

Dende a produción á panificación do trigo galego 'Caaveiro' en cultivo ecolóxico vs. convencional

Monografías do IBADER - Serie Recursos Alimentarios

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



Dende a produción á panificación do trigo galego 'Caaveiro' en cultivo ecolóxico vs. convencional

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). (2022). Dende a produción á panificación do trigo galego 'Caaveiro' en cultivo ecolóxico vs. convencional. Monografías do Ibader - Serie Recursos Alimentarios. IBADER. Universidade de Santiago de Compostela. Lugo.

Capítulo:

Almeida-García F., Roca-Fernández A.I., Díaz Hernández M.B., Neira Seijo X.X., Omil-Ignacio B., Ramos Cabrer A.M., Ruíz Nogueiras B. & Pereira-Lorenzo S. (2022). Avaliación agronómica e produtiva do trigo 'Caaveiro' ecolóxico vs. convencional. En: Romero Rodríguez, M.A.; Pereira Lorenzo, S. (coord): Dende a produción á panificación do trigo galego 'Caaveiro' en cultivo ecolóxico vs. convencional: 7-22. Monografías do Ibader - Serie Recursos Alimentarios. 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>

info@ibader.gal

Copyright: Instituto de Biodiversidade

Agraria e Desenvolvemento Rural (IBADER).



Editado coa colaboración da



Dende a produción á panificación do trigo galego 'Caaveiro' en cultivo ecolóxico vs. convencional

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

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



**Monografías do IBADER - Serie Recursos Alimentarios
Lugo 2022**

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

Resumo

No marco da produción sostible e a alimentación segura preséntase esta monografía que resulta dun estudo multidisciplinar no que participaron investigadores procedentes de diferentes áreas de coñecemento (Anatomía, Bioloxía Funcional, Economía, Socioloxía e Política Agraria, Edafoloxía, Nutrición e Bromatoloxía, Producción Vexetal e Proxectos de Enxeñaría, Tecnoloxía dos Alimentos e Zooloxía).

Esta monografía avalía dende a produción de trigo autóctono galego (variedade 'Caaveiro') en ecolóxico vs. convencional, ata a obtención de fariñas e a panificación e control dos produtos finais. Ademais, permite afondar no coñecemento do efecto do sistema de cultivo a diferentes niveis nun campo cada vez mais demandado como é o de produtos de proximidade e ecolóxicos.

En base aos resultados obtidos, pódese potenciar a produción en ecolóxico, xa que ao realizar o cultivo de cereais de forma mais sostible, conséguese optimizar todas as variables que deberían preocupar á sociedade como son a alimentación, a saúde, o medioambiente, a economía e o consumo.

Abstract

In the framework of sustainable production and safe food, this monograph that is the result of a multidisciplinary project involving researchers from different fields of knowledge (Anatomy, Functional Biology, Economics, Sociology and Agricultural Policy, Soil Science, Analytical Chemistry, Nutrition and Bromatology, Plant Production and Engineering Projects, Food Technology and Zoology).

This monography evaluates from the production of Galician native wheat (cv. 'Caaveiro'), comparing organic farming vs. conventional, to the flour obtained and the baking and control of the final products. In addition, it allows to deepen the knowledge associated with the effect of the farming system at different levels on a subject that is increasingly in demand, such as proximity and ecological products.

Based on the results obtained, organic production can be encouraged, since by cultivating cereals in a more sustainable way, it is possible to optimize all the variables that should concern society such as the nutrition, the health, the environment, the economy and the consumption.

