarrollo del sistema nervioso y al desarrollo general del organismo. Además, el pan es rico en Magnesio (piedra angular en el desarrollo celular), Zinc (que contribuye al buen funcionamiento del sistema inmune) y, en menor medida, Hierro y Selenio (Mataix, 2009).

Valoración del Estado Nutricional Poblacional

En la actualidad, Galicia lidera la prevalencia de sobrepeso con un 43,5% y se queda en el segundo puesto en obesidad (24,9%), por detrás de Asturias, la cual encabeza la lista con un 25,7% de su población obesa (Aranceta et al., 2016). La obesidad y el sobrepeso siguen aumentando, sobre todo, en los niños, y es conveniente recordar que los niños con sobrepeso son adultos obesos en potencia.

Por otro lado, el consumo de pan como alimento ha descendido considerablemente (MAPAMA, 2017) y ha aumentado un 0,6% el consumo de productos de bollería. Es necesario tener en cuenta que estos productos procesados llevan como ingredientes cereales, pero en la mayoría de ocasiones refinados y acompañados de cantidades ingentes de azúcar. Por tanto, estos datos contribuyen a refundar la relación entre el descenso en el consumo de pan o cereales integrales con el aumento de peso de la población.

En la Tabla 2 se comparan dos dietas con la misma carga energética (Moreiras et al., 2013), en una se incluye pan y en la otra, productos dietéticos a base de cereales. Se comprueba que en la dieta que incluye el pan, además de incluir este alimento tan valorado por los gallegos, se ingieren volúmenes mayores, lo que repercute en la saciedad de los consumidores además de en la adherencia.

Es necesario no olvidar que, para conseguir unos correctos resultados en los cambios de hábitos nutricionales en la población, la adherencia al cambio es el pilar fundamental. Para ello, hay que introducir, en la dieta de las personas a las que vaya dirigida, alimentos habituales con características organolépticas conocidas y valoradas por esas personas porque esto va a contribuir a seguir correctamente las pautas indicadas.

A la hora de realizar planes dietéticos, el pan ofrece varias posibilidades que se deben tener en cuenta. Puede ser utilizado en planes hipocalóricos, ya que ofrecerá mayor volumen, vistosidad y saciedad; pero también lo podemos emplear en planes normocalóricos o hipercalóricos escogiendo piezas que poseen una mayor densidad calórica y, por el contrario, menor densidad nutricional.

Las diferentes opciones y variedades de pan permiten ajustar, en las diferentes modalidades deportivas, la cantidad de energía que se quiere aportar además de la velocidad a la que se libera; esta característica también contribuye en ciertas patologías en las que es necesario controlar la liberación de glucosa en sangre.

Debido a sus propiedades físicas, es una gran opción en casos de dificultades mecánicas masticatorias debidas a boca seca, pérdida de piezas dentales, dificultades motoras, etc. Por tanto, también es un alimento que tiene gran cabida entre la población anciana.

Ingesta	Dieta 1	Dieta 2
Desayuno	Taza de leche con café Tostada de 60 g de pan con: <ul style="list-style-type: none">• Tomate• Orégano• 40 g de jamón serrano	Taza de bebida de soja con café 2 puñados de cereales ricos en fibra silueta/cuida tu línea/con pepitas de chocolate
Media mañana	Manzana grande Café con leche	1 barrita dietética con chocolate
Comida	Brocheta de solomillo (100 g) con verduras Patata 40 g de pan	150 g de pollo con medio vaso de arroz Ensalada de lechuga y tomate
Merienda	Yogur natural con melón y frambuesas	100 g de jamón york 3 tortitas de arroz inflado
Cena	Sardinias asadas con judías y patata 50 g de pan de centeno	150 g de salmón Ensalada con lechuga y tomate

Tabla 2.- Comparación de dos dietas de 1700 kcal

No se deben olvidar las posibilidades gastronómicas que ofrece este alimento, que además van unidas a la tradición o, incluso, al folclore gallego. También es conveniente recordar, que ante la tendencia creciente del vegetarianismo y veganismo, el pan es un alimento plenamente apto y que, como tal y como se ha comentado, correctamente combinado puede ofrecer un correcto aporte de nutrientes.

Conclusión

Pese a ser un alimento con una concentración alta de hidratos de carbono, el pan aporta una distribución de los mismos muy equilibrada, además de aportar una cantidad nada desdeñable de fibra.

Pese a la reducción del consumo de pan, las cifras de sobrepeso y obesidad no se reducen, sino que siguen aumentando, siendo la mayor causa de estas cifras los alimentos azucarados o ultraprocesados.

Es un alimento que ofrece un gran abanico de posibilidades en diferentes situaciones y estados fisiológicos. Por lo que, sin causa obligada por una patología demostrada no es necesario retirarlo de la dieta.

Atendiendo a la tradición y gastronomía gallega, es un alimento que socialmente tiene cabida en la práctica totalidad de las ingestas diarias, teniendo en cuenta que la ración de pan se ajusta a unos 40-50 g.

Bibliografía

Aranceta, J., Pérez, C., Pedrós, C., Ramos N., Fernández B., & Lázaro, S. Prevalencia de obesidad general y obesidad abdominal en la población adulta española (25–64 años) 2014–2015: estudio ENPE

- MAPAMA (2017). Informe anual de consumo de alimentación en España. Ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente 2016.
- Mataix, J., (2009). Nutrición y alimentación humana. Vol. I y II. 2ª ed. Ed. Ergon, Madrid
- Moreiras, O., Cabajal, Á., Cabrera, L., & Cuadrado, C. (2013). Tablas de composición de alimentos. Pirámide. Madrid.
- OMS (2015). Nota informativa sobre la ingesta de azúcares recomendada en la directriz de la OMS para adultos y niños. Organización Mundial de la Salud (2015). Consultado en <http://www.who.int>. Disponible en http://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sugar_intake_information_note_es.pdf (Consultado el 19/09/2018)

¿Qué nos dicen nuestros sentidos sobre el pan?

What do our senses tell us about bread?

M^a Belén García Gómez · M^a Ángeles Romero Rodríguez

Depto. De Química Analítica, Nutrición e Bromatología. Facultad de Veterinaria. Universidad de Santiago de Compostela. Campus de Lugo s/n. 27002 Lugo. mbelen.garcia.gomez@gmail.com

Resumen El pan es un alimento presente en la dieta de muchos países, su popularidad es debida a que además de su calidad nutricional destacan sus características sensoriales. El análisis sensorial proporciona las herramientas necesarias para la evaluación de la calidad sensorial, dentro de la cual la percepción de frescura en el pan es clave y está íntimamente relacionada con los atributos sensoriales de textura. El estudio de la relación entre el perfil sensorial establecido por un panel de catadores entrenados con la aceptación del consumidor (test hedónicos) es una poderosa herramienta para diseñar nuevos productos y mejorar los actuales. La problemática actual reside en que no hay establecido un método y procedimiento estandarizado, como sucede con otros alimentos, para evaluación sensorial de pan.

Palabras clave pan, sensorial, calidad, aceptación del consumidor, catadores entrenados.

Abstract Bread is a food present in the diet of many countries; its popularity is due that, in addition to its nutritional quality, highlight its sensory characteristics. The sensory analysis provides the necessary tools for the evaluation of sensory quality, within which the perception of freshness in the product is key and is intimately related with the sensory attributes of texture. The study of the relationship between the sensory profile established by a panel of trained tasters with consumer acceptance (hedonic test) is a powerful tool for designing new products and improving current ones. The main drawback is that there is not established a standardized method and procedure, as for other foods, in order to performance the sensory evaluation of bread.

Key words bread, sensory, quality, consumer acceptance, trained assessors.

¿Qué nos dicen nuestros sentidos sobre el pan?

Según el Código Alimentario Español, se designará con el nombre de pan al producto resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal comestible y agua potable, fermentada por la adición de levaduras activas. Cuando se empleen harinas de otros cereales, el pan se designará con el apelativo correspondiente a la clase de cereal que se utilice y clasifica los panes en diferentes tipos: pan bregado, de miga dura, español o candeal, pan de flama o de miga blanda, pan integral, pan de viena o francés, pan de gluten y pan especial (Decreto 2484/1967). Callejo (2011) propone clasificar el pan en tres grupos en función de la hidratación de la masa, de la riqueza en grasa de la masa y en función del volumen de los panes.

El pan es actualmente un producto ampliamente consumido en sus diferentes variedades y formas en todos los continentes y civilizaciones, aunque hay evidencias históricas que sitúan el origen del trigo (ingrediente principal y más común en la elaboración del pan) en Siria, Jordania, Turquía e Irak (Gil y Serra, 2009).

España es uno de los países europeos con más tradición panadera, ya que a lo largo de la geografía española se pueden encontrar una amplia variedad de tipos de pan, prueba de ello son las más de 300 variedades recogidas por Capel (1991).

El informe del MAPAMA de consumo de Alimentación en España de 2016 sitúa el consumo de pan en los 34,65 kg/per capita/año, siendo la tienda tradicional el canal de compra principal para la categoría.

La popularidad del pan es debida a su calidad nutricional y a sus propiedades sensoriales (Lambert et al., 2009), aunque Castro (2010) pone también de manifiesto su importancia cultural y gastronómica a lo largo de la historia gallega, y es indudable que esto se puede extender a diferentes regiones.

La calidad sensorial no es una propiedad intrínseca del alimento, sino que es el resultado de la interacción entre el alimento y el ser humano (Rodríguez, 2006). La calidad sensorial del pan se percibe a través de los sentidos, valorando el aspecto, el olor, la textura, el sabor y el aroma, y se puede evaluar mediante métodos analíticos u objetivos (utilizando paneles de catadores entrenados) y mediante métodos hedónicos o subjetivos (utilizando consumidores).

La importancia de la sensorialidad en el pan ya se pone de manifiesto en el Código Alimentario español (Decreto 2484/1967), en el cual se hace referencia a algunas características que debe cumplir dicho producto, y en las referencias a criterios sensoriales que deben cumplir los panes que se acogen a las diferentes Indicaciones Geográficas Protegidas y Denominaciones de Origen del pan y que aparecen recogidos en los respectivos pliegos de condiciones.

La calidad sensorial del pan se muestra como un aspecto fundamental dentro de la calidad global del producto, por lo que la medida de esta será el objetivo de este capítulo

Análisis sensorial: métodos analíticos

Para la aplicación de métodos analíticos se requiere un panel de jueces capacitados para evaluar los panes y describirlos desde un punto de vista cualitativo y cuantitativo en términos sensoriales, lo que permite establecer el perfil sensorial de los panes analizados (Kihlberg et al., 2004). Desde sus inicios, la aplicación del análisis sensorial como técnica de medida cuantitativa-descriptiva ha ido extendiéndose cada vez más en la investigación de alimentos, no siendo una excepción el pan (Heenan et al., 2008; Jensen et al., 2010; Callejo, 2011).

En el análisis sensorial descriptivo se mide o describe de manera detallada las características organolépticas de un producto. En el caso del pan, puede usarse para evaluar la influencia de los ingredientes, como puede ser el tipo de harina o calidad de la misma (Kihlberg et al., 2004; Annett et al., 2007), diferentes condiciones en el proceso productivo (Katina et al., 2006) o evaluar la vida útil del pan (Carr et al., 2006; Jensen et al., 2010).

A pesar de demostrada utilidad del análisis sensorial, no hay un método estandarizado para aplicar dicho análisis sensorial al pan, tal y como sucede en otros alimentos. En las diversas publicaciones científicas en las que se aplican pruebas descriptivas sensoriales se puede observar una gran variabilidad en los atributos sensoriales que se evalúan, en cómo se miden dichos atributos, en la escala que se usa, en los recipientes que lo contienen, en la preparación y presentación de las muestras, en el procedimiento de evaluación, etc.; prueba de ello es la revisión realizada por Callejo (2011) que plantea una comparativa de más de 15 estudios, en los cuales se observa una gran disparidad de criterios y procedimientos para evaluación sensorial del pan. La consecuencia de esta falta de homogeneidad de criterios y procedimientos hace difícil la comparación de los resultados obtenidos. Por este motivo, sería de gran utilidad la armonización de criterios para la caracterización del pan, lo que permitiría la comparación de resultados. A falta de un método estandarizado oficial, lo más acertado y coherente es basarse en las normas generales de análisis sensorial UNE-EN ISO.

Lugar de realización de las pruebas: sala de cata

Se ha demostrado que las condiciones del entorno (ruidos, iluminación, ambiente) que rodean a los catadores durante la evaluación sensorial influyen en gran medida sobre los resultados obtenidos. Es

importante, por tanto, que dichas condiciones ambientales estén normalizadas. La Norma UNE-EN ISO 8589:2010 recoge las directrices generales para la instalación de los locales destinados al análisis sensorial.

Las cabinas de cata deben estar separadas para facilitar la concentración de los catadores en la cata evitando distracciones y posibles influencias en las valoraciones de los jueces sensoriales. Las características de las cabinas están también normalizadas según la Norma UNE-EN ISO 8589:2010.

Panel de catadores

El panel de catadores es el instrumento de medida que se utiliza en la realización de un análisis sensorial (Ibáñez y Barcina, 2000), el resultado de los análisis realizados dependerá de la capacitación de sus miembros. Por este motivo, la conformación del panel de catadores debe de ser cuidadosa, y ha de tenerse en cuenta que conlleva un coste en recursos y tiempo.

En la primera fase, se realiza un reclutamiento y preselección de los futuros catadores. En esta etapa se valoran desde las aptitudes innatas sensoriales (pruebas de reconocimiento de sabores básicos y olores, entre otras), además de valorar la disponibilidad, el interés y la capacidad para describir y comunicar de los candidatos. Meilgaard et al. (1999) proponen diferentes test olfativos, gustativos y de textura para esta etapa de preselección, así como pruebas para valorar la destreza en el uso de escalas y cuestionarios específicos para diferentes tipos de paneles. En esta etapa se descartan aquellos candidatos que no presenten los criterios mínimos de aptitud y/o aquellos que presenten alguna discapacidad sensorial que les impida cumplir su cometido (augesia, anosmia, daltonismo, etc.).

En una segunda fase, se procede a realizar un entrenamiento general con los seleccionados. Se trabaja con sabores básicos, para mejorar los umbrales de detección y cuantificación, y se realizan pruebas visuales, olfativas y de textura. En esta fase se trabaja la memoria sensorial, los catadores se familiarizan con el vocabulario sensorial, mejoran su capacidad descriptiva e interiorizan los procedimientos a seguir para una adecuada evaluación sensorial.

En la última fase, el entrenamiento específico, se trabaja y desarrolla la capacidad analítica sensorial sobre el producto en cuestión, en este caso, el pan.

El panel de catadores con el que se trabaja actualmente está formado por 13 catadores, los cuales entrenaron durante 1.5 – 2 horas a la semana durante 6 meses. El panel de catadores tiene que funcionar como un equipo analítico y, por lo tanto, el panel debe ser repetible y reproducible. Periódicamente, se realizan pruebas para identificar desviaciones en las valoraciones.

Ficha de cata

La ficha de cata contiene los atributos sensoriales usados por el panel entrenado para describir la calidad del pan. Estos atributos se clasifican en cuatro grupos: atributos de apariencia, atributos de olor, atributos de textura (táctiles en mano y en boca), atributos de sabor y aroma. El orden de valoración de los grupos de atributos sigue el orden natural de degustación de un alimento.

Para el desarrollo de la ficha de cata se siguen los criterios establecidos por la Norma UNE 87027:1998 de análisis sensorial. El desarrollo de la ficha de cata comienza con varias sesiones para la generación libre e individual por parte de cada catador, de descriptores basándose en panes con diferentes características. En esta fase se genera un gran número de términos descriptivos. Posteriormente se realiza un cribado de términos eliminando términos hedónicos, repetidos, sinónimos y/o no apropiados.

Debido al gran número de descriptores que se generan, en la siguiente fase los catadores evalúan la importancia de cada descriptor, y se hace una primera reducción utilizando técnicas estadísticas que se

basan en la relación entre la frecuencia con la que se cita un descriptor y la intensidad con que es percibido por los panelistas. Así, los descriptores poco mencionados, pero con una intensidad media alta, son seleccionados y, de la misma manera, quedan seleccionados aquellos que los catadores mencionan frecuentemente, pero la intensidad percibida es baja. Una vez que se realiza esta primera reducción en el número de descriptores, se aplica un análisis multivariante y de análisis de la varianza para reducir aún más el número de términos. El número de términos seleccionados finalmente es 24 descriptores que son los que componen la ficha de cata.

Una vez establecidos los descriptores sensoriales se selecciona el tipo de escala para cuantificar cada uno (10 cm) y se seleccionan las referencias a utilizar para los puntos de la escala para que todos los catadores emitan sus valoraciones basándose en las mismas referencias. Los descriptores con sus respectivas referencias conforman la ficha de cata, y permiten establecer el perfil sensorial de los diferentes panes.

Perfil sensorial

Los atributos sensoriales se agrupan en atributos de apariencia o visuales, atributos de olor, atributos de textura y atributos de sabor y aroma.

Los atributos de apariencia o visuales incluyen la valoración de forma, tamaño, de las características de la miga y de la corteza del pan. Estos atributos visuales vienen determinados entre otros factores por el tipo de harina empleado, tiempos y características de la fermentación, amasado y por el grado y tipo de horneado. Otros pueden ser debidos a reacciones de Maillard.

Los atributos de olor, producidos por sustancias volátiles aromáticas presentes en el pan, tanto en la miga como de la corteza, son valorados por vía nasal directa. Además de olores que puedan caracterizar las diferentes variedades de pan, en la fase nasal pueden detectarse defectos. Se han detectado muchas sustancias aromáticas en diferentes variedades de pan (Grosch y Schieberle, 1997; Poinot et al., 2008).

Los atributos de textura son aquellos que se valoran a través de receptores táctiles presentes en la mano y en la boca. La textura de la miga y de la corteza está fuertemente relacionada con la percepción de frescura del pan y es un factor determinante en la aceptación del pan y, por lo tanto, de la vida útil de éste. Los atributos de textura están influenciados por el tamaño y estructura de los alvéolos que vienen determinados por la cantidad y calidad del gluten (Callejo, 2011), y diferentes aspectos relacionados con el proceso de elaboración.

Los atributos de sabor y aroma comprenden la cuantificación de los sabores básicos y de la percepción de los diferentes compuestos volátiles presentes en el pan y percibidos vía retronasal. El aroma es un parámetro de calidad muy importante en pan, y, muchos de los compuestos responsables del aroma del pan tienen como origen en la fermentación de la levadura (Heitmann et al., 2017).

Finalmente se valora la persistencia en el tiempo de sabores y aromas.

Todos los atributos se valoran sobre una escala hedónica no estructurada de 10 cm.

Muestras

Las muestras que se presentan a los catadores para su valoración son anónimas, se codifican con tres dígitos establecidos al azar. El tamaño de las muestras es homogéneo para todos los catadores y sesiones.

Análisis sensorial: métodos hedónicos

Desde el punto de vista del consumidor, la calidad sensorial es uno de los factores más importantes para la aceptación de un producto, siendo la percepción de frescura un factor determinante en la elección y aceptabilidad del consumidor, aunque no es tarea fácil definirla debido a su variación entre diferentes tipos de panes. La percepción de la frescura es un proceso complejo en el cual interaccionan la percepción sensorial de apariencia, olor, sabor y textura. Además, la percepción individual de la frescura puede estar influenciada por factores sociales, demográficos y experiencias previas (Heenan et al., 2008).

La pérdida de frescura del pan hace que su vida útil sensorial disminuya, y está correlacionada con la evolución en el tiempo de los parámetros de textura (Lassoued et al., 2008 y Poinot et al., 2008).

Lugar de realización de las pruebas

Los test hedónicos se pueden llevar a cabo en diferentes localizaciones; Meelgaard et al. (1999) los clasifica en test de laboratorio, test en locales centrales y test en el hogar. La ventaja de los test de laboratorio es que se pueden controlar minuciosamente las condiciones de consumo, pero, en contraposición, no se reproducen las condiciones normales de consumo. Los test en el hogar son los más adecuados para reproducir las condiciones habituales de consumo, pero tienen como desventaja que se pierde el control sobre las condiciones del test. Finalmente, y no por ello menos importantes, los test en locales centrales es una opción intermedia entre los dos anteriores. En nuestro caso se realizan test de laboratorio, lo que permite controlar perfectamente las condiciones en las que se lleva a cabo el test.

Ficha de valoración hedónica: cuestionario para el consumidor

El consumidor, al contrario de lo que sucede con el catador entrenado, no tiene conocimientos sobre análisis sensorial. Debido a esta limitación al consumidor, se le pide que indique el grado de aceptación del pan a nivel de aspecto, olor, sabor, textura, frescura y en global. Dichas valoraciones se ejecutan usando una escala estructurada de 9 puntos (1-me disgusta muchísimo, 2-me disgusta mucho, 3-me disgusta, 4-me disgusta ligeramente, 5-ni me gusta ni me disgusta, 6-me gusta ligeramente, 7-me gusta, 8-me gusta mucho, 9-me gusta muchísimo). Además, entre otras cuestiones, es muy frecuente plantear cuestiones sobre la preferencia e intención de consumo frente a los productos probados. Estos datos permiten establecer tanto niveles de aceptación como ranking de preferencia para los diferentes tipos de pan. Resumiendo, con estas pruebas se busca conocer la reacción subjetiva de los consumidores frente al pan, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere a otro (Briz y García, 2004).

Muestras

Las muestras, al igual que con el panel entrenado, se presentan anónimamente y codificadas con tres dígitos establecidos al azar. El tamaño de las muestras debe de ser homogéneo para todos los consumidores.

Bibliografía

- Annett, L. E., Spaner, D., & Wismer, W. V. (2007). Sensory profiles of bread made from paired samples of organic and conventionally grown wheat grain. *Journal of food science*, 72(4): S254-S260.
- Decreto 2484/1967, de 21 de septiembre, por el que se aprueba el texto del Código Alimentario Español. BOE nº 248, 17/10/67. Madrid, España.
- Briz, J. & García, F. (2004). Análisis sensorial de productos alimentarios. Metodología y aplicación a casos prácticos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
-

- Callejo, M.J. (2011). Present situation on the descriptive sensory analysis of bread. *Journal of Sensory Studies*, 26(4): 255-268.
- Capel J.C. (1991). *Elaboración, Formas, Mitos, Ritos y Gastronomía, seguido de un Glosario de los Panes de España*. Ed. Montserrat Mateu Taller Editorial.
- Carr, L. G. et al. (2006). Physical, textural and sensory characteristics of 7-day frozen part-baked French bread. *LWT-Food Science and Technology*, 39(5): 540-547.
- Castro, X. (2010). *Yantares gallegos: historia de la dieta atlántica*. Ed. Universidade de Santiago de Compostela, Servizo de Publicacións e Intercambio Científico, 2010.
- Gil, A. & Serra, L. (2009). *Libro blanco del pan*. Ed. Panamericana.
- Grosch, W. & Schieberle, P. (1997). Flavor of cereal products—a review. *Cereal Chemistry*, 74(2): 91-97.
- Heenan, S.P., Dufour, J.P., Hamid N., Harvey, W., Delahunty, C.M. (2008). The sensory quality of fresh bread: Descriptive attributes and consumer perceptions. *Food research international*, 41(10): 989-997.
- Heitmann, M., Zannini, Z., Axel, C. & Arendt, E. (2017). Correlation of Flavor Profile to Sensory Analysis of Bread Produced with Different *Saccharomyces cerevisiae* Originating from the Baking and Beverage Industry. *Cereal Chemistry*, 94(4): 746-751.
- Ibáñez, F.C. & Barcina, Y. (2000). *Análisis sensorial de los alimentos. Métodos y aplicaciones*. Ed. Springer.
- Jensen, S., Oestdal, H. & Thybo, A.K. (2010). Sensory profiling of changes in wheat and whole wheat bread during a prolonged period of storage. *Journal of Sensory Studies*, 25(2): 231-245.
- Katina, K., Heiniö, R.-L., Autio, K. & Poutanen, K. (2006). Optimization of sourdough process for improved sensory profile and texture of wheat bread. *LWT-Food Science and Technology*, 39(10): 1189-1202.
- Kihlberg, I., Johansson, L., Kohler, A. & Risvik, E. (2004). Sensory qualities of whole wheat pan bread—influence of farming system, milling and baking technique. *Journal of Cereal Science*, 39(1): 67-84.
- Lambert, J.L., Le-Bail, A., Zuniga, R., Van-Haesendonck, I., Vnzeveren, E., Petit, C., Rosell, M.C., Collar, C., Curic, D., Colic-Baric, I., Sikora, M. & Ziobro, R. (2009). The attitudes of European consumers toward innovation in bread; interest of the consumers toward selected quality attributes. *Journal of Sensory Studies*, 24(2): 204-219.
- Lassoued, N., Delarue, J., Launay, B. & Michon, M. (2008). Baked product texture: Correlations between instrumental and sensory characterization using Flash Profile. *Journal of Cereal Science*, 48(1): 133-143.
- Meilgaard, M.C., Carr, B.T., & Civille, G.V. (1999). *Sensory evaluation techniques*. Ed. CRC press.
- Norma UNE-EN ISO 8589:2010
- Norma UNE 87027:1998
- Poinot, P., Arvisenet, G., Grua-Priol, J., Colas, D., Fillonneau, C., Le Bail, A. & Prost, C. (2008). Influence of formulation and process on the aromatic profile and physical characteristics of bread. *Journal of Cereal Science*, 48(3): 686-697.
- Rodrigues, V.P. (2006). *Análise Sensorial. Estudos com Consumidores*. Ed. UFV.
-

¿Gluten, sí o no en nuestra dieta?

Gluten, yes or no in our diet?

Ricardo Daniel Estévez López

Depto. de tecnoloxía dos alimentos. Facultade de Veterinaria. Universidade de Santiago de Compostela
Rúa Carballo Calero, 0. 27001 Lugo. ricardodaniel.estevez@usc.es

Resumen En los últimos tiempos, y paralelo a los avances en el entendimiento de la enfermedad celíaca y a la mejora genética de distintas cepas de cereales y de trigo en concreto, han surgido dudas en la población general acerca de la seguridad de la ingesta de cereales que contienen gluten y sus productos en la dieta. En este contexto, es necesario proveer a la población de información veraz que ayude a comprender qué es el gluten, su seguridad y relación con la enfermedad celíaca por medio de la ciencia de la nutrición.

Palabras clave Gluten, Sistema Inmune, Prolaminas, Trigo, Cereales, Nutrición.

Abstract In recent times, and parallel to the advances in understanding celiac disease and to the genetic improvement of several cereal crops, concretely wheat, doubts about inclusion of gluten-containing cereals and their products in the diet of the general population have arisen. In this context, it is necessary to provide the population with truthful information to help understand what is gluten, its security and relationship with celiac diseases through nutrition sciences.

Key words Gluten, Immune System, Prolamines, Wheat, Cereals, Nutrition.

Contexto

El gluten, según la FAO en su Códex Alimentarius (CODEX, 2008), se define como “una fracción proteínica del trigo, del centeno, de la cebada, de la avena o de sus variedades híbridas y derivados de los mismos, que algunas personas no toleran y que es insoluble en agua y en una solución 0,5M NaCl.

El 50% del gluten está constituido por prolaminas, unas proteínas insolubles en agua, con función de reserva energética y de sustrato para la semilla del cereal y que son las principales causantes de la enfermedad celíaca. El contenido de prolaminas del gluten se puede observar en la Tabla 1.

Fracción proteica	Cereal					
	Trigo	Centeno	Cebada	Avena	Maíz	
Globulina	Edestina					
Albúmina	Leucosina					
Gluten	Prolaminas	Gliadina	Secalina	Hordeína	Avenina	Zeína
	Glutelina	Glutenina	Secalinina	Hordeinina	Avenalina	Zeanina

Tabla 1. Grupos de proteínas en los cereales (fracciones de Osborne) y su función biológica. Fuente: Esteban et al. (2010).

Goesaert et al. (2005) indican que las glutelinas del trigo también tendrían una función de almacenamiento, teniendo las globulinas y las albúminas un rol biológico estructural y metabólico.

La enfermedad celíaca, por su parte, está definida como una enfermedad sistémica autoinmune producida por la intolerancia permanente a una secuencia de aminoácidos (prolaminas tóxicas) mediada por células T. Se detecta, o bien serológicamente (principalmente mediante el anticuerpo Inmunoglobulina A anti-transglutaminasa (a-tTG-IgA)), o bien mediante biopsias de intestino delgado proximal para observar la

atrofia consecuente de la mucosa intestinal. Según sus síntomas y evolución, la celiaquía se puede presentar de cuatro formas diferentes (Vaquero et al. 2015):

- Forma típica (clásica o sintomática)
- Forma atípica (subclínica o monosintomática)
- Forma silente o asintomática y latente
- Forma clínica asociada a grupos de riesgo

La forma típica se presenta, sobre todo, en niños menores de dos años y se caracteriza por sus severas lesiones intestinales. Se genera una malabsorción nutricional, con pérdidas de proteína y grasa en heces, intolerancia a la lactosa y diarrea osmótica. Los tests serológicos son positivos y la mucosa intestinal está muy dañada y atrofiada.

La forma atípica o subclínica se presenta más tarde en el tiempo que la típica, y con una mayor levedad e intermitencia de los síntomas (cuando los hay, puesto que muchos son asintomáticos), con una repercusión nutricional menos relevante. Se observa daño en la mucosa y los tests serológicos son positivos.

La forma silente se caracteriza por cursar asintóticamente durante varios años, pero presentando atrofia de las vellosidades intestinales. Es necesario, en caso de brote, valorar los síntomas, realizar una vigilancia al paciente por medio de serología (sobre todo al remitir y reintroducir el gluten) y realizar biopsia intestinal de ser necesario. Otro tipo de celiaquía no clásica es la forma latente, en la cual el paciente presenta, o no, síntomas; pero la mucosa intestinal a raíz de una biopsia está normal y evoluciona en atrofia de vellosidades intestinales, con lo cual la vigilancia debe ser un factor a tener en cuenta. Son tipos que se presentan sobre todo en adultos.

La forma clínica asociada a grupos de riesgo se basa en la situación de personas que padecen determinadas enfermedades que preceden o se manifiestan simultáneamente a la enfermedad celíaca. Ya que la enfermedad celíaca se manifiesta con mayor frecuencia en estas personas, estamos ante grupos de riesgo. Entre estas enfermedades están la dermatitis herpetiforme, la diabetes mellitus tipo I, el déficit selectivo de IgA, el síndrome de Down, enfermedades hepáticas y tiroideas. También ser familiar de primer grado de un paciente celíaco constituye un grupo de riesgo, pues la prevalencia de celiaquía en este caso es del 10-20%, manifestándose de manera asintomática o con síntomas leves.

Paralelamente a estas formas principales de presentación de la enfermedad celíaca, también existen dos patologías asociadas al gluten: por un lado, la alergia al trigo y, por otro, una enfermedad conocida como "sensibilidad al gluten no celíaca" (NCGS) en la cual la exposición a estas prolaminas desencadena situaciones como diarrea y dolor abdominal agudo. En este caso, la enfermedad se define como una condición que, sin ser alérgica ni autoinmune, conlleva síntomas similares a los observados en enfermedad celíaca una vez que se consume gluten (Igbinedion et al., 2017). La presencia de gluten, según Igbinedion et al. (2017), provoca a su vez un cambio en la población bacteriana intestinal o disbiosis, que se ha propuesto también como mecanismo desencadenante de la sintomatología observada.

Lógicamente, la sintomatología mejora cuando se retira el gluten de la dieta y reaparece si se reintroduce. Y aunque esta condición comparte gran parte de sus biomarcadores con la enfermedad celíaca, no se identifica con atrofia o daño en las vellosidades intestinales. Esto hace que la identificación de esta sensibilidad al gluten no celíaca resulte una tarea complicada. La clave para entender esta sensibilidad al gluten podría no recaer precisamente en el gluten, sino en los fructanos, una clase de moléculas que comprende monosacáridos, disacáridos, oligosacáridos y polialcoholes fermentables (FODMAPs) por el intestino y que producirían estos síntomas (Skodje et al., 2018).

En el caso de la alergia al trigo, como todas las alergias, es una reacción de hipersensibilidad debido, en este caso, al contacto con el trigo y sus proteínas, mediada por la inmunoglobulina E. Esta reacción es bastante rápida y sucede a los pocos minutos de exposición y su prevalencia poblacional es muy baja

(0,1%) (Jiménez Ortega et al., 2016). Midiendo la inmunoglobulina en sangre, o provocando la reacción, se puede diagnosticar esta patología. Sus efectos dependen de la vía de contacto con el trigo, que puede ser digestiva, respiratoria o cutánea e incluyen urticarias, vómitos y/o diarreas y rinitis o síntomas respiratorios como puede ser el asma.