Índice

Capítulo 1: Introducción: do campo á mesa na produción de pan galego nun contexto agroecolóxico	7
Fernández-Canto N., Romero-Rodríguez M.A., Ramos-Cabrer, A.M., Pereira-Lorenzo S.	
Capítulo 2: Avaliación agronómica e produtiva do trigo ‘Caaveiro’ ecolóxico vs. convencional	33
Almeida-García F., Roca-Fernández A.I., Díaz-Hernández M.B., Neira-Seijo X.X., Omil-Ignacio B., Ramos-Cabrer A.M., Ruíz-Nogueiras B., Pereira-Lorenzo S.	
Capítulo 3: Avaliación da biota edáfica e entomofauna polinizadora en cultivo de trigo ‘Caaveiro’ en convencional vs. ecolóxico	53
Carral E., Otero C., Roca-Fernández A.I., Rodríguez T.	
Capítulo 4: Control das fariñas obtidas de trigo ‘Caaveiro’ ecolóxico e convencional	75
Fernández-Canto N., García-Gómez B., García-Marnotes N., Cobos-García A., Díaz-Rubio O., Lombardero-Fernández M., Vázquez-Odériz M.L., Pereira-Lorenzo S., Ramos-Cabrer A., Romero-Rodríguez M.A.	
Capítulo 5: Control dos pans obtidos a partir de fariña ‘Caaveiro’ producida en ecolóxico e convencional	93
Fernández-Canto N., García-Gómez B., Cobos-García A., Díaz-Rubio O., Vázquez-Odériz M.L., Vázquez-Vázquez, M., Lombardero-Fernández M., Pereira-Lorenzo S., Ramos-Cabrer A., Romero-Rodríguez M.A.	
Capítulo 6: Análise do contexto agroecolóxico do trigo e pan do país en Galicia	107
Vázquez-González I., Fernández-Ruiz de Gordejuela C.	
Capítulo 7: Análise económica comparativa da produción de trigo ecolóxico fronte á convencional	121
Vázquez-González, I., Martínez-García, D.	
Conclusións	133
Agradecementos	137

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN: DO CAMPO Á MESA NA PRODUCCIÓN DE PAN GALEGO NUN CONTEXTO AGROECOLÓXICO

CHAPTER 1. INTRODUCTION: FROM FIELD TO TABLE IN THE PRODUCTION OF GALICIAN BREAD IN AN AGROECOLOGICAL CONTEXT

Fernández-Canto N.¹, Romero-Rodríguez M.A.², Ramos-Cabrer A.M.³, Pereira-Lorenzo S.⁴

¹Dpto. Química Analítica, Nutrición e Bromatoloxía. Universidade de Santiago de Compostela. marianerea.fernandez.canto@usc.es ORCID: 0000-0001-5141-3014

²Dpto. Química Analítica, Nutrición e Bromatoloxía. Universidade de Santiago de Compostela. angeles.romero@usc.es ORCID: 0000-0001-9836-7879

³ Dpto. Producción Vexetal e Proxectos de Enxeñaría. Universidade de Santiago de Compostela. ana.ramos@usc.es ORCID: 0000-0001-9168-0934

⁴ Dpto. Producción Vexetal e Proxectos de Enxeñaría. Universidade de Santiago de Compostela. santiago.pereira.lorenzo@usc.es ORCID: 0000-0003-2418-2366. santiago.pereira.lorenzo@usc.es

Esta monografía está adicada ao estudo do trigo local (variedade 'Caaveiro') dende o campo á mesa, no marco da produción sostible e da alimentación segura. Polo tanto, preténdese:

- Avaliar o efecto do sistema de cultivo empregado (ecolóxico e convencional) sobre os parámetros agronómicos, a biodiversidade, as características das fariñas obtidas e as características dos pans elaborados a partir das fariñas.
- Desenvolver un sistema de trazabilidade para a identificación de trigo 'Caaveiro'.
- Realizar a avaliación económica e do contexto agroecolóxico do trigo e do pan do país.

A pesar de que existen estudos comparativos de cultivo de trigo ecolóxico fronte ao convencional dende diferentes puntos de vista, non existe ningún estudo comparativo tan amplo como o que se propón. Neste senso, considérase que os contidos recollidos nesta monografía permiten afondar no coñecemento das técnicas de manexo que favorecen a captura de carbono no solo e a biodiversidade, o que supón unha vantaxe para que os agricultores melloren a calidade dos seus solos. Por outra banda, os xestores necesitan de toda a información obtida para deseñar plans de actuación axeitados que incentiven e que orienten a agricultura cara determinados manexos. Por último, a sociedade, en xeral, precisa coñecer como as prácticas de cultivo inflúen no seu entorno e na calidade dos produtos que se consomen.

1.1. *Triticum*: orixe e evolución

A agricultura occidental orixinouse no Crecente Fértil (que comprende os territorios de Mesopotamia, nos territorios ao Sur da Península de Anatolia e no Levante Mediterráneo) despois da última idade de xeo fai uns 12.000-9.500 anos. Os estudos arqueolóxicos, fitoxeográficos, botánicos e xenéticos revelaron a existencia de restos vexetais e puidéronse identificar os proxenitores silvestres das plantas de cultivo, a súa distribución e as súas diferencias morfolóxicas (Kilian e col., 2009).

A partir daquela época, a agricultura estendeuse por Europa, Asia e África. O proceso de domesticación durou ata un milenio nestas rexións.

8

A evidencia arqueobotánica do inicio da agricultura no Levante, e a correspondente transición da alimentación á agricultura aplicada ao Próximo Oriente, en xeral, pódense dividir en cinco etapas (Kislev, 2002): colleita de cebada silvestre (*Hordeum spontaneum*) no Epipaleolítico (20.000-10.300 BP), colleita e sementeira anual dos campos de cebada silvestre no período Neolítico Precerámico A (PPNA) (10.300-9.500 PB), agricultura de cereais domesticados como a cebada (*H. distichon*) e emmer (*Triticum dicoccum*) a principios do período Neolítico Precerámico B (PPNB) (9500-8000 BP), cultivo de trigo espido a finais do período PPNB (9.500–8.000 PB) e, finalmente, a agricultura mixta na que se cultivaban leguminosas e a cría e domesticación dos animais a finais do período PPNB.

O cambio da recolección ao cultivo foi un proceso gradual (Kislev, 2002). A dispoñibilidade de cereais é un factor clave no cambio da colleita á agricultura (Willcox, 2005). Os grupos humanos fixéronse máis grandes e dependentes de recursos agrícolas e gandeiros, o que favoreceu as explotacións seminómades xa que debían adaptarse aos cambios estacionais e fenolóxicos na procura de maiores cantidades de recursos. Este proceso provocou a difusión das prácticas agrícolas e gandeiras a outros territorios, iniciando unha 'expansión' ou 'colonización' neolítica cara a Asia e os territorios mediterráneos (Ramil-Rego e col., 2018).

Na Península Ibérica aínda son escasos os datos sobre o inicio do Neolítico (Ramil-Rego e col., 2018). Este período caracterízase pola presenza de recursos vexetais domésticos como cereais (trigo, cebada e aveia) ou leguminosas, así como a presenza de animais como ovellas ou cabras (Bernabeu, 2007; Ramil-Rego e col., 2018).

No noroeste da Península Ibérica as referencias máis antigas ás prácticas agrícolas datan do 4.300-3.800 cal a.C., onde se identificou pole de cereal. Despois do proceso de adopción da agricultura, que no NW Ibérico está ligada ás ocupacións humanas do Neolítico e do Bronce Inicial, continuou un proceso de desenvolvemento e expansión durante o Bronce Final, a Idade de Ferro, e prolongouse durante a Romanización (Ramil-Rego e col., 2018). Os rexistros paleobotánicos obtidos na Península Ibérica mostran a presenza de trigos hexaploides (*Triticum aestivum*) e tetraploides (*Triticum dicoccum* e *Triticum spelta*) (Ramil-Rego e col., 2009).

As especies silvestres que deron lugar as cultivadas de trigo, correspóndense con gramíneas anuais diploides ($2n = 14$), identificadas con *Aegilops speltoides* Tausch [BB], *Aegilops squarrosa* L. [DD], *Triticum monococcum* L. [AA] y *Secale cereale* L. [RR]. Posteriormente, tras unha segunda evolución apareceron as especies alotetraploides ($4n$) e alohexaploides ($6n$) por mecanismos de hibridación

interespecífica e duplicación cromosómica. Da hibridación entre os diploides *Triticum monococcum* L. e *Aegilops speltoides* (Zhuk.) K. Hammer formouse *Triticum turgidum* L. [AABB] ($4n=28$) o cal hibridou con *Aegilops squarrosa* L., para formar o hexaploide ($2n=42$) *Triticum aestivum* L. [AABBDD] (Lacadena, 1996; Ramil-Rego, 2018). O trigo pertence á gran familia *Gramineae* Adans, e inclúese filoxenética e taxonómicamente no subgrupo *Triticeae* Dumort (Mac Key, 2005).

Son dous as características da domesticación do trigo. Por un lado, nas formas silvestres o raque desarticúlase na madurez, de forma que quedan individualizadas as espiguetas, garantindo a súa dispersión, pero dificultando a súa recolección polos humanos, mentres que no trigo domesticado permanece intacto (Nalam e col., 2006). A outra peculiaridade é que os grans dos trigos domesticados permanecen unidos á espiga, facilitando a colleita (Figura 1.1), en cambio as sementes do trigo silvestre caen facilmente da planta e dispérsanse (Gustafson e col., 2009; Shewry, 2009; Charmet, 2011).