Epidemiología y consecuencias

La enfermedad celíaca está considerada como una enfermedad común (Hughey et al., 2017) y afecta actualmente desde 1 persona por cada 100 personas sanas (1:100) a 1 por cada 300 (1:300).

La celiaquía se diagnostica por medio de serología o mediante la observación y análisis clínico de la sintomatología presentada por el paciente. De todos modos, existe un cierto número de personas que son celíacos y no están diagnosticados (caso de aquellos que padecen celiaquía silente) o que, simplemente, no acuden al médico al no relacionar sus problemas con la enfermedad celíaca.

Las consecuencias de la enfermedad celíaca para la salud son múltiples y, así, se pueden citar entre las mismas las siguientes (Polanco, 2008; Rodríguez et al., 2015):

- Fisiológicas: diarrea osmótica
- Analíticas (crisis celíaca)
 - Hipoproteinemia
 - Hipoalbuminemia
 - Hipocalcemia
 - Tetania
 - Hipocalemia
- Nutricionales
 - Malabsorción intestinal
 - Déficit de vitaminas (sobre todo liposolubles)
 - Déficit de minerales (calcio, hierro, zinc)
- Observables
 - Distensión abdominal
 - Talla baja
 - Piel seca
 - Cabello sin brillo y seco
 - Irritabilidad y trastornos de conducta/ personalidad
 - Infertilidad
 - Debilidad
 - Osteoporosis
 - Embarazos con neonatos con bajo peso
 - Déficits en esmalte dentario y aftas
 - Pérdida de apetito
 - Edemas

¿Es el gluten tan malo?

En una palabra, no. El gluten es una proteína y, por tanto, posee valor nutricional y estructural. En el proceso de fabricación de pan, se mezcla harina con agua y levaduras. Durante el amasado se forma la red de gluten (siempre y cuando el cereal del que se obtiene la harina lo contenga), lo que permite atrapar el gas que se produce por la fermentación de la levadura. Posteriormente, durante la cocción, se consolida la forma otorgada al pan.

Existen una serie de cereales que contienen gluten como el trigo, centeno, cebada y avena. Otros cereales pueden ver reducido su contenido en gluten mediante selección genética, como puede ser el caso del tritordeum (Vaquero et al., 2017). Además, otros cereales como el maíz, el arroz, el trigo sarraceno, mijo, sorgo, amaranto o quinoa, no lo contienen (Bascañán et al., 2017). Por tanto, para un paciente celíaco no consumir estos cereales con gluten podría ser suficiente para conseguir una mejora sintomatológica. No obstante, muchos productos procesados contienen gluten, ya sea por mezclar cereales o partes de ellos que lo contienen, o bien por contaminación cruzada en el proceso de envasado y tratamiento (caso de la avena). La reacción al gluten depende de la persona y no existe un límite seguro al 100% (i Escarpenter y Esteban 2006); ahora bien, se ha definido producto “exento de gluten” a aquel que contiene como máximo 20 mg/kg de gluten y productos de “contenido muy reducido en gluten” a los que tienen como máximo 100 mg/kg de gluten (Reglamento de ejecución UE nº 828/2014 de la Comisión de 30 de julio de 2014) para el caso de los países de la Unión Europea. Estas declaraciones deben aparecer “muy cerca” del nombre comercial del producto.

A este respecto, el Reglamento de ejecución UE n 828/2014 (DOUE, 2014) contempla que para etiquetar a un producto en relación a su contenido en gluten se distinguen tres supuestos:

- “Productos alimenticios para personas con intolerancia al gluten, constituidos por uno o más ingredientes procedentes del trigo, el centeno, la cebada, la avena o sus variedades híbridas, que hayan sido tratados de forma especial para eliminar el gluten” (artículo 3, apartado 1). En este caso se establece una obligatoriedad de no superar los 100 mg/kg de gluten para permitir su venta a celíacos. También, se contempla exhibir la etiqueta “exento de gluten” si estos productos no superan los 20 mg/kg de gluten.
- “La avena contenida en alimentos para personas con intolerancia al gluten debe ser producida, preparada o tratada de forma especial para evitar la contaminación por el trigo, el centeno, la cebada, o sus variedades híbridas” (artículo 3, apartado 3). En este supuesto la presente regulación no permite niveles de gluten superiores a 20 mg/kg.
- “Los productos alimenticios para personas con intolerancia al gluten constituidos por uno o más ingredientes que sustituyan el trigo, el centeno, la cebada, la avena o sus variedades híbridas” (artículo 3, apartado 4). En esta última opción, el contenido en gluten no debe superar los 20 mg/kg, debiendo llevar así mismo la etiqueta “exento de gluten”.

El Códex Alimentarius de la FAO (CODEX, 2008) contempla como límite seguro superior los 20 mg/kg en productos sin gluten para evitar cualquier tipo de reacción adversa. Sin embargo, el riesgo cero no existe y la variabilidad interindividual de la sensibilidad al gluten trae consigo que, incluso las trazas cuantitativamente más bajas de gluten, representen un riesgo para pacientes celíacos.

Además, el hecho de que un producto sea catalogado como “sin gluten” no exime de su posible contaminación a posteriori (o incluso dentro del propio proceso productivo). A este respecto Bustamante et al. (2017) mencionan que, si bien se ha reducido bastante la contaminación cruzada en alimentos libres de gluten, sigue siendo un problema preocupante, puesto que en el periodo de 2013 a 2016, tras realizar un análisis de muestras de distintos grupos de alimentos el más afectado, los cereales de desayuno catalogados como “sin gluten”, mostraba que un 33% de las muestras presentaban un contenido entre 20 y 100 mg/kg de gluten y otro 33% adicional de las muestras presentaban un contenido superior a 100 mg/kg. Ello parece indicar que existía contaminación cruzada de estos alimentos, lo cual puede llegar a ser perjudicial para el celíaco.

Un aspecto relevante al hablar de dieta en celíacos es la calidad de vida. El hecho de elegir productos sin gluten, a pesar de que actualmente proliferan puntos de venta donde conseguirlos, representa una labor tediosa y dura para el enfermo celíaco, quien debe mantener una vigilancia elevada frente a los diversos alimentos que puedan contener gluten, ya sea naturalmente presente o bien por posible contaminación cruzada. A este respecto, Wolf et al. (2018) reportan una disminución de la calidad de vida por parte de los enfermos celíacos, debido a la extrema vigilancia que deben mantener o al bajo nivel energético alcanzado

en algunos casos. Esta calidad de vida se mide en conceptos como estados emocionales negativos (depresión), percepción de sentirse limitados cuando comen, viajan o socializan con otras personas, preocupaciones sobre los efectos a largo plazo de la dieta libre de gluten sobre la salud o la disponibilidad relativa de opciones de tratamiento para su enfermedad.

Otra cuestión relevante derivada del tratamiento dietético de la enfermedad celíaca reside en el alto coste de los productos naturales o procesados sin gluten, siendo estos últimos los más caros y que impiden o dificultan según el estrato social el acceso universal a estos productos (Missbach et al., 2015). La Federación de Asociaciones de Celíacos de España (FACE) también ha emitido informes periódicos relativos al coste de los productos sin gluten en España (el último en 2018), comparándolos con sus análogos con gluten, y de nuevo se refleja esta situación de desigualdad económica (FACE, 2018). No sólo en el entorno doméstico resulta caro comer sin gluten, sino que a la hora de comer fuera de casa este aumento de costes se refleja también en el precio de los menús sin gluten de los restaurantes. El factor económico es sólo uno de los diversos factores que influyen en la adherencia al tratamiento dietético del enfermo celíaco.

En la Tabla 2, con información extraída del estudio de Wolf et al. (2018), se puede apreciar los factores que impiden y factores que facilitan la adherencia.

Factores que impiden adherencia a dieta sin gluten	Explicación
<i>Comer fuera de casa</i>	
Riesgo de contaminación cruzada	En el entorno del plato servido hay productos con gluten (pan, por ejemplo) que pueden contaminarlo
Menús sin gluten poco fiables	A pesar de que los menús se anuncian como sin gluten, los comensales se ponen enfermos o claramente se ven productos con gluten en el plato
Necesidad de preparación previa	El hecho de estar siempre en alerta y preguntando por el origen de los productos, o educando sobre la enfermedad, sobre todo en público, causa fatiga
Elecciones limitadas sin gluten	La falta de opciones alimenticias puede alienar al consumidor celíaco, que se siente impotente
Personal poco informado	Desconocimiento de herramientas o procesos que pueden causar contaminación cruzada por el personal del establecimiento
Poca seriedad a la hora de ofrecer comida sin gluten	Se piensa que la dieta sin gluten es una moda y se ofrece a gente que no la necesita, y por tanto existe una sensación por parte del enfermo celíaco de desconfianza e incomprensión por parte del establecimiento
<i>Productos sin gluten</i>	
Dificultad para encontrar alimentos concretos	Ciertos productos sin gluten no poseen la calidad de sus análogos con gluten (por ejemplo, el pan). Algunas categorías de productos resultan imposibles de encontrar para el celíaco (por ejemplo, helados)
Aumento de costes en productos sin gluten	Muchos productos sin gluten pueden multiplicar el coste de sus análogos con gluten
Vacios en materia de leyes de etiquetado o ausencia de las mismas	En algunas regiones puede no existir legislación que facilite la identificación de productos sin gluten o esta es confusa.
Necesidad de determinar gluten en fármacos o productos de aseo	Sensación de dificultad para identificar fármacos o productos de aseo sin gluten, y miedo ante la posibilidad de que lo contengan, sobre todo en espacios públicos
Productos sin gluten no saludables	Muchos productos sin gluten pertenecen a la categoría de ultraprocesados y de poca calidad nutricional. Sensación de dificultad para alcanzar un buen estado nutricional.
Productos sin gluten poco palatables	Los restaurantes sirven comida sin gluten sin sazonar, descuidando las características sensoriales que es necesario adquirir en los mismos durante el cocinado
<i>Facilitadores que ayudan a la adherencia a la dieta sin gluten</i>	
Apoyo de amigos y familiares	En el entorno cercano al celíaco no existen productos con gluten por solidaridad o se ayuda al enfermo con la hipervigilancia frente al gluten (preguntas, compras...)
Acceso a productos sin gluten	Con el tiempo aparecen nuevos productos sin gluten que antes no existían, equiparando la oferta disponible a productos con gluten
Cocinar en casa frente a comer fuera de casa	Sensación de seguridad por parte del celíaco al controlar, él o su entorno, el proceso de cocinado y con productos sin gluten

Tabla 2. Factores que impiden vs. factores que facilitan la adherencia a la dieta sin gluten (GFD)

Disponibilidad de restaurantes con opciones de menú sin gluten	Existe una mayor oferta de platos en los menús sin gluten, con productos como pizzas o hamburguesas, que anteriormente no existían
Mejoras en el conocimiento general y conciencia sobre la enfermedad	Gracias a la información disponible que va en aumento, la población entiende mejor la enfermedad celíaca y comprende mejor a los enfermos y sus necesidades.
Aplicaciones informáticas y sitios web de ayuda	Existen bases de datos de productos sin gluten o incluso aplicaciones o asistentes informáticos que permiten obtener información sobre el gluten presente en un producto desde el móvil, tablet o PC
Mejoras en etiquetado alimentario	Las nuevas leyes introducen declaraciones obligatorias u opcionales en etiquetado de alimentos sobre presencia de gluten o las alergias más comunes
Centros para celíacos o de apoyo a grupos	Conocer a otras personas afectadas por la enfermedad celíaca, educar sobre celiaquía en el sistema educativo o contar con el apoyo de nutricionista contribuye a aumentar la calidad de vida del paciente
Tener otros familiares que padezcan enfermedad celíaca	El hecho de que más miembros de la familia estén afectados por celiaquía facilita la comprensión de la enfermedad y aumenta el acceso de opciones alimentarias sin gluten

Tabla 2 (continuación). Factores que impiden vs. factores que facilitan la adherencia a la dieta sin gluten (GFD)

¿Apoyo científico para la gluten-free diet (GFD) en no celíacos?

Dicho de manera sencilla, no. No existe evidencia científica suficiente para apoyar la GFD en pacientes no celíacos. No existen pruebas científicas claras sobre los beneficios de la misma para la salud respecto a los que puede tener una dieta con gluten.

Actualmente no existe evidencia de beneficios para síndrome metabólico o enfermedad cardiovascular distintos a los que se reportan para dieta con gluten en personas no celíacas (Emilsson y Semrad, 2017).

Tampoco parece que una dieta libre de gluten mejore o empeore el perfil cardiovascular en los propios pacientes celíacos (Zanini et al., 2013), lo cual no da pie a una eventual adopción por parte de no celíacos.

¿Dónde está el problema? En que los seguidores de la GFD-no celíacos suelen preocuparse más por su salud (ejercicio físico, más verdura...) y, por tanto, los resultados de los estudios son difícilmente comparables (si se observasen mejoras de salud en GFD en no celíacos respecto a individuos que siguen dieta con gluten, podría ser debido a estos factores de sesgo). Por tanto, se necesitan más estudios al respecto y mejor controlados.

Actualmente la dieta sin gluten debe ser objeto de más investigaciones en cuanto a posibles déficits nutricionales que pueda causar. Esto es debido a que algunos estudios revelan que algunos nutrientes están disminuidos en pacientes celíacos que siguen una dieta sin gluten. Esto es porque los alimentos sin gluten no contienen en suficiente cantidad estos nutrientes, o no están fortificados como sus análogos con gluten (Kupper, 2005), o por problemas de absorción por parte de los celíacos debido al daño generado por la enfermedad en los ribetes en forma de cepillo de la mucosa intestinal, tal como sugieren Bona et al. (2002). A este respecto un estudio de Sheperd et al. (2013) en pacientes celíacos australianos, refleja que ciertos nutrientes como tiamina, folatos o magnesio están disminuidos en relación a la media poblacional, sobre todo al principio del diagnóstico. Estos valores disminuidos se pueden corregir mediante intervención nutricional, pero aún con un buen planteamiento dietético, y llevando un tiempo realizando la dieta, estos valores podrían no alcanzar los valores medios en población no celíaca, o los requerimientos mínimos vitamínicos y minerales. Sin embargo, faltan referencias para algunos nutrientes y en cuestión de comparativa por sexos, por tanto, esta información es poco fiable. En cualquier caso, parece que una dieta sin gluten no está tan alejada nutricionalmente hablando de una dieta con gluten y los estudios que analizan esta cuestión a menudo tienen problemas metodológicos que futuras investigaciones deben corregir.

En cuanto a los pacientes no celíacos que siguen una dieta sin gluten, es una incógnita saber cómo les podría afectar nutricionalmente el seguimiento de una dieta sin gluten al margen de lo expuesto anteriormente para enfermedades crónicas, pero con un buen planteamiento nutricional realizado por un dietista-nutricionista se podría gozar de buena salud. Cualquier deficiencia nutricional debería analizarse de manera individual y corregirse por medio de la acción de un profesional de la dietética y la nutrición en colaboración con otros sanitarios, tal como sucede habitualmente.

Otra cuestión que podría resultar clave en el diagnóstico celíaco es conocer si la exposición al gluten de manera temprana o tardía influye en el desarrollo de alergia al gluten o celiaquía. Por un lado, Chmielewska et al. (2017) indican, en una revisión sistemática hasta julio de 2015, que introducir gluten a temprana edad podría reducir el riesgo de sensibilización posterior al mismo, pero no el riesgo de padecer esta alergia, lo cual quiere decir que se desarrollaría de igual modo.

Por otro lado, en el caso de riesgo de desarrollo de enfermedad celíaca, Szajewska et al. (2015) en una revisión sistemática, y posterior metaanálisis, señalan que el tiempo de introducción al gluten en la dieta del infante no influye en el riesgo de desarrollar enfermedad celíaca; y otra revisión y metaanálisis de Pinto-Sánchez et al. (2016) revelan que, si bien una introducción temprana del gluten no parece tener influencia en el riesgo de desarrollo de celiaquía, la introducción tardía sí parece aumentarla. Ambos autores señalan la necesidad de nuevos estudios que se realicen en pacientes de bajo riesgo de desarrollar enfermedad celíaca, así como que controlen diversos factores de confusión al respecto. Finalmente, una revisión sistemática de Silano et al. (2016) señala nuevamente que no existe evidencia firme, actualmente, para evitar el gluten o introducirlo tardíamente en infantes, destacando la ausencia de efecto de la introducción tardía de gluten sobre el riesgo de padecer enfermedad celíaca.