9

Na actualidade as dúas especies de maior importancia na alimentación humana son os trigos duros (*Triticum durum* L.) e os trigos brandos ou panificables (*T. aestivum* e *T. vulgare*); entre estes últimos, 210 variedades están rexistradas na Oficina Española de Variedades Vexetais (MAPA, 2021).

Atendendo ao tipo de pan que se pode obter con eles, os trigos clasifícanse en fortes ou frouxos. Os trigos fortes producen fariña para pans de pezas de gran volume, boa textura de miolo e boas propiedades de conservación, ademais de ter habitualmente alto contido en proteína. Por outro lado, os trigos frouxos producen fariñas que dan lugar a pans pequenos, de miolo groso e con pouca proteína. Segundo a textura do endospermo divídense en dous grupos, trigos vítreos e trigos fariñentos. Os trigos vítreos teñen os grans con aspecto translúcido mentres que os fariñentos son opacos (Bellido, 1990). Por último, se a clasificación se fai en función da época de facer a sementeira, divídense en dúas categorías, trigos de primavera e trigos de inverno. Os trigos de inverno seméntanse en outono, medran de forma lenta e invernan cando chega o frío para seren recollidos no verán. Os trigos de primavera seméntanse cando comeza a primavera e colléitanse a finais do verán (Bellido, 1990; González e Rojo, 2005).

1.2. O trigo en España e en Galicia

España é o quinto produtor de cereais de Europa, por detrás de Francia, Alemaña, Romanía e Polonia. O valor da produción do sector dos cereais en España (sen incluír ao arroz) estímase en 3.602,6 millóns de euros (MAPA, 2019), o que representa o 7,1% da Producción Agraria e o 12,3% da Producción Vexetal.



Figura 1.1. Raque frágil de *T. diccoides* (a) e un raque non frágil de *T. dicoccum* (b). Espiga de trigo 'Callobre' (c) Fotografía de Ramos-Cabrer.

Figure 1.1. Fragile rachis of *T. diccoides* (a) and a non-fragile rachis of *T. dicoccum* (b). Spike of wheat 'Callobre' (c) Photography by Ramos-Cabrer.

En España cultívanse unha media de 5,9 millóns de ha de cereais (é o sector ao que se destina maior base territorial) sendo Castela e León, Castela A Mancha, Aragón e Andalucía as principais rexións cerealistas. Contabilízanse en todo o territorio nacional 272.335 explotacións de cereais, o que supón arredor do 28% do total de explotacións agrarias. Estas explotacións caracterízanse pola súa alta atomización, con explotacións pequenas, o que repercute negativamente na rendibilidade das mesmas.

A cebada, o trigo branco, o millo e o trigo duro son os cereais que máis se producen en España, con 10,9, 7,1, 4 e 0,82 millóns de t, respectivamente; ademais cultívase a avea, o centeo, o tritcale e, finalmente, o sorgo.

As principais zonas de produción de trigo branco son Castela e León, con 2,2 millóns de t (arredor do 13% de la produción total); por outra banda, o trigo duro prodúcese maiormente en Andalucía, o 76% do total.

España é un importador neto de cereais, en particular para a elaboración de pensos para consumo animal, incrementándose as importacións arredor do 15% nas últimas campañas e sendo o millo o principal cereal importado.

No relativo a Galicia, o cultivo de trigo descendeu, segundo os datos do Instituto Galego de Estatística (IGE), pasando de 70.060 t no ano 1994 a 34.509 t no ano 2019 (Figura 1.2). No ano 2019, Ourense foi a principal provincia produtora (con máis de 21.370 t), seguida de Lugo (7.603 t), A Coruña (5.171 t) e Pontevedra (365 t) (IGE, 2020).

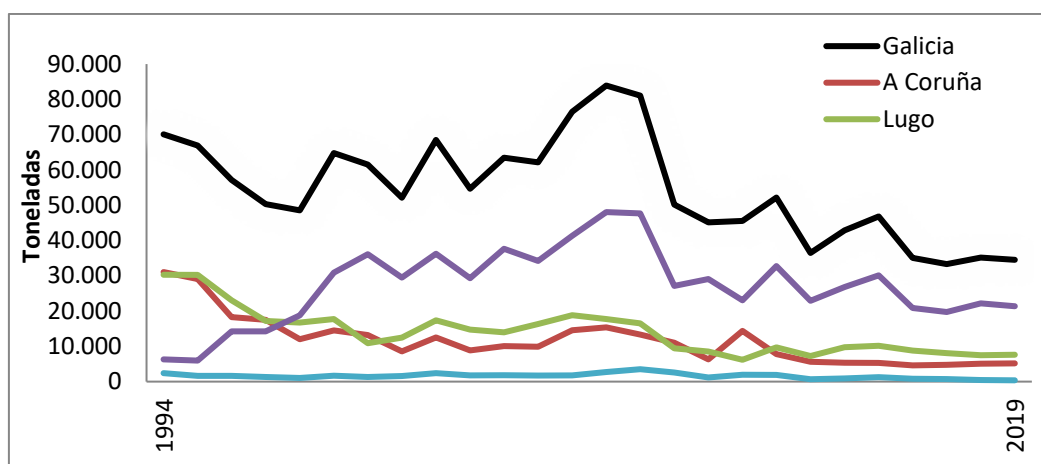


Figura 1.2 Evolución do cultivo de trigo en Galicia dende o 1994 ao 2019 (IGE, 2020).

Figure 1.2. Evolution of wheat cultivation in Galicia from 1994 to 2019 (IGE, 2020).

1.3. Importancia das variedades locais

As condicións bioxeográficas e climáticas de España favoreceron que se cultivaran unha gran diversidade de tipos de trigo. A finais do XIX e principios do XX as especies máis estendidas eran *T. aestivum*, *T. aestivum* subsp. *spelta* e *T. turgidum* subsp. *dicoccum*. Esta gran diversidade diminuíu coa introdución de variedades estranxeiras melloradas, máis uniformes e produtivas (Belderok e col., 2000).

As variedades locais pasaron de ser as principais formas de produción agrícola (ata finais do século XIX) a desaparecer gradualmente durante as primeiras décadas do século XX, sendo substituídas por variedades máis produtivas, aínda que se conservaron algunhas. Estas poden resultar un recurso moi valioso, a pesar de que practicamente non se contemplan na agricultura actual, polas vantaxes adaptativas do trigo aos diversos ambientes colonizados (Newton e col., 2011). Para evitar a perda de biodiversidade, estas variedades locais consérvanse en bancos de xermoplasma; e aínda así pode haber erosión xenética pola perda de mostras recolleitadas durante o mantemento, producíndose variacións na composición alélica das poboacións e, incluso, incrementándose a taxa de mutación (Hammer e Knüpffer, 2015).

A colección máis numerosa e antiga de cultivares tradicionais españois consérvase no Centro Nacional de Recursos Fitogenéticos (CRF) do Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) con 1981 cultivares españois (dos cales 1168 pertencen a trigo brande e 772 a trigo duro), entre outros (INIA, 2020).

As variedades tradicionais normalmente son de tallo máis alto e cunha floración máis tardía que as variedades modernas, cunha maior taxa de enchido dos grans, un superior contido en proteína e peso de mil grans que as variedades comerciais (Nazco e col., 2014). O maior contido en proteína débese a que os grans de variedades modernas teñen un endospermo máis grande. Ademais, tamén evidenciouse que as variedades modernas teñen menor contido en minerais e outros micronutrientes (Arzani e Ashraf, 2017).

Mentres que os cultivares comerciais son xenéticamente homoxéneos e uniformes, as variedades locais caracterízanse por unha maior diversidade xenética e heteroxeneidade, debido á combinación da selección humana e natural durante miles de anos, o que aporta unha serie de vantaxes (Newton e col., 2011; Royo e col., 2016):

12

- maior resistencia á patóxenos e enfermidades, como a ferruxe da folla, ou ante factores abióticos e bióticos, como é a acumulación de aluminio (Oliveira e col., 2000; Newton e col., 2011);
- mellor adaptación ao medio (González-García e col., 2021);
- menores necesidades de insumos e maior diversidade xenética (Tilman, 1998);
- maior calidade do produto final polo maior contido en proteínas (Caballero e col., 2001).

A pesar das vantaxes das variedades locais, existe unha fenda entre os programas de conservación do xermoplasma e os de mellora, posto que os cultivares locais non son o suficientemente eficientes como para ser usados como proxenitores nun cruzamento, sendo necesario a identificación das características e xenes que son desexados nas variedades tradicionais, para poder incorporalas nos cruzamentos de mellora xenética (Hammer e Knüpffer, 2015; Royo e col., 2016).