En todo caso, la totalidad de los autores consultados subrayan que la evidencia de la influencia del gluten o el trigo sobre el riesgo de desarrollo de enfermedad celíaca o alergia al trigo, respectivamente, es muy limitada y se precisa de nuevos estudios sobre el tema.

En conclusión: si una persona no padece trastornos asociados a la ingesta de gluten no tendría motivos para dejar de tomarlo, ya que restringirá sus opciones alimentarias y, por tanto, le resultará más complicado realizar la compra, comer equilibradamente y, posiblemente, desarrolle problemas derivados de la hipervigilancia frente al gluten

Solución

Para abordar la problemática sobre el gluten, primeramente, se ha de dejar de consumir alimentos con gluten sólo si se padece la enfermedad, sino se están limitando las opciones de alimentación y será más difícil elaborar una dieta saludable.

Se deben realizar chequeos médicos ante cualquier duda o síntoma. Como se ha podido constatar, ciertas variantes de la enfermedad celíaca cursan sin síntomas explícitos, pero tienen la posibilidad de manifestarse súbitamente. Incluso, pueden confundirse los síntomas de la enfermedad celíaca con otro tipo de trastorno, como síndrome de colon irritable o sensibilidad al gluten no celíaca. A este respecto, se debería de consultar tanto con un médico como con un nutricionista las distintas posibilidades que se pueden adoptar en relación a una dieta sin gluten y también para recibir educación sobre aquellos alimentos que contienen y que no contienen gluten.

En la Tabla 3 se pueden observar distintos tipos de productos sin gluten que se pueden consumir sin temor siempre que no exista contaminación cruzada.

Se debe tener también cuidado con los alimentos procesados o ultraprocesados por parte de la industria alimentaria, puesto que pueden ser focos de contaminación cruzada con gluten (pizzas, potajes de

microondas, comida precocinada, en general). Además, la calidad nutricional de estos alimentos es bastante baja, con excesos de azúcares o ácidos grasos saturados de cadena larga.

Alimentos sin gluten	Alimentos con gluten
Frutas	Trigo
Verduras	Espelta
Legumbres	Kamut (o trigo khorasan)
Lácteos naturales	Cebada
Carnes	Centeno
Pescados	Avena (aunque puede venir certificada como exenta de gluten)
Arroz	Triticale
Quinoa	
Amaranto	
Teff	
Maíz	
Mijo	
Sorgo	
Trigo sarraceno o alforfón	
Avena (certificada como exenta de gluten)	
Aceites (salvo extraídos de alimentos con gluten o que llevan estos alimentos de ingredientes)	
Semillas (como lino, sésamo o girasol; salvo las de cereales con gluten)	

Tabla 3. Alimentos con y sin gluten. Fuentes: Molina-Rossell (2012); Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN) (2018); Federación de Asociaciones de Celíacos de España (FACE) (2018); Celiac Disease Foundation (2018).

Por suerte, con el avance tecnológico comienza a haber aplicaciones que permiten saber, por ejemplo, si un restaurante tiene opciones sin gluten o son respetuosos con otros tipos de alergias e intolerancias alimentarias; como por ejemplo “Facemovil”, desarrollada para dispositivos móviles por la Federación de Asociaciones de Celíacos de España (FACE), o “Gluten free on the move” desarrollada por la organización Coeliak UK.

Y, finalmente, observar los sellos presentes en los productos que consumimos, los cuales según la normativa vigente son de carácter voluntario para las compañías productoras. Entre estos sellos están el de la Asociación de Sociedades Europeas de Celíacos (AOECS), el de la FACE o el sello SIN GLUTEN de la empresa Mercadona.

Bibliografía

- Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN) (2018). Celíacos. Disponible en: http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/web/para_el_consumidor/ampliacion/celíacos.htm [acceso: 15-03-2018].
- Bascuñán, K. A., Vespa, M. C., & Araya, M. (2017). Celiac disease: understanding the gluten-free diet. *European journal of nutrition*, 56.2: 449-459.
- Bona, G., Marinello, D., & Oderda, G. (2002). Mechanisms of abnormal puberty in coeliac disease. *Hormone Research in Paediatrics*, 57(Suppl. 2), 63-65.
- Bustamante, M. Á., Fernández-Gil, M. P., Churruga, I., Miranda, J., Lasa, A., Navarro, V., & Simón, E. (2017). Evolution of gluten content in cereal-based gluten-free products: An overview from 1998 to 2016. *Nutrients*, 9(1), 21.

- Celiac Disease Foundation (2018). What is gluten?. Disponible en: <https://celiac.org/live-gluten-free/glutenfreediet/what-is-gluten/> [acceso: 15-03-2018].
- Chmielewska, A., Pieścik-Lech, M., Shamir, R., & Szajewska, H. (2017). Systematic review: Early infant feeding practices and the risk of wheat allergy. *Journal of Paediatrics and Child Health*, 53.9: 889-896
- CODEX (2008). Codex Alimentarius. Codex Standard for foods for special dietary use for persons intolerant to gluten. Revised 2008. CODEX Stan 118-1979. Disponible en: http://www.codexalimentarius.net/download/standards/291/cxs_118e.pdf [acceso: 15-03-2018].
- DOUE (2014) Reglamento de Ejecución (UE) n° 828/2014 de la Comisión de 30 de julio de 2014 relativo a los requisitos para la transmisión de información a los consumidores sobre la ausencia o presencia reducida de gluten en los alimentos. DOUE (Diario Oficial de la Unión Europea), L 228/5 31/7/14. Bruselas, Bélgica.
- Emilsson, L., & Semrad, C. E. (2017). Obesity, Metabolic Syndrome, and Cardiac Risk Factors: Going Gluten-Free, for Better or Worse?. *Digestive diseases and sciences*, 62.9: 2215-2216
- Esteban, M. M., Palomar, J. C., Sáez, A. C., Bermudo, A. M., & Santos, I. P. (2010). Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) en relación con la enfermedad celíaca y los problemas que plantean las técnicas analíticas para el control del contenido de gluten en los alimentos. *Revista del Comité Científico de la AESAN*, (12), 63-78.
- Federación de Asociaciones de Celíacos de España (FACE) (2018). Informe de precios sobre el incremento de la cesta de la compra de las personas celíacas. Disponible en <https://www.celiacos.org/images/pdf/informe-de-precios-2018.pdf> [acceso: 15-03-2018].
- Goesaert, H., Brijis, K., Veraverbeke, W. S., Courtin, C. M., Gebruers, K., & Delcour, J. A. (2005). Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trends in food science & technology*, 16(1-3), 12-30.
- Hughey, J. J., Ray, B. K., Lee, A. R., Voorhees, K. N., Kelly, C. P., & Schuppan, D. (2017). Self-reported dietary adherence, disease-specific symptoms, and quality of life are associated with healthcare provider follow-up in celiac disease. *BMC gastroenterology*, 17.1: 156.
- i Escarpenter, F. C., & Esteban, M. M. (2006). Dictamen del Comité Científico de la AESA sobre el nivel de seguridad de prolaminas en alimentos sin gluten, en relación con la recidiva de pacientes celíacos. *Revista del Comité Científico de la AESAN*, (4), 59-64.
- Igbinedion, S. O., Ansari, J., Vasikaran, A., Gavins, F. N., Jordan, P., Boktor, M., & Alexander, J. S. (2017). Non-celiac gluten sensitivity: All wheat attack is not celiac. *World journal of gastroenterology*, 23(40), 7201.
- Jiménez Ortega, A. I., Martínez García, R. M., Quiles Blanco, M. J., Naji, M. A., Abdel, J., & González Iglesias, M. J. (2016). Enfermedad celíaca y nuevas patologías relacionadas con el gluten. *Nutrición Hospitalaria*, 33, 44-48.
- Kupper, C. (2005). Dietary guidelines and implementation for celiac disease. *Gastroenterology*, 128(4), S121-S127.
- Missbach, B., Schwingshackl, L., Billmann, A., Mystek, A., Hickelsberger, M., Bauer, G., & König, J. (2015). Gluten-free food database: the nutritional quality and cost of packaged gluten-free foods. *PeerJ*, 3, e1337.
- Molina-Rosell, C. (2012). Alimentos sin gluten derivados de cereales. *OmniaScience Monographs*.
- Pinto-Sánchez, M. I., Verdu, E. F., Liu, E., Bercik, P., Green, P. H., Murray, J. A., & Moayyedi, P. (2016). Gluten introduction to infant feeding and risk of celiac disease: systematic review and meta-analysis. *The Journal of pediatrics*, 168, 132-143.
- Polanco, I (2008). Libro Blanco de la Enfermedad Celíaca. Grupo Imagen y Comunicación Multimedia, S.L. Madrid, España.
- Rodríguez, C. C., Jaime, B. E., & Rasco, M. G. (2015). Enfermedad celíaca. *PediatríaIntegral*, 102.
- Silano, M., Agostoni, C., Sanz, Y., & Guandalini, S. (2016). Infant feeding and risk of developing celiac disease: a systematic review. *BMJ open*, 6(1), e009163.
- Skodje, G. I., Sarna, V. K., Minelle, I. H., Rolfsen, K. L., Muir, J. G., Gibson, P. R., & Lundin, K. E. (2018). Fructan, rather than gluten, induces symptoms in patients with self-reported non-celiac gluten sensitivity. *Gastroenterology*, 154(3), 529-539.
- Szajewska, H., Shamir, R., Chmielewska, A., Pieścik-Lech, M., Auricchio, R., Ivarsson, A., & Ribes-Koninckx, C. (2015). Systematic review with meta-analysis: early infant feeding and coeliac disease—update 2015. *Alimentary pharmacology & therapeutics*, 41(11), 1038-1054.
- Vaquero, L., Alvarez-Cuenllas, B., Rodríguez-Martín, L., Aparicio, M., Jorquera, F., Olcoz, J. L., & Vivas, S. (2015). Revisión de las patologías relacionadas con la ingesta de gluten. *Nutrición Hospitalaria*, 31.6: 2359-2371
- Vaquero, L., Comino, I., Vivas, S., Rodríguez-Martín, L., Giménez, M. J., Pastor, J., & Barro, F. (2017). Tritordeum: a novel cereal for food processing with good acceptability and significant reduction in gluten immunogenic peptides in comparison with wheat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.

- Wolf, R. L., Lebwohl, B., Lee, A. R., Zybert, P., Reilly, N. R., Cadenhead, J., & Green, P. H. (2018). Hypervigilance to a Gluten-Free Diet and Decreased Quality of Life in Teenagers and Adults with Celiac Disease. *Digestive diseases and sciences*, 1-11.
- Zanini, B., Mazzoncini, E., Lanzarotto, F., Ricci, C., Cesana, B. M., Villanacci, V., & Lanzini, A. (2013). Impact of gluten-free diet on cardiovascular risk factors. A retrospective analysis in a large cohort of coeliac patients. *Digestive and Liver Disease*, 45.10: 810-815

¿Hay alternativa en Galicia para celíacos?

Are there any alternatives for coeliacs in Galicia?

Ramón Moreira

Depto. Enxeñaría Química. Escola Técnica Superior de Enxeñaría. Universidade de Santiago de Compostela. Rúa Lope Gómez de Marzoa s/n. Campus Vida 15782. Santiago de Compostela
ramon.moreira@usc.es

Resumen Los celíacos necesitan seguir una dieta rigurosa sin gluten. Los productos derivados de las harinas sin gluten tradicionales (arroz, maíz y patata) presentan, en muchos casos, deficientes características nutricionales y bajos contenidos en componentes bioactivos. La búsqueda de nuevas harinas alternativas y aditivos que mejoren estas propiedades es primordial para conseguir una dieta celiaca más saludable. La castaña (*Castanea sativa*), como producto autóctono de Galicia, presenta unas propiedades interesantes desde el punto de vista nutricional y capacidad antioxidante para la producción de harina. Las propiedades de amasado indican que es necesaria la adición de goma guar para obtener masas miméticas a las de trigo para la obtención de galletas. La reología de las masas durante el horneado permite la determinación de las transiciones del almidón (gelatinización, disociación de complejos y biopolímeros) en función de la temperatura que son responsables de la textura final del producto. Por último, se indican diferentes posibilidades para la mejora de las propiedades antioxidantes de los productos horneados sin gluten mediante la adición de diferentes aditivos de origen agrícola o marino.

Palabras clave Actividad Antioxidante, Aditivos, Castaña, Reología, Viscoelasticidad.

Abstract Coeliac people must follow a rigorous gluten-free diet. Products made from common gluten-free flours (rice, corn, potato) show, in many cases, lacks in nutritional characteristics and bioactive compounds content. The improvement of these properties by means of the use of new flours and additives is basic to achieve a healthy coeliac diet. Chestnut (*Castanea sativa*), a traditional Galician crop, shows interesting nutritional and antioxidant properties in order to flour manufacturing. The kneading properties indicate the guar gum addition is necessary to obtain wheat mimetic doughs for cookies production. The monitoring of dough rheology during baking operation allows the determination of the starch transitions (gelatinization, complex breaking and biopolymers melting) at different temperatures that modify the textural characteristics of the final product. Finally, the current trends for the antioxidant properties improvement of gluten-free products by means of agricultural or marine additives are shown.

Key words Antioxidant Activity, Additives; Chestnut, Rheology, Viscoelasticity.

Hay alternativas en Galicia para los celíacos?

La enfermedad celíaca (EC) es un desorden autoinmune causado por una intolerancia genética al gluten presente en algunos cereales como el trigo, cebada o centeno, entre otros. La presencia de esta proteína en la alimentación de una persona con EC provoca una reacción inflamatoria en la mucosa del intestino delgado que, entre otros síntomas, dificulta la absorción de nutrientes (proteínas, ácido fólico, minerales como hierro y calcio, etc.). Se estima que, en Europa, la prevalencia de la EC ronda el 1% de la población, variando según el país, a pesar de que se considera que una parte importante de pacientes está sin diagnosticar (Mustalahti et al., 2010). Esto se debe a que únicamente una pequeña parte presenta la sintomatología considerada en una diagnosis clásica.

Hay tres factores involucrados en la enfermedad celíaca: la susceptibilidad genética, el gluten y factores ambientales. El gluten produce una respuesta inmune en pacientes que poseen un determinado tipo de HLA (antígenos leucocitarios humanos), aunque no todas las personas con predisposición genética sufren la enfermedad. Respecto a los factores ambientales, sucesos como la cirugía gastrointestinal o infecciones víricas pueden desencadenar la aparición de síntomas (Murray, 1999).

Actualmente, el único tratamiento para la enfermedad celíaca es la eliminación del gluten de la dieta de los pacientes. Por lo tanto, dado que los alimentos basados en harinas con gluten, en particular la harina de trigo (pan, galletas, bizcochos, etc.), forman una parte importante de la dieta común, es importante encontrar alternativas.

Por otra parte, también ha de mencionarse la existencia de pacientes no celíacos con intolerancia al gluten, así como de alérgicos al trigo (Green et al. 2015). Estos pacientes también se beneficiarían del desarrollo de productos sin gluten ya que, pese a que las bases de la patología son distintas, comparten tratamiento con los afectados por la EC.

Existe una cierta variedad de vegetales ricos en almidón que no contienen gluten. Entre los cereales destacan mundialmente el arroz, sorgo y maíz; y otros de gran importancia local como el mijo, fonio o tef. El más importante por volumen de producción a nivel mundial es el maíz, seguido del arroz y ambos se emplean tanto para la producción de harinas como para extraer su almidón. En los años recientes, se ha prestado especial atención a otros productos agrícolas englobados como pseudocereales con el fin de obtener nuevos productos sin gluten como son el alforfón (trigo sarraceno), quinoa o amaranto. Además, es posible también obtener productos amiláceos de legumbres (lenteja, garbanzo, guisante, soja, altramuz, etc.), tubérculos (patata, tapioca o yuca, batata, etc.) y de frutos (banana, almendra o castaña).

De los productos anteriormente citados, Galicia produce importantes cantidades de maíz, patata y otras legumbres, pero hay un producto autóctono y distintivo respecto a otras zonas geográficas como es la castaña. A nivel mundial, la castaña se distribuye únicamente en tres áreas geográficas: Europa (*Castanea sativa* Mill.), Asia (*Castanea crenata* Sieb. et Zucc. y *Castanea mollissima* Blume en Japón y China, respectivamente), y América del Norte (*Castanea dentata* (Marsh.) Borkh.) (Lang et al., 2006). La castaña europea es la más apreciada y ha sido tradicionalmente un pilar básico en la alimentación de la población hasta la llegada a Europa de las patatas y otros cereales. La castaña puede emplearse para la fabricación de productos sin gluten y posee unas interesantes características nutricionales. Así, la composición química (p/p) media indica un contenido de proteínas relativamente bajo (7%), aunque los aminoácidos esenciales son de alta calidad, bajo contenido de lípidos (2%), almidón (45-60%), fibra (4%) y es característico el elevado contenido de azúcares (20-32%), principalmente sacarosa. Además, es fuente de vitamina E y vitaminas del grupo B (Sacchetti et al., 2004). La castaña es un producto estacional y una parte relevante de la producción llega al mercado como producto sin procesar (para ser consumidas tradicionalmente en crudo, cocidas o asadas). La elaboración de otros productos derivados conlleva, debido al alto contenido de humedad (55% base húmeda, b.h.), que sean necesarios diferentes medios de conservación (congelado, deshidratación) para su empleo durante todo el año como materia prima. La producción de harina de castaña es una oportunidad para transformar la materia prima fresca en un producto intermedio estable que sea la base de elaboración de diferentes productos de panificación.

Producción de harina de castaña

En la Figura 1 se muestra un diagrama de proceso simplificado de la producción de harina y productos derivados. A partir de la castaña cosechada se realizan una serie de tratamientos previos que engloban tareas de limpieza, calibrado por tamaño y la operación más importante que es la eliminación del pericarpio y cubierta seminal (habitualmente mediante calor) para obtener el fruto sin las películas naturales protectoras. Posteriormente se lavan y enfrían para evitar reacciones de pardeamiento. El proceso continúa con una etapa de secado que puede emplear la castaña entera o previamente troceada (hasta tamaños de 1-2 cm) con el fin de acelerar la cinética de eliminación de agua. Las condiciones higrotérmicas de la operación de secado son críticas para la calidad de las harinas. El empleo de altas temperaturas modifica el color de las muestras por la promoción de reacciones (enzimáticas y no enzimáticas) de pardeamiento y, además, puede producir modificaciones en el almidón.

El proceso de gelatinización consiste en la absorción de agua promovida por la temperatura por parte de los gránulos de almidón que inicialmente se hinchan, y si el calentamiento continúa y hay agua disponible llega un punto en que los gránulos revientan liberando las moléculas de amilosa y amilopectina (biopolímeros del almidón). Este proceso es gradual, en función del tamaño del gránulo, siendo los gránulos más pequeños los primeros en gelatinizar, lo que da lugar a que se establezca un intervalo de temperatura de gelatinización. Cada fuente natural de almidón, debido a las características propias de los gránulos (tamaño, relación amilosa/amilopectina, etc.), posee un particular rango de temperaturas de gelatinización que, a su vez, tiene lugar a temperaturas más bajas con el aumento del contenido de humedad. Como el proceso de secado consiste en la transferencia de calor del aire hacia la superficie del sólido a secar y posterior conducción hacia el centro y una transferencia de agua en contracorriente, se producen unos perfiles no estacionarios de temperatura-humedad en el sólido que en ningún momento han de superar la temperatura correspondiente de gelatinización del almidón presente en la castaña, para así preservar la calidad de la harina. Los estudios realizados con la castaña indican que una temperatura máxima durante el secado convectivo con aire caliente se podría establecer aproximadamente en 65°C (Moreira et al., 2013). En estas condiciones, según el tamaño de partícula, la duración de la etapa de secado es de 8 a 16 h para obtener un producto deshidratado estable con una humedad en torno a 9-11% (b.h.).

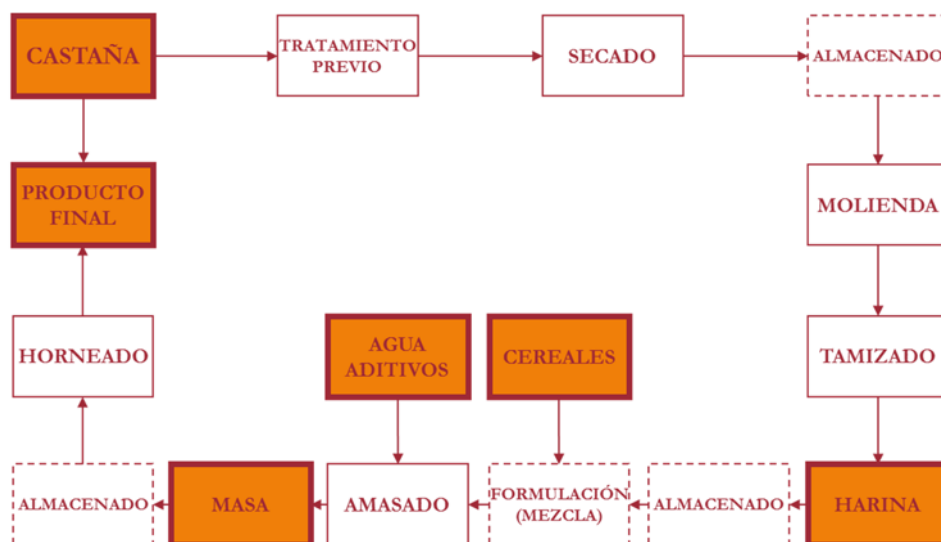


Figura 1. Diagrama de proceso de producción de harina de castaña y productos derivados

La castaña deshidratada en estas condiciones ya puede almacenarse, si se requiere, a temperatura ambiente y en un ambiente relativamente seco (humedad relativa del 30 al 60%) hasta su uso en operaciones unitarias posteriores.

El proceso continúa con la adecuación del tamaño de partícula para la obtención de la harina mediante la molienda y tamizado. El tamaño medio de partícula y la distribución de tamaños de partícula son propiedades críticas que afectan en gran medida a las características de amasado de las harinas y, en particular, son fundamentales en el caso de las harinas sin gluten (Moreira et al., 2010). De este modo, un tamaño de partícula medio en peso entre 40 y 80 μm , restringiendo la fracción de gruesos ($> 250 \mu\text{m}$), se considera idónea para las harinas de castaña. Las condiciones de molienda han de ser cuidadosamente seleccionadas ya que, junto con la etapa de secado, es la operación en la que se puede producir en mayor medida alteraciones en el almidón que da lugar a la fracción denominada "almidón dañado". El almidón se daña durante la molienda por esfuerzos mecánicos que rompen los gránulos de almidón y que se favorece por el aumento de la temperatura, por lo que un control de los tiempos de residencia de las partículas en el molino para evitar un exceso innecesario de pulverización es primordial.

Producción de productos derivados

Comportamiento de las masas de harina de castaña

Una vez obtenida la harina de castaña, esta puede almacenarse en condiciones adecuadas hasta su uso o bien ser utilizada inmediatamente. La elaboración de productos derivados de harina de castaña puede implicar el uso de otras harinas (sin gluten, en el caso de productos aptos para celíacos) que implicaría una etapa de mezcla adicional en el proceso, en la que se emplearía una proporción preestablecida de ambos ingredientes (Figura 1). La harina de arroz es la más habitual en las mezclas con harina de castaña ya que apenas aporta sabor y preserva las características organolépticas de la castaña. En estudios previos se ha establecido que no se modifican las características tecnológicas de los productos derivados de harina de arroz con la incorporación de hasta un 30% de harina de castaña (Sachetti et al., 2004).

La producción de una masa homogénea por la mezcla de la/s harina/s con otros ingredientes y con el agua mediante la aplicación de energía mecánica es una etapa fundamental para cualquier producto de panificación, pero es un auténtico reto tecnológico para la elaboración de productos sin gluten (Feigl et al., 2003). La masa ha de poseer una estructura continua, tridimensional y viscoelástica con propiedades de retención de gas y, por último, incluir burbujas de aire en la masa para retener el gas que se produce durante la fermentación y el inicio de la cocción (esto último en caso de masas fermentadas). Para fabricar productos de calidad óptima, las masas necesitan de estructuras desarrolladas para alcanzar la capacidad objetivo de retención de gas. El gluten presente en las harinas es capaz de formar dichas estructuras durante la hidratación. La ausencia de las proteínas propias del gluten, como son las gliadinas (responsables de la pegajosidad y extensibilidad) y gluteninas (aportadoras de la elasticidad), hace que las propiedades viscoelásticas de las masas sin gluten sean pobres. El estudio de la etapa de amasado ha sido tradicionalmente objeto de estudio para determinar la calidad y propiedades de las harinas, con el empleo de numerosos procedimientos estandarizados, y utilizando aparatos específicos como farinógrafos, alveógrafos, extensógrafos, etc. Recientemente, estos aparatos se han complementado y, en algunos casos, sustituidos por otros equipos más versátiles, entre los que destacan la amasadora Mixolab® o el analizador rápido de viscosidad (conocido por sus siglas en inglés RVA).

Concretamente, el Mixolab® (Chopin Technologies) se utiliza para caracterizar el comportamiento reológico de masas sujetas a un efecto combinado de mezcla y de la temperatura. Básicamente, mide la consistencia, es decir, la resistencia que opone la masa a una acción mecánica constante. El equipo registra el torque (Nm), proporcional a la consistencia, durante la mezcla de la masa entre dos palas que giran a 80 rpm. El equipo puede determinar parámetros de mezcla a temperatura constante (30°C), como la absorción de agua, tiempo de llegada, tiempo de desarrollo, estabilidad, tiempo de salida, índice de tolerancia, debilitamiento tras 20 min, tiempo de rotura y grado de debilitamiento. Todos estos parámetros están definidos en el protocolo del farinógrafo (ICC, 2008; AACC, 2000) y da lugar a lo que se conoce como curva de mezcla. Es necesario tener en cuenta que la consistencia, o torque objetivo de 1,1 Nm medido por el Mixolab® (C1: $1,10 \pm 0,07$ Nm), corresponde a aproximadamente 500 unidades Brabender (BU) medidas por el farinógrafo (Marco y Rosell, 2008).

El equipo también permite evaluar el comportamiento de las masas durante ciclos de calentamiento-enfriamiento, determinando la velocidad de debilitamiento de proteínas, la actividad amilásica, así como los procesos de gelatinización y gelificación del almidón mediante la denominada curva completa. La velocidad de debilitamiento de las proteínas depende de la cantidad y calidad de las mismas. A medida que la temperatura aumenta, los enlaces se rompen y las proteínas se desnaturalizan. Las propiedades del almidón, como ya se ha comentado, también muestran una fuerte dependencia con la temperatura en presencia de un determinado contenido de agua. Durante el calentamiento inicial, el almidón juega un papel menos importante que el gluten (si está presente). Sin embargo, a medida que la temperatura aumenta, el almidón modifica el comportamiento reológico de la masa. La gelatinización del almidón afecta a la textura

del producto final (Larsson y Eliasson, 1997). Durante esta etapa, a alta temperatura, las amilasas rompen los enlaces del almidón según el contenido en amilosa, tamaño de partícula, estructura cristalina, almidón dañado, proporción de almidón pregelatinizado y temperatura. Los cambios que tienen lugar en el almidón gelatinizado durante el enfriamiento, de un estado inicial amorfo a uno más ordenado o cristalino, se conocen como retrogradación.

La Figura 2 muestra, a modo de ejemplo, la información resumida que se puede extraer a partir de los ensayos típicos, dados por la curvas de mezcla y completa, que se pueden realizar mediante la amasadora Mixolab®. Para ello se emplean resultados obtenidos con masas de harina de castaña sin y con sal y con la presencia de un biopolímero alimentario como la goma guar. En la curva de mezcla se observa que la consistencia de la masa aumenta como consecuencia de la absorción de agua y la formación de estructuras que enlazan el almidón con otros componentes (Maeda et al., 2015). Después de alcanzar un máximo (correspondiente a C1) tiene lugar una etapa de disminución de la consistencia por el debilitamiento mecánico causado por el efecto de mezcla. La absorción de agua de las masa de harina de castaña para alcanzar C1 fue, en este caso, del 57,3% (base harina) para un tamaño de partícula medio de 44,1 μm . El tiempo de desarrollo, definido como el tiempo necesario para alcanzar C1, el tiempo de llegada, tiempo en el que se alcanza por primera vez el valor de 1,10 Nm, y la estabilidad, tiempo transcurrido en el que el torque es superior a C1, son muy bajos (0,44; 0,63 y 0,28 min, respectivamente). El debilitamiento mecánico, evaluado como la diferencia de torque entre el torque máximo y el torque después de 8 min de mezcla, es alto (0,67 Nm). Por tanto, el comportamiento de la mezcla de la harina de castaña puede calificarse como insatisfactorio. La adición de sal (1,8% base harina) no modifica significativamente ninguno de los parámetros anteriormente indicados y, en ambos casos, la curva completa, en la que se ve el efecto del calentamiento hasta 90°C a una velocidad de 4°C/min y posterior enfriamiento a la misma velocidad hasta 50°C, no se obtiene por la desaparición aparente de valores de la consistencia.

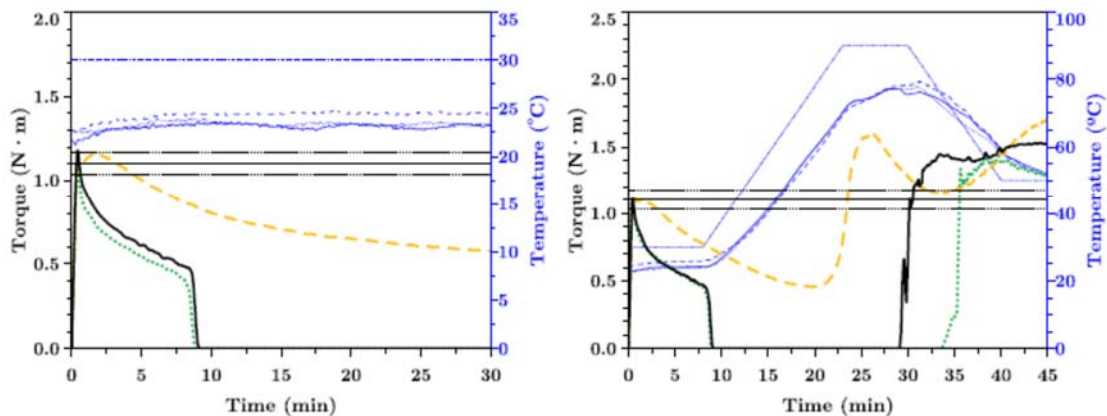


Figura 2. Curvas de mezcla (izquierda) y completa (derecha) para harinas de castaña (negro), con sal al 1,8% (verde) y sal al 1,8% y goma guar al 2% (amarillo). Las temperaturas (azul) programada (continua) y real (discontinua)

Sin embargo, la adición de goma guar (2,0% base harina) mejoró significativamente los parámetros de amasado. Sin modificación significativa de la absorción de agua (56,4%) para alcanzar el torque objetivo, el tiempo de desarrollo, el tiempo de llegada y la estabilidad aumentan de forma apreciable (1,68, 3,61 y 3,22 min, respectivamente) situándose en el mismo rango que harinas de trigo con gluten (Rosell et al., 2007). Existen otras posibilidades de mejora de los tiempos característicos en harinas sin gluten mediante el empleo de aditivos de diferente naturaleza como otras gomas alimentarias, proteínas o fibra (Bonet et al., 2006; Marco y Rosell, 2008; Mis et al., 2017). Por otra parte, el debilitamiento mecánico (0,29 Nm) disminuye con la presencia de la goma guar y, de nuevo, se sitúa en el rango de masas de trigo (Rosell et al., 2007).

Los valores de los parámetros característicos obtenidos a través del análisis de la curva completa de la harina de castaña con goma guar indican que poseen valores similares a otras harinas comerciales, lo que corrobora el potencial uso de estos sistemas. Así, C2 que representa el mínimo torque debido al debilitamiento de las proteínas por el efecto combinado de la temperatura y esfuerzos mecánicos, C3 el máximo torque resultante de la gelatinización del almidón, C4 el mínimo torque después de gelatinización debido a la rotura de los gránulos bajo los esfuerzos mecánicos y térmicos y C5 la consistencia final que mide la retrogradación del almidón, presentaron valores de 0,45, 1,69, 1,40 y 2,04 min, respectivamente. Todos estos valores indican que las harinas de castaña se encuentran en un rango típico de características asociadas a las harinas de repostería y, en concreto, para la elaboración de galletas y similares.