Ademais, é de gran importancia recuperar estas variedades esquecidas para evitar a perda da diversidade xenética e tamén as prácticas agrícolas tradicionais (Oliveira e col., 2000). Na actualidade, existen numerosas iniciativas por todo o país para rescatar cultivares locais de trigo, as cales case sempre están orientadas ao cultivo en ecolóxico e á elaboración de produtos artesanais e de calidade diferenciada (Hammer e Knüpffer, 2015; Royo e col., 2016). Entre estas iniciativas atópanse a recuperación e rexistro das variedades comerciais galegas 'Caaveiro' e 'Callobre' (Royo e col., 2016).

Polo tanto, os cultivos tradicionais constitúen unha excelente alternativa no agro galego porque son máis adaptables ao medio, máis resistentes e tolerantes ao estrés biótico e abiótico e con menores necesidades de aportes externos coma fertilizantes (Newton e col., 2011; Varia e col., 2021). Non obstante, teñen un rendemento inferior cas variedades modernas, pero requiren menor cantidade de insumos de síntese, polo que se adaptan mellor aos sistemas en ecolóxico; ademais, poden acadar uns prezos de venda superiores aos de variedades modernas, tanto en orixe coma nos produtos finais, o que incide no incremento de beneficios para o agricultor e favorece o desenvolvemento rural da zona; e finalmente, promocionan as cadeas curtas de subministro (Varia e col., 2021).

1.3.1. Trigo galego

As referencias a cereais recollidos ou cultivados en Galicia son reducidas (Ramil-Rego e col., 2018). Planellas (1852) fai referencia no seu “Ensayo de una flora fanerogámica gallega” ao cultivo de distintas especies de cereais como o trigo (*Triticum*), avea (*Avena sativa* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.), centeo (*Secale cereale* L.), millo (*Zea mays* L.), melca (*Sorghum* spp.), mijo (*Panicum millaceum* L.) e setaria (*Panicum italicum* L.). Lopez Seoane (1868) fai mención a distintos cereais que servían de base na alimentación humana como eran o millo (*Zea mays* L.), o trigo (*Triticum*) ou o centeo (*Secale cereale* L.).

Colmeiro (1850) recolleu en “Recuerdos botánicos de Galicia: ligeras noticias sobre las plantas observadas de paso en este antiguo reino” a presenza de trigo *Triticum sylvaticum* Moench (actual *Triticum aestivum* L.) en Galicia, cando nos veráns de 1845 e 1848 percorría Galicia, enumerando a vexetación que atopaba co obxectivo de que servira de punto de partida para outros traballos e que as persoas tiveran nocións da vexetación e do clima galego.

13

Entre 1905 e 1909 Baltasar Merino Román publicou os tres tomos de “Flora Descriptiva e Ilustrada de Galicia” na que describiu distintos cereais que se cultivaban en Galicia: trigo, centeo, cebada, avea, millo, sorgo e mijo. En canto ao trigo, Merino só describiu unha especie de trigo: *Triticum vulgare* Villars (hoxe, *Triticum aestivum* L.) e descríbeo como un gran espido e con raquis tenaz.

As referencias aos trigos procedentes de Galicia no herbario que realizaron Lagasca e Clemente e que a inicios do s. XIX foron recollidas na obra “Los trigos de las Ceres Hispanica de Lagasca e Clemente (Téllez e Alonso, 1952), sinalan tres exemplares de trigo tetraploides, coñecidos vulgarmente como “redondillos” e actualmente clasificados como *Triticum turgidum* L.: dous *Triticum linneanum* Herrera *imberber* Lag. (‘Navarrés’) e un *Triticum turgidum* L. *compositum farclum* (‘Racimal’).

De la Peña (1846) redactou a Cartilla Agraria para as escolas rurais da provincia de Lugo e nela fai mención ao trigo. Advirte que para elaborar pan, a semente do trigo ten que ser nova e que os terreos máis indicados para este cultivo son os arxilosos-areosos. A semente debe ser “renovada”, cruzándoa con trigos novos, importados doutros países. Afirmar que, dependendo da zona, hai cultivos que se asentán mellor ca outros (“dan boas colleitas aqueles terreos que son fríos e montuosos”). Menciona tamén que en Lugo, normalmente os trigos ‘Chamorro’ e o ‘Tremesiño’ dan moito rendemento pero “fan un pan regular”. Estes nomes aparecen tamén recollidos na obra de Lagasca e Clemente (Téllez y Alonso, 1952), quenes fan mención á época na que se sementan e tamén as súas características fisiolóxicas (Urquijo, 2021).