Transformaciones de las masas durante el horneado

El horneado es una etapa fundamental para obtener un producto de calidad. El empleo de altas temperaturas implica la transferencia de calor hacia el producto a hornear con el fin de eliminar humedad y promover transformaciones que implican, entre otras propiedades, relevantes modificaciones texturales. En las masas sin gluten, estas modificaciones están asociadas principalmente a las transformaciones que sufren los gránulos de almidón y a su interacción con otros componentes. El almidón posee estructuras amorfas y cristalinas que afectan a las propiedades fisicoquímicas y al comportamiento térmico (Tahir et al., 2010). La calorimetría diferencial de barrido (DSC, en sus siglas en inglés) es el método más común para estudiar el comportamiento térmico del almidón aislado, y así determinar las temperaturas a las que tienen lugar las transiciones junto con las correspondientes entalpías (Eliasson, 1980), las cuales dependen en gran medida del contenido de humedad. Una de las transformaciones que tiene lugar es la conocida como gelatinización, que ya ha sido comentada, y tiene una gran importancia durante el procesado de alimentos y otros productos no alimentarios. Además, tienen lugar otras transiciones que ocurren a temperaturas superiores y que también implican cambios texturales de importancia.

El análisis dinámico termomecánico (DMTA) es un método experimental en el que se aplica una fuerza sinusoidal a la muestra a una frecuencia angular determinada, midiéndose el esfuerzo y la deformación en la región viscoelástica lineal a una velocidad constante de calentamiento/enfriamiento. El rango de temperaturas de gelatinización puede ser determinado por unos picos en el módulo de almacenamiento (módulo elástico), G' , o a través de la $\tan \delta$ (relación entre el módulo viscoso, G'' , y el módulo elástico) (Chanvrier et al., 2013). Durante los ensayos de DMTA se permite la evaporación del agua presente en la muestra, por lo que los experimentos llevados a cabo a temperaturas mayores de 100°C dan una información de los procesos de formación de la corteza del producto rico en almidón durante la elaboración del pan, o del desarrollo de la estructura global (superficial e interna) en el caso de galletas y similares.

La Figura 3 muestra el termoreograma de las masas de harina de castaña caracterizadas previamente en la etapa de amasado, el cual consiste en la evolución térmica de G' y $\tan \delta$. A bajas temperaturas G' disminuye (y $\tan \delta$ aumenta) moderadamente con el aumento de la temperatura debido al debilitamiento de las proteínas hasta alcanzar un valor mínimo. Esta temperatura (57°C) determina el comienzo de la gelatinización, consistente en la hinchazón de los gránulos de almidón por la absorción de agua. G' sigue aumentando por el creciente turgor de los gránulos, pero llegado un momento los gránulos comienzan a desintegrarse y la amilosa se libera a la matriz continua provocando el aumento de la viscosidad global del sistema. La temperatura a la que ocurre este fenómeno puede determinarse a través del correspondiente punto de inflexión de las curvas de los módulos reológicos monitorizados (71°C). El máximo relativo de G' y $\tan \delta$ corresponde la temperatura pico de la gelatinización (77°C) y, finalmente, la temperatura final de gelatinización (85°C) se puede terminar a través del siguiente punto de inflexión de G' . Este amplio pico corresponde en realidad al solapamiento de dos fenómenos que tienen lugar parcialmente de modo simultáneo, como son la gelatinización y la fusión de la fracción cristalina del almidón denominada transición M1 (Jang y Pyun, 1996).

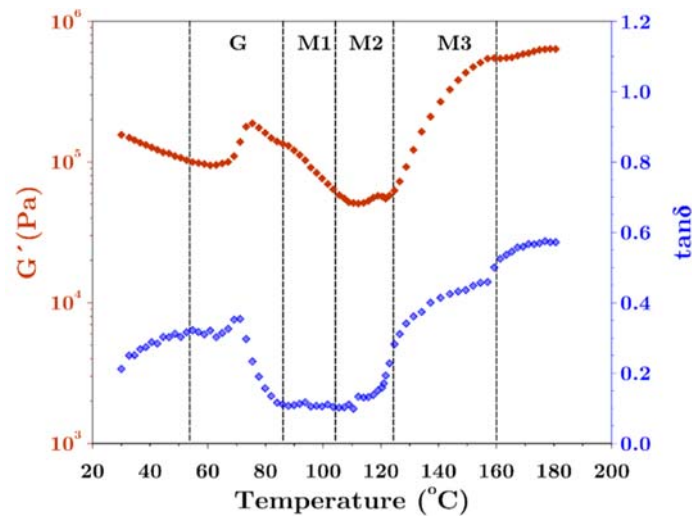


Figura 3. Termoreograma de masas de castaña. Módulo elástico, G' , (rojo) y relación G''/G' o $\tan \delta$ (azul)

Al aumentar la temperatura, los fenómenos de evaporación de agua se intensifican, pero se puede detectar un mínimo en el valor G' que se identifica como la disociación de los complejos lípido-proteína, conocida como transición M2 (Liu et al., 2006), y que en el caso de la harina de castaña tiene lugar en el rango de temperaturas de 109 y 120°C. Por encima de estas temperaturas, y dentro del rango habitual de temperaturas empleadas durante la operación de horneado, se puede observar otra importante transición correspondiente a la fusión de la amilosa (Jang y Pyun, 1996) denominada transición M3, la cual tiene lugar entre 142 y 157°C, y que es calculada a través de sendos puntos de inflexión de la curva correspondiente al módulo G' . La información aquí recogida sobre las transiciones es relevante porque afectan notablemente el comportamiento reológico de la muestra y, por tanto, a la textura final del producto. El control térmico del horneado es fundamental para promover o evitar transiciones que sean favorables o desfavorables a los parámetros de calidad del producto final. Las muestras de castaña tienen altos valores de los módulos viscoelásticos, por lo que evitar o mitigar la última transición M3, la cual provoca una elevación del módulo elástico importante, sería recomendable.

Fortificación de productos sin gluten

Los productos sin gluten disponibles en el mercado tienen, en una gran mayoría, algunas características nutricionales mejorables en relación con bajos contenidos de componentes bioactivos, micronutrientes, proteínas y fibra dietética. Una posibilidad para mitigar estos defectos es el empleo de harinas alternativas para la producción de productos sin gluten y, en particular para el primer caso, con altos contenidos de componentes bioactivos empleando otros cereales, pseudocereales u otros productos agrícolas (Witczak et al., 2015). Otra posibilidad, actualmente de gran interés investigador, es aumentar el contenido de componentes bioactivos y las propiedades nutricionales mediante la utilización de ingredientes funcionales (Capriles et al., 2016). En este contexto, la mejora de las propiedades funcionales de los productos sin gluten es una tarea importante en la investigación y el desarrollo tecnológico, y un desafío concomitante para la mejora de las características tecnológicas y sensoriales del producto final.

De las propiedades funcionales que requieren especial atención destacan las propiedades antioxidantes de los sistemas sin gluten y las tendencias actuales se centran en la mejora de la actividad antioxidante de productos horneados mediante la adición de compuestos bioactivos naturales. Una revisión reciente sobre componentes antioxidantes indicó que la castaña europea es una fuente excelente de polifenoles (Alasalvar

y Bolling, 2015). Este hallazgo, junto con una buena capacidad antioxidante (Morrone et al., 2015), podría significar un nuevo impulso a la comercialización de la harina de castaña como sustituto de las harinas de cereales en productos sin gluten. En general, la existencia de variadas materias primas con buena capacidad antioxidante ofrece una amplia gama de opciones, como base o aditivo, para la elaboración de productos horneados sin gluten.

En estudios realizados recientemente se han empleado diferentes formulaciones de mezclas de harinas usando como base las harinas sin gluten más comunes (arroz y maíz). Así, se han realizado estudios para la evaluación de las características antioxidantes de mezclas con trigo sarraceno, harinas fermentadas, semillas de lino, soja, amaranto, castaña, etc. (Torres et al., 2017). Estas materias primas son una muy buena fuente de antioxidantes, especialmente ácidos fenólicos, los cuales conservan su actividad antioxidante después del proceso de cocción y, por lo tanto, tienen beneficios potenciales para la salud de los consumidores (Dziki et al., 2014). A pesar de sus beneficios nutricionales, la suplementación antioxidante, en algunos casos, presenta ciertas limitaciones tecnológicas debido a que los productos elaborados a partir de estas mezclas cambian notablemente la apariencia, el color, la textura, el aroma y el sabor; lo que puede afectar la aceptación del consumidor, siendo una posible solución la cuidadosa modificación de las condiciones de procesado. La adición de harinas pseudocereales como el trigo sarraceno, el amaranto o la quínoa pueden proporcionar productos horneados sin gluten con contenidos mejorados de compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante, con buen efecto en su calidad y aceptabilidad. El uso de harinas de no cereales como fuentes de compuestos bioactivos, como frijol, guisante o castaña (Paciulli et al., 2016) mejoran notablemente la capacidad antioxidante de los productos finales. Particularmente, estos estudios realizados sobre la harina de castaña indican que la fortificación con esta harina puede ser una fuente prometedora para mejorar el aspecto general, la calidad, las propiedades sensoriales y la vida útil de los productos horneados sin gluten.

Una visión general de otros compuestos bioactivos naturales, los cuales ya se han aplicado en productos de panificación con gluten, es útil para vislumbrar las tendencias futuras en la gama de productos sin gluten. Así, para el complemento del pan de trigo con materias primas naturales ricas en antioxidantes fenólicos existe una amplia abanico de posibilidades (Dziki et al., 2014). Aparte de la adición de diferentes fuentes de cereales y harinas pseudocereales, se ha evaluado el uso de frutas, legumbres o verduras como el ajo (< 1,5%), la uva (< 6%), la cereza (< 5%), las ciruelas y el repollo (< 10%), el kiwi o la grosella negra (< 6%); las especias, hierbas y partes de plantas verdes como el jengibre (< 6%), el cilantro (< 7%); otras semillas como el girasol (< 14%) o el hinojo (< 15%); e inclusive productos de desecho de la industria alimentaria que proporcionaron un aumento de la capacidad antioxidante y una buena aceptabilidad sensorial de los panes de trigo. Otros estudios evaluaron positivamente la sustitución de la harina de trigo (< 20%) con mango en polvo para aumentar el contenido fenólico total (Acosta-Estrada et al., 2014). La incorporación de altramuz también dio como resultado un aumento en el contenido total de compuestos fenólicos y fitoesteroles (Rumiyati et al., 2015).

Se encontraron, a su vez, resultados interesantes con la incorporación de espirulina (Rodríguez De Marco et al., 2014), al ser fuente de compuestos fenólicos naturales importantes para la nutrición humana. En general, se logra un compromiso entre el valor nutricional y la calidad sensorial mediante el enriquecimiento de harina de trigo en un 10-30% con otros cereales y/o pseudocereales, y hasta un 5% de otros compuestos bioactivos naturales (Dziki et al., 2014). Además de las fuentes antioxidantes ya mencionadas, se ha evaluado que las algas marinas (principalmente algas pardas) son una fuente muy interesante de propiedades antioxidantes y nutricionales (Jiménez-Escrig et al., 2012, Moreira et al., 2016).

Conclusiones

La producción de harina a partir de una materia prima autóctona y tradicional en Galicia, como es la castaña para la elaboración de productos horneados sin gluten, es una oportunidad para la mejora de la

comercialización y generación de nuevos productos. Las características reológicas de las masas de harinas de castaña con la presencia de goma guar indican que son aptas para la elaboración de galletas. El control de la granulometría y las condiciones de secado de las castañas son clave para la obtención de un producto de calidad. Los fenómenos fisicoquímicos que tienen lugar durante la etapa final de horneado dependen de la temperatura que alcanza el producto y del contenido de humedad y, en consecuencia, las condiciones de horneado también han de ser cuidadosamente seleccionadas para que las características texturales del producto sean idóneas.

Por último, la harina de castaña presenta también un perfil antioxidante superior a otras harinas más convencionales que la hace atractiva para emplear como ingrediente en nuevas formulaciones que podrían ser fortificadas con otros aditivos (de origen agrícola o marino). Un desafío para los próximos años será introducir estos aditivos novedosos con altas propiedades antioxidantes en productos sin gluten, optimizando las condiciones de procesamiento y la dosificación de los compuestos. Por supuesto, estas investigaciones han de ir acompañadas con los oportunos análisis sensoriales y estudios de consumidores para determinar el grado de aceptabilidad y así llevar a cabo la mejora continua del producto.

Bibliografía

- AACC (2000). *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemistry*, 10th Ed. American Association of Cereal Chemists, Minnesota, EE UU.
- Acosta-Estrada, B.A., Gutiérrez-Urbe, J.A. & Serna-Saldívar, S.O. (2014). Bound phenolics in foods, a review. *Food Chemistry*, 152: 46–55.
- Alasalvar, C. & Bolling, B.W. (2015). Review of nut phytochemicals, fat-soluble bioactives, antioxidant components and health effects. *British Journal of Nutrition*, 113: S68–S78.
- Bonet, A., Blaszczyk, W. & Rosell, C.M. (2006). Formation of homopolymers and heteropolymers between wheat flour and several protein sources by transglutaminase-catalyzed cross-linking. *Cereal Chemistry*, 83: 655-662.
- Capriles, V.D., dos Santos, F.G. & Arêas, J.A.G. (2016). Gluten-free breadmaking: improving nutritional and bioactive compounds. *Journal of Cereal Science*, 67: 83–91.
- Chanvrier, H., Appelqvist, I.A., Li, Z., Morell, M.K. & Lillford, P.J. (2013). Processing high amylose wheat varieties with a capillary rheometer: Structure and thermomechanical properties of products. *Food Research International* 53: 73-80.
- Dziki, D., Rózyło, R., Gawlik-Dziki, U. & Swieca, M. (2014). Current trends in the enhancement of antioxidant activity of wheat bread by the addition of plant materials rich in phenolic compounds. *Trends in Food Science & Technology*, 40: 48–61.
- Eliasson, A.C. (1980). Effect of water content on the gelatinization of wheat starch. *Starch*, 32: 270-272.
- Feilg, K., Kaufmann, S.F.M., Fischer, P. & Windhab, E.J. (2003). A numerical procedure for calculating droplet deformation in dispersing flows and experimental verification. *Chemical Engineering Science*, 58: 2351-2363.
- Green, P.H.R., Lebowhl, B. & Greywoode, R. (2015). Celiac disease. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 135: 1099-1106.
- ICC (2008). *ICC-standard methods*. International Association for Cereal Chemistry, Viena, Austria.
- Jang, J.K. & Pyun, Y.R. (1996). Effect of moisture content on the melting of wheat starch. *Starch*, 48: 48-51.
- Jiménez-Escrig, A., Gómez-Ordóñez, E. & Rupérez, P. (2012). Brown and red seaweeds as potential sources of antioxidant nutraceuticals. *Journal of Applied Phycology*, 24: 1123–1132.
- Lang, P., Dane, F. & Kubisiak, T.L. (2006). Phylogeny of *Castanea* (Fagaceae) based on chloroplast trnT-L-F sequence data. *Tree Genetics and Genomes*, 2: 132-139.
- Larsson, H. & Eliasson, A.C. (1997). Influence of starch granule surface on the rheological behaviour of wheat flour dough. *Journal of Texture Studies*, 28: 487-501.
- Liu, H., Yu, L., Xie, F. & Chen, L. (2006). Gelatinization of cornstarch with different amylose/amylopectin content. *Carbohydrate Polymers*, 65: 357-363.
- Maeda, T. et al. (2015). Development of a quantification method of the gluten matrix in bread dough by fluorescence microscopy and image analysis. *Food and Bioprocess Technology*, 8:1349-1354.
-

- Marco, C. & Rosell, C.M. (2008). Breadmaking performance of protein enriched, gluten-free breads. *European Food Research and Technology*, 227: 1205-1213.
- Mis, A., Nawrocka, A. & Dziki, D. (2017). Behaviour of dietary fibre supplements during bread dough development evaluated using novel farinograph curve analysis. *Food and Bioprocess Technology*, 10: 1031-141.
- Moreira, R., Chenlo, F., Sineiro, J., Arufe, S. & Sexto, S. (2016). Drying temperature effect on powder physical properties and aqueous extract characteristics of *Fucus vesiculosus*. *Journal of Applied Phycology*, 28: 2485–2494.
- Moreira, R., Chenlo, F., Torres, M.D. & Prieto, D.M. (2010). Influence of particle size on the rheological behaviour of chestnut flour doughs. *Journal of Food Engineering*, 100: 270-277.
- Moreira, R., Chenlo, F., Torres, M.D. & Rama, B. (2013). Influence of the chestnut drying temperature on the rheological properties of their doughs. *Food and Bioproducts Processing*, 91: 7-13.
- Morrone, L. et al. (2015). The influence of seasonality on total fat and fatty acids profile, protein and amino acid, and antioxidant properties of traditional Italian flours from different chestnut cultivars. *Scientia Horticulturae*, 192: 132–140.
- Murray, J.A. (1999). The widening spectrum of coeliac disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, 69: 354-365.
- Mustalhti, K. et al. (2010). The prevalence of celiac disease in Europe: Results of a centralized, international mass screening project. *Annals of Medicine*, 42: 587-595.
- Paciulli, M., Rinaldi, M., Cirlini, M., Scazzina, F. & Chiavaro, E. (2016). Chestnut flour addition in commercial gluten-free bread: a shelf-life study. *LWT – Food Science and Technology*, 70: 88–95.
- Rodríguez De Marco, E., Steffolani, M.E., Martínez, C.S. & León, A.E. (2014). Effects of spirulina biomass on the technological and nutritional quality of bread wheat pasta. *LWT - Food Science and Technology*, 58: 102–108.
- Rosell, C.M., Collar, C. & Haros, M. (2007). Assessment of hydrocolloid effects on the thermo-mechanical properties of wheat using the Mixolab®. *Food Hydrocolloids*, 21: 452-462.
- Rumiyati, R., James, A.P. & Jayasena, V. (2015). Effects of lupin incorporation on the physical properties and stability of bioactive constituents in muffins. *International Journal of Food Science and Technology*, 50: 103–110.
- Sacchetti, G., Pinnavaia, G.G., Guidolin, E. & Rosa, M.D. (2004). Effects of extrusion temperature and feed composition on the functional, physical and sensory properties of chestnut and rice flour-based snack-like products. *Food Research International*, 37: 527-534.
- Tahir, R., Ellis, P.R. & Butterworth, P.J. (2010). The relation of physical properties of native starch granules to the kinetics of amylolysis catalysed by porcine pancreatic α -amylase. *Carbohydrate Polymers*, 81: 57-62.
- Torres, M.D., Arufe, S., Chenlo, F., Moreira, R. (2017). Coeliacs cannot live by gluten free bread alone; every once in awhile they need antioxidants. *International Journal of Food Science and Technology*, 52: 81-90.
- Witczak, M., Ziobro, R., Juszczak, L. & Korus, J. (2015). Starch and starch derivatives in gluten-free systems – A review. *Journal of Cereal Science*, 67: 46–57.

Recursos Rurais

Revista do Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural (IBADER)

Proceso de selección e avaliación de orixinais

Recursos Rurais publica artigos, revisións, notas de investigación e reseñas bibliográficas. Os artigos, revisións e notas deben ser orixinais, sendo avaliados previamente polo Comité Editorial e o Comité Científico Asesor. Os traballos presentados a Recursos Rurais serán sometidos á avaliación confidencial de dous expertos alleos ao equipo editorial, seguindo criterios internacionais. Caso dos avaliadores propoñeren modificacións na redacción do orixinal, será de responsabilidade do equipo editorial -unha vez informado o autor- o seguimento do proceso de reelaboración do traballo. Caso de non ser aceptado para a súa edición, o orixinal será devolto ao seu autor, xunto cos ditames emitidos polos avaliadores. En calquera caso, os orixinais que non se suxeiten ás seguintes normas técnicas serán devoltos aos seus autores para a súa corrección, antes do seu envío aos avaliadores.

Normas para a presentación de orixinais

Procedemento editorial

A Revista Recursos Rurais aceptará para a súa revisión artigos, revisións e notas vinculados á investigación e desenvolvemento tecnolóxico no ámbito da conservación e xestión da biodiversidade e do medio ambiente, dos sistemas de produción agrícola, gandeira, forestal e referidos á planificación do territorio, tendentes a propiciar o desenvolvemento sostible dos recursos naturais do espazo rural. Os artigos que non se axusten ás normas da revista, serán devoltos aos seus autores.

Preparación do manuscrito

Comentarios xerais

Os manuscritos non deben exceder de 20 páxinas impresas en tamaño A4, incluíndo figuras, táboas, ilustracións e a lista de referencias. Todas as páxinas deberán ir numeradas, aínda que no texto non se incluírán referencias ao número de páxina. Os artigos poden presentarse nos seguintes idiomas: galego, castelán, portugués, francés ou inglés. Os orixinais deben prepararse nun procesador compatible con Microsoft Word®, a dobre espazo nunha cara e con 2,5 cm de marxe. Empregarase a fonte tipográfica "arial" a tamaño 11 e non se incluírán tabulacións nin sangrías, tanto no texto como na lista de referencias bibliográficas. Os parágrafos non deben ir separados por espazos. Non se admitiran notas ao pé.

Os nomes de xéneros e especies deben escribirse en cursiva e non abreviados a primeira vez que se mencionen. Posteriormente o epíteto xenérico poderá abreviarse a unha soa letra. Debe utilizarse o Sistema Internacional (SI) de unidades. Para o uso correcto dos símbolos e observacións máis comúns pode consultarse a última edición do CBE (Council of Biology Editors) Style manual.

Páxina de Título

A páxina de título incluír un título conciso e informativo (na lingua orixinal e en inglés), o nome(s) do autor(es), a afiliación(s) e a dirección(s) do autor(es), así como a dirección de correo electrónico, número de teléfono e de fax do autor co que se manterá a comunicación.

Resumo

Cada artigo debe estar precedido por un resumo que presente os principais resultados e as conclusións máis importantes, cunha extensión máxima de 200 palabras. Ademais do idioma orixinal no que se escriba o artigo, presentárase tamén un resumo en inglés.

Palabras clave

Deben incluírse ata 5 palabras clave situadas despois de cada resumo distintas das incluídas no título.

Organización do texto

A estrutura do artigo debe axustarse na medida do posible á seguinte distribución de apartados: Introducción, Material e métodos, Resultados e discusión, Agradecementos e Bibliografía. Os apartados irán resaltados en negraíña e tamaño de letra 12. Se se necesita a inclusión de subapartados estes non estarán numerados e tipografaríanse en tamaño de letra 11.

Introdución

A introdución debe indicar o propósito da investigación e prover unha revisión curta da literatura pertinente.

Material e métodos

Este apartado debe ser breve, pero proporcionar suficiente

información como para poder reproducir o traballo experimental ou entender a metodoloxía empregada no traballo.

Resultados e Discusión

Neste apartado expóranse os resultados obtidos. Os datos deben presentarse tan claros e concisos como sexa posible, se é apropiado na forma de táboas ou de figuras, aínda que as táboas moi grandes deben evitarse. Os datos non deben repetirse en táboas e figuras. A discusión debe consistir na interpretación dos resultados e da súa significación en relación ao traballo doutros autores. Pode incluírse unha conclusión curta, no caso de que os resultados e a discusión o propicien.

Agradecementos

Deben ser tan breves como sexa posible. Calquera concesión que requira o agradecemento debe ser mencionada. Os nomes de organizacións financiadoras deben escribirse de forma completa.

Bibliografía

A lista de referencias debe incluír unicamente os traballos que se citan no texto e que se publicaron ou que foron aceptados para a súa publicación. As comunicacións persoais deben mencionarse soamente no texto. No texto, as referencias deben citarse polo autor e o ano e enumerar en orde alfabética na lista de referencias bibliográficas.

Exemplos de citación no texto:

Descricións similares danse noutros traballos (Fernández 2005a, b; Rodrigo et al. 1992).

Andrade (1949) indica como....

Segundo Mario & Tinetti (1989) os factores principais están....

Moore et al. (1991) suxíren iso....

Exemplos de lista de referencias bibliográficas:

Artigo de revista:

Mahaney, W.M.M., Wardrop, D.H. & Brooks, P. (2005). Impacts of sedimentation and nitrogen enrichment on wetland plant community development. *Plant Ecology*. 175, 2: 227-243.

Capítulo nun libro:

Campbell, J.G. (1981). The use of Landsat MSS data for ecological mapping. En: Campbell J.G. (Ed.) *Matching Remote Sensing Technologies and Their Applications*. Remote Sensing Society, London.

Lowel, E.M. & Nelson, J. (2003). Structure and morphology of Grasses. En: R.F. Barnes et al. (Eds.). *Forrages. An introduction to grassland agriculture*. Iowa State University Press. Vol. 1. 25-50

Libro completo:

Jensen, W (1996). *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. Prentice-Hall, Inc. Saddle River, New Jersey.

Unha serie estándar:

Tutin, T.G. et al. (1964-80). *Flora Europaea*, Vol. 1 (1964); Vol. 2 (1968); Vol. 3 (1972); Vol. 4 (1976); Vol. 5 (1980). Cambridge University Press, Cambridge.

Obra institucional:

MAPYA (2000). *Anuario de estadística agraria*. Servicio de Publicaciones del MAPYA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), Madrid, España.

Documentos legais:

BOE (2004). Real Decreto 1310/2004, de 15 de enero, que modifica la Ley de aprovechamiento de residuos ganaderos. BOE (Boletín Oficial del Estado), nº 8, 15/1/04. Madrid, España.

Publicacións electrónicas:

Collins, D.C. (2005). *Scientific style and format*. Disponível en: <http://www.councilscience.org/publications.cfm> [5 xaneiro, 2005]

Os artigos que fosen aceptados para a súa publicación incluíranse na lista de referencias bibliográficas co nome da revista e o epíteto "en prensa" en lugar do ano de publicación.

Ilustracións e táboas

Todas as figuras (fotografías, gráficos ou diagramas) e as táboas deben citarse no texto, e cada unha deberá ir numerada consecutivamente. As figuras e táboas deben incluírse ao final do artigo, cada unha nunha folla separada na que se indicará o número de táboa ou figura, para a súa identificación. Para o envío de figuras en forma electrónica vexa máis adiante. Debuxos lineais. Por favor envíe impresións de boa calidade. As inscricións deben ser claramente lexíbeis. O mínimo grosor de liña será de 0,2 mm en relación co tamaño final. No caso de Ilustracións en tons medios (escala de grises): Envíe por favor as impresións ben contrastadas. A ampliación débese indicar por barras de escala. Acéptanse figuras en cores.

Tamaño das figuras

As figuras deben axustarse á anchura da columna (8.5 centímetros) ou ter 17.5 centímetros de ancho. A lonxitude

máxima é 23 centímetros. Deseñe as súas ilustracións pensando no tamaño final, procurando non deixar grandes espazos en branco. Todas as táboas e figuras deberán ir acompañadas dunha lenda. As lendas deben consistir en explicacións breves, suficientes para a comprensión das ilustracións por si mesmas. Nas mesmas incluírase unha explicación de cada unha das abreviaturas incluídas na figura ou táboa. As lendas débense incluír ao final do texto, tras as referencias bibliográficas e deben estar identificadas (ex: Táboa 1 Características...). Os mapas incluírán sempre o Norte, a latitude e a lonxitude.

Preparación do manuscrito para o seu envío

Texto

Grave o seu arquivo de texto nun formato compatible con Microsoft Word.

Táboas e Figuras

Cada táboa e figura gardarase nun arquivo distinto co número da táboa e/ou figura. Os formatos preferidos para os gráficos son: Para os vectores, formato EPS, exportados desde o programa de debuxo empregado (en todo caso, incluírán unha cabeceira da figura en formato TIFF) e para as ilustracións en tons de grises ou fotografías, formato TIFF, sen comprimir cunha resolución mínima de 300 ppp. En caso de enviar os gráficos nos seus arquivos orixinais (Excel, Corel Draw, Adobe Illustrator, etc.) estes acompañaríanse das fontes utilizadas. O nome do arquivo da figura (un arquivo diferente por cada figura) incluír á o número da ilustración. En ningún caso se incluír á no arquivo da táboa ou figura a lenda, que debe figurar correctamente identificada ao final do texto. O material gráfico escaneado deberá aterse aos seguintes parámetros: Debuxos de liñas: o escaneado realizarase en liña ou mapa de bits (nunca escala de grises) cunha resolución mínima de 800 ppp e recomendada de entre 1200 e 1600 ppp. Figuras de medios tons e fotografías: escanearanse en escala de grises cunha resolución mínima de 300 ppp e recomendada entre 600 e 1200 ppp.

Recepción do manuscrito

Os autores enviarán un orixinal e dúas copias do artigo completo ao comité editorial, xunto cunha copia dixital, acompañados dunha carta de presentación na que ademais dos datos do autor, figuren a súa dirección de correo electrónico e o seu número de fax, á seguinte dirección:

IBADER

Comité Editorial da revista Recursos Rurais
Universidade de Santiago
Campus Universitario s/n
E-27002 LUGO - Spain

Enviar o texto e cada unha das ilustracións en arquivos diferentes, nalgún dos seguintes soportes: CD-ROM ou DVD para Windows, que irán convenientemente rotulados indicando o seu contido. Os nomes dos arquivos non superarán os 8 caracteres e non incluírán acentos ou caracteres especiais. O arquivo de texto denominarase polo nome do autor.

Ou ben enviar unha copia dixital dos arquivos convintemente preparados á dirección de e-mail:
ibader@usc.es

Cos arquivos inclúa sempre información sobre o sistema operativo, o procesador de texto, así como sobre os programas de debuxo empregados nas figuras.

Copyright: Unha vez aceptado o artigo para a publicación na revista, o autor(es) debe asinar o copyright correspondente.

Decembro 2015

Recursos Rurais

Revista do Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvimento Rural (IBADER)

Proceso de selección y evaluación de originales

Recursos Rurais publica artículos, revisiones, notas de investigación y reseñas bibliográficas. Los artículos, revisiones y notas deben ser originales, siendo evaluados previamente por el Comité Editorial y el Comité Científico Asesor. Los trabajos presentados a Recursos Rurais serán sometidos a la evaluación confidencial de dos expertos ajenos al equipo editorial, siguiendo criterios internacionales. En el caso de que los evaluadores propongan modificaciones en la redacción del original, será responsabilidad del equipo editorial -una vez informado el autor- el seguimiento del proceso de reelaboración del trabajo. Caso de no ser aceptado para su edición, el original será devuelto a su autor, junto con los dictámenes emitidos por los evaluadores.

En cualquier caso, los originales que no se ajusten a las siguientes normas técnicas serán devueltos a sus autores para su corrección, antes de su envío a los evaluadores.

Normas para la presentación de originales

procedimiento editorial

La Revista Recursos Rurais aceptará para a su revisión artículos, revisiones y notas vinculados a la investigación y desenvolvimiento tecnológico en el ámbito de la conservación y gestión de la biodiversidad y del medio ambiente, de los sistemas de producción agrícola, ganadera, forestal y referidos a la planificación del territorio, tendientes a propiciar el desarrollo sostenible de los recursos naturales del espacio rural y de las áreas protegidas. Los artículos que no se ajusten a las normas de la revista, serán devueltos a sus autores.

Preparación del manuscrito

Comentarios generales

Los manuscritos no deben exceder de 20 páginas impresas en tamaño A4, incluyendo figuras, tablas, ilustraciones y la lista de referencias. Todas las páginas deberán ir numeradas, aunque en el texto no se incluirán referencias al número de página. Los artículos pueden presentarse en los siguientes idiomas: galego, castellano, portugués, francés o inglés. Los originales deben prepararse en un procesador compatible con Microsoft Word®, a doble espacio en una cara y con 2,5 cm de margen. Se empleará la fuente tipográfica "arial" a tamaño 11 y no se incluirán tabulaciones ni sangrías, tanto en el texto como en la lista de referencias bibliográficas. Los párrafos no deben ir separados por espacios. No se admitirán notas al pie.

Los nombres de géneros y especies deben escribirse en cursiva y no abreviados la primera vez que se mencionen. Posteriormente el epíteto genérico podrá abreviarse a una sola letra. Debe utilizarse el Sistema Internacional (SI) de unidades. Para el uso correcto de los símbolos y observaciones más comunes puede consultarse la última edición de CBE (Council of Biology Editors) Style manual.

Página de Título

La página de título incluirá un título conciso e informativo (en la lengua original y en inglés), el nombre(s) de los autor(es), la afiliación(s) y la dirección(s) de los autor(es), así como la dirección de correo electrónico, número de teléfono y de fax del autor con que se mantendrá la comunicación.

Resumen

Cada artículo debe estar precedido por un resumen que presente los principales resultados y las conclusiones más importantes, con una extensión máxima de 200 palabras. Además del idioma original en el que se escriba el artículo, se presentará también un resumen en inglés.

Palabras clave

Deben incluirse hasta 5 palabras clave situadas después de cada resumen, distintas de las incluidas en el título.

Organización del texto

La estructura del artículo debe ajustarse a la medida de lo posible a la siguiente distribución de apartados: Introducción, Material y métodos, Resultados y discusión, Agradecimientos y Bibliografía. Los apartados irán resaltados en negrita y tamaño de letra 12. Si se necesita la inclusión de subapartados estos no estarán numerados y se tipografiarán en tamaño de letra 11.

Introducción

La introducción debe indicar el propósito de la investigación y

proveer una revisión corta de la literatura pertinente.

Material y métodos

Este apartado debe ser breve, pero proporcionar suficiente información como para poder reproducir el trabajo experimental o entender la metodología empleada en el trabajo.

Resultados y Discusión

En este apartado se expondrán los resultados obtenidos. Los datos deben presentarse tan claros y concisos como sea posible, si es apropiado en forma de tablas o de figuras, aunque las tablas muy grandes deben evitarse. Los datos no deben repetirse en tablas y figuras. La discusión debe consistir en la interpretación de los resultados y de su significación en relación al trabajo de otros autores. Puede incluirse una conclusión corta, en el caso de que los resultados y la discusión lo propicien.

Agradecimientos

Deben ser tan breves como sea posible. Cualquier concesión que requiera el agradecimiento debe ser mencionada. Los nombres de organizaciones financiadoras deben escribirse de forma completa.

Bibliografía

La lista de referencias debe incluir únicamente los trabajos que se citan en el texto y que estén publicados o que hayan sido aceptados para su publicación. Las comunicaciones personales deben mencionarse solamente en el texto. En el texto, las referencias deben citarse por el autor y el año y enumerar en orden alfabético en la lista de referencias bibliográficas.

ejemplos de citación en el texto:

Descripciones similares se dan en otros trabajos (Fernández 2005a, b; Rodrigo et al. 1992).

Andrade (1949) indica como....

según Mario & Tinetti (1989) los factores principales están....

Moore et al. (1991) sugieren eso....

Ejemplos de lista de referencias bibliográficas:

Artículo de revista:

Mahaney, W.M.M., Wardrop, D.H. & Brooks, P. (2005). Impacts of sedimentation and nitrogen enrichment on wetland plant community development. *Plant Ecology*, 175, 2: 227-243.

Capítulo en un libro:

Campbell, J.G. (1981). The use of Landsat MSS data for ecological mapping. En: R.F. Barnes et al. (Eds.) *Matching Remote Sensing Technologies and Their Applications*. Remote Sensing Society, London.

Lowell, E.M. & Nelson, J. (2003). Structure and morphology of Grasses. En: R.F. Barnes et al. (Eds.). *Forrages. An introduction to grassland agriculture*. Iowa State University Press. Vol. 1. 25-50

Libro completo:

Jensen, W (1996). *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. Prentice-Hall, Inc. Saddle River, New Jersey.

Una serie estándar:

Tutin, T.G. et al. (1964-80). *Flora Europaea*, Vol. 1 (1964); Vol. 2 (1968); Vol. 3 (1972); Vol. 4 (1976); Vol. 5 (1980). Cambridge University Press, Cambridge.

Obra institucional:

MAPYA (2000). Anuario de estadística agraria. Servicio de Publicaciones del MAPYA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), Madrid, España.

Documentos legales:

BOE (2004). Real Decreto 1310/2004, de 15 de enero, que modifica la Ley de aprovechamiento de residuos ganaderos. BOE (Boletín Oficial del Estado), nº 8, 15/11/04. Madrid, España.

Publicaciones electrónicas:

Collins, D.C. (2005). Scientific style and format. Disponible en: <http://www.councilscience.org/publications.cfm> [5 xaneiro, 2005]

Los artículos que fuesen aceptados para su publicación se incluirán en la lista de referencias bibliográficas con el nombre de la revista y el epíteto "en prensa" en lugar del año de publicación.

Ilustraciones y tablas

Todas las figuras (fotografías, gráficos o diagramas) y las tablas deben citarse en el texto, y cada una deberá ir numerada consecutivamente. Las figuras y tablas deben incluirse al final del artículo, cada una en una hoja separada en la que se indicará el número de tabla o figura, para su identificación. Para el envío de figuras en forma electrónica vea más adelante. Dibujos lineales. Por favor envíe impresiones de buena calidad. Las inscripciones deben ser claramente legibles. El mínimo grosor de línea será de 0,2 mm en relación con el tamaño final. En el caso de ilustraciones en tonos medios (escala de grises): Envíe por favor las impresiones bien contrastadas. La ampliación se debe indicar mediante barras de escala. Se aceptan figuras en color.

Tamaño de las figuras

Las figuras deben ajustarse a la anchura de la columna (8.5 centímetros) o tener 17.5 centímetros de ancho. La longitud máxima es de 23 centímetros. Diseñe sus ilustraciones pensando en el tamaño final, procurando no dejar grandes espacios en blanco. Todas las tablas y figuras deberán ir acompañadas de una leyenda. Las leyendas deben consistir en explicaciones breves, suficientes para la comprensión de las ilustraciones por sí mismas. En las mismas se incluirá una explicación de cada una de las abreviaturas incluidas en la figura o tabla. Las leyendas se deben incluir al final del texto, tras las referencias bibliográficas y deben estar identificadas (ej: Tabla 1 Características...). Los mapas incluirán siempre el Norte, la latitud y la longitud.

Preparación del manuscrito para su envío

Texto

Grave su archivo de texto en un formato compatible con Microsoft Word.

Tablas y Figuras

Cada tabla y figura se guardará en un archivo distinto con número da tabla y/o figura. Los formatos preferidos para los gráficos son: Para los vectores, formato EPS, exportados desde el programa de dibujo empleado (en todo caso, incluirán una cabecera de la figura en formato TIFF) y para las ilustraciones en tonos de grises o fotografías, formato TIFF, sin comprimir con una resolución mínima de 300 ppp. En caso de enviar los gráficos en sus archivos originales (Excel, Corel Draw, Adobe Illustrator, etc.) estos se acompañaran de las fuentes utilizadas. El nombre de archivo de la figura (un archivo diferente por cada figura) incluirá el número de la ilustración. En ningún caso se incluirá en el archivo de la tabla o figura la leyenda, que debe figurar correctamente identificada al final del texto. El material gráfico escaneado deberá atenerse a los siguientes parámetros: Dibujos de líneas: el escaneado se realizará en línea o mapa de bits (nunca escala de grises) con una resolución mínima de 800 ppp y recomendada de entre 1200 y 1600 ppp. Figuras de medios tonos y fotografías: se escanearan en escala de grises con una resolución mínima de 300 ppp y recomendada entre 600 y 1200 ppp.

Recepción del manuscrito

Los autores enviarán un original y dos copias del artículo completo al comité editorial junto con una copia digital, acompañados de una carta de presentación en la que además de los datos del autor, figuren su dirección de correo electrónico y su número de fax, a la siguiente dirección:

IBADER

Comité Editorial da revista Recursos Rurais

Universidade de Santiago.

Campus Universitario s/n

E-27002 LUGO - Spain

Enviar el texto y cada una de las ilustraciones en archivos diferentes, en alguno de los siguientes soportes: CD-ROM o DVD para Windows, que irán convenientemente rotulados indicando su contenido. Los nombres de los archivos no superarán los 8 caracteres y no incluirán acentos o caracteres especiales. El archivo de texto se denominará por el nombre del autor.

O bien enviar una copia digital de los archivos convenientemente preparados a la dirección de e-mail: ibader@usc.es

Con los archivos incluya siempre información sobre el sistema operativo, el procesador de texto, así como sobre los programas de dibujo empleados en las figuras.

Copyright: Una vez aceptado el artículo para su publicación en la revista, el autor(es) debe firmar el copyright correspondiente.

Diciembre 2015

Recursos Rurais

Revista do Instituto de Biodiversidade Agrária e Desenvolvimento Rural (IBADER)

Selection process and manuscript evaluation

The articles, reviews and notes must be original, and will be previously evaluated by the Editorial Board and the Scientific Advisory Committee. Manuscripts submitted to Recursos Rurais will be subject to confidential review by two experts appointed by the Editorial Committee, which may also consider choosing reviewers suggested by the author. In cases of dispute the intervention of a third evaluator will be required. Finally it is for the Editorial Committee's decision on acceptance of work. In cases in which the reviewers suggest modifications to the submitted text, it will be the responsibility of the Editorial Team to inform the authors of the suggested modifications and to oversee the revision process. In cases in which the submitted manuscript is not accepted for publication, it will be returned to the authors together with the reviewers' comments. Please note that any manuscript that does not adhere strictly to the instructions detailed in what follows will be returned to the authors for correction before being sent out for review.

Instructions to authors

Editorial procedure

Recursos Rurais will consider for publication original research articles, notes and reviews relating to research and technological developments in the area of sustainable development of natural resources in the rural and conservation areas contexts, in the fields of conservation, biodiversity and environmental management, management of agricultural, livestock and forestry production systems, and land-use planning.

Manuscript preparation

General remarks

Articles may be submitted in Galician, Spanish, Portuguese, French or English.

Manuscripts should be typed on A4 paper, and should not exceed 15 pages including tables, figures and the references list. All pages should be numbered (though references to page numbers should not be included in the text). The manuscript should be written with Microsoft Word or a Word-compatible program, on one side of each sheet, with double line-spacing, 2.5 cm margins on the left and right sides, Arial font or similar, and font size 11. Neither tabs nor indents should be used, in either the text or the references list. Paragraphs should not be separated by blank lines.

Species and genus names should be written in italics. Genus names may be abbreviated (e.g. *Q. robur* for *Quercus robur*), but must be written in full at first mention. SI (Système International) units should be used. Technical nomenclatures and style should follow the most recent edition of the CBE (Council of Biology Editors) Style Manual.

Title page

The title page should include a concise and informative title (in the language of the text and in English), the name(s) of the author(s), the institutional affiliation and address of each author, and the e-mail address, telephone number, fax number, and postal address of the author for correspondence.

Abstract

Each article should be preceded by an abstract of no more than 200 words, summarizing the most important results and conclusions. In the case of articles not written in English, the authors should supply two abstracts, one in the language of the text, the other in English.

Key words

Five key words, not included in the title, should be listed after the Abstract.

Article structure

This should where possible be as follows: Introduction, Material and Methods, Results and Discussion, Acknowledgements, References. Section headings should be written in bold with font size 12. If subsection headings are required, these should be written in italics with font size 11, and should not be numbered.

Introduction

This section should briefly review the relevant literature and clearly state the aims of the study.

Material and Methods

This section should be brief, but should provide sufficient information to allow replication of the study's procedures.

Results and Discussion

This section should present the results obtained as clearly and concisely as possible, where appropriate in the form of tables and/or figures. Very large tables should be avoided. Data in tables should not repeat data in figures, and vice versa. The discussion should consist of interpretation of the results and of their significance in relation to previous studies. A short conclusion subsection may be included if the authors consider this helpful.

Acknowledgements

These should be as brief as possible. Grants and other funding should be recognized. The names of funding organizations should be written in full.

References

The references list should include only articles that are cited in the text, and which have been published or accepted for publication. Personal communications should be mentioned only in the text. The citation in the text should include both author and year. In the references list, articles should be ordered alphabetically by first author's name, then by date.

Examples of citation in the text:

Similar results have been obtained previously (Fernández 2005a, b; Rodrigo et al. 1992).

Andrade (1949) reported that...

According to Mario & Tinetti (1989), the principal factors are...

Moore et al. (1991) suggest that...

Examples of listings in References:

Journal article:

Mahaney, W.M.M., Wardrop, D.H. & Brooks, P. (2005). Impacts of sedimentation and nitrogen enrichment on wetland plant community development. *Plant Ecology*, 175, 2: 227-243.

Book chapter:

Campbell, J.G. (1981). The use of Landsat MS ata for ecological mapping. In: Campbell J.G. (Ed.) *Matching Remote Sensing Technologies and Their Applications*. Remote Sensing Society, London.

Lowell, E.M. & Nelson, J. (2003). Structure and Morphology of Grasses. In: R.F. Barnes et al. (Eds.). *Forages: An Introduction to Grassland Agriculture*. Iowa State University Press. Vol. 1. 25-50.

Complete book:

Jensen, W. (1996). *Remote Sensing of the Environment: An Erath Resource Perspective*. Prentice-Hall, Inc., Saddle River, New Jersey.

Standard series:

Tutin, T.G. et al. (1964-80). *Flora Europaea*, Vol. 1 (1964); Vol. 2 (1968); Vol. 3 (1972); Vol. 4 (1976); Vol. 5 (1980). Cambridge University Press, Cambridge, UK

Institutional publications:

MAPYA (2000). *Anuario de estadística agraria*. Servicio de Publicaciones del MAPYA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), Madrid, Spain.

Legislative documents:

BOE (2004). Real Decreto 1310/2004, de 15 de enero, que modifica la Ley de aprovechamiento de residuos ganaderos. BOE (Boletín Oficial del Estado), no. 8, 15/104, Madrid, Spain.

Electronic publications:

Collins, D.C. (2005). *Scientific style and format*. Available at: <http://www.councjnrc.org/publications.cfm> [5 January 2005]

Articles not published but accepted for publication:

Such articles should be listed in References with the name of the journal and other details, but with "in press" in place of the year of publication.

Figures and tables

Numbering:

All figures (data plots and graphs, photographs, diagrams, etc.) and all tables should be cited in the text, and should be numbered consecutively.

Figure quality. Please send high-quality copies. Line thickness in the publication-size figure should be no less than 0.2 mm. In the case of greyscale figures, please ensure that the different tones are clearly distinguishable. Labels and other text should be clearly legible. Scale should be indicated by scale bars. Maps should always include indication of North, and of latitude and longitude. Colour figures can be published.

Figure size

Figures should be no more than 17.5 cm in width, or no more than 8.5 cm in width if intended to fit in a single column. Length should be no more than 23 cm. When designing figures, please take into account the eventual publication size, and avoid excessively white space.

Figures and table legends

All figures and tables require a legend. The legend should be a brief statement of the content of the figure or table, sufficient for comprehension without consultation of the text. All abbreviations used in the figure or table should be defined in the legend. In the submitted manuscript, the legends should be placed at the end of the text, after the references list.

Preparing the manuscript for submission

Text

The text should be submitted as a text file in Microsoft Word or a Word-compatible format.

Tables and figures

Each table and each figure should be submitted as a separate file, with the file name including the name of the table or figure (e.g. Table-1.DOC). The preferred format for data plots and graphs is EPS for vector graphics (though all EPS files must include a TIFF preview), and TIFF for greyscale figures and photographs (minimum resolution 300 dpi). If graphics files are submitted in the format of the original program (Excel, CorelDRAW, Adobe Illustrator, etc.), please ensure that you also include all fonts used. The figure or table legend should not be included in the file containing the figure or table itself; rather, the legends should be included (and clearly numbered) in the text file, as noted above. Scanned line drawings should meet the following requirements: line or bit-map scan (not greyscale scan), minimum resolution 800 dpi, recommended resolution 1200 - 1600 dpi. Scanned halftone drawings and photographs should meet the following requirements: greyscale scan, minimum resolution 300 dpi, recommended resolution 600 - 1200 dpi.

Manuscript submission

Please submit a digital copy of the files properly prepared to the e-mail address:

info@ibader.gal

Or send a) the original and two copies of the manuscript, b) copies of the corresponding files on CD-ROM or DVD for Windows, and c) a cover letter with author details (including e-mail address and fax number), to the following address:

IBADER,
Comité Editorial de la revista Recursos Rurais,
Universidad de Santiago,
Campus Terra s/n,
E-27002 Lugo,
Spain.

As noted above, the text and each figure and table should be submitted as separate files, with names indicating content, and in the case of the text file corresponding to the first author's name (e.g. Alvarez.DOC, Table-1.DOC, Fig-1.EPS). File names should not exceed 8 characters, and must not include accents or special characters. In all cases the program used to create the file must be clearly identifiable.

Copyright

Once the article is accepted for publication in the journal, the authors will be required to sign a copyright transfer statement.