De la Peña (1846) tamén fai referencia a outros cereais como é o centeo, do que di que da menos traballo e é máis resistente, polo que se adapta a practicamente calquera solo do noso país. Explica que deste abundante e excelente recurso obtense un pan de boas características na provincia de Lugo, e que mellora se se mestura con trigo. Ademais, sinala a necesidade de cruzar poboacións locais con outras procedentes doutros países, o que pon de manifesto a introdución de semente foránea, unha práctica contraria ao mantemento dos “cultivares locais”.

Pérez (1983) analizou os cultivos existentes de cereais dende 1700 a 1850 na área da Galicia occidental (dende a gran dorsal ao mar e dende a conca do Tambre ao Miño revisando 304 parcelas, analizando un total de 423,28 ha), e sinalou que, no caso dos cereais, os rendementos por superficie incrementáronse dende o século XVIII ao XIX, pasando por exemplo, no caso do trigo, de valores medios de 4,5 (o autor non indica as unidades de medida) a valores ao redor de 6,3-7,6 (en función das zonas); este aumento debíase ás rotacións e a unha fertilización máis eficaz. Ademais, sinala a boa adaptación do millo, que pasa de rendementos de 6 e 7,5 a valores de 8 a 10, tamén dependendo das zonas.

Outro exemplo do vínculo do trigo con Galicia descríbeno Lloveras e Gómez-Ibarlucea (1988) coa rotación de cultivos que se facía en Galicia a finais do s. XX. Tanto o millo, como a pataca e o trigo foron cultivos de gran interese para o agricultor galego e isto deu lugar ao estudo das técnicas agrícolas.

14

A pesar de que non eran grandes superficies as empregadas para a produción de trigo (35.000-47.000 ha), era un cereal de alto valor debido á importancia que tiña o pan na alimentación humana, e o aumento a partir dos anos 50 da produción de trigo forraxeiro produciuse para cubrir a intensificación da produción de leite que ocorría en Galicia naqueles momentos (Gómez-Ibarlucea, 1989a). O trigo destinábase fundamentalmente á alimentación humana mentres que o millo forraxeiro e o centeo adicábanse ao consumo directamente nas explotacións ou á fabricación de pensos (Gómez-Ibarlucea, 1989b).

O trigo, tal como se comentou anteriormente, formaba parte das rotacións que se facían xunto co centeo (xeralmente nas terras máis pobres usábase o centeo e nas máis ricas o trigo). Os cultivos que se empregaban eran: millo ou patacas + trigo ou centeo + nabos (é dicir, 3 cultivos durante 2 anos); millo ou patacas + trigo ou centeo + ferraña (3 cultivos durante 2 anos); patacas + centeo ou trigo (2 cultivos durante 2 anos), centeo ou trigo durante todo ano ou ben unha pradeira de longa duración + trigo ou centeo (moi aconsellable nas explotacións de leite ou carne baseadas no pastoreo) (Gómez-Ibarlucea, 1989a).

Entre 1904 e 1919 publicáronse estudos realizados sobre o bo comportamento do trigo 'Riete', unha variedade de menor altura e cunha produción maior que as do "país" (3.800 kg/ha vs. 1.900 kg/ha). O "trigo do país" considerábase que tiña boas producións, aínda que presentaba problemas de encamado. O rendimento do trigo do "país" víase incrementado ata os 5.000 kg/ha no momento en que se fertilizaba e se aplicaban reguladores de crecemento e, ademais, ao empregar as variedades comerciais que se comezaban a introducir, estes valores incrementábanse (Lloveras e Gómez-Ibarlucea, 1988).

O cultivo de cereais de inverno en Galicia era típico dunha agricultura pouco desenvolvida. Empregábanse variedades locais de trigo adaptadas á zona de centeo e aveá. As producións que se conseguían eran de 2.500-3.500 kg/ha nos casos máis favorables, a metade do acadado coas variedades comerciais (Gómez-Ibarlucea, 1989a).

Nos estudos das características fisiolóxicas, morfolóxicas e produtivas (Sahuquillo, 1991; Sahuquillo e Fraga, 1992) comprobouse que os trigos que de forma tradicional se cultivaban en Galicia pertencían a *Triticum aestivum* L., diferenciando catro variedades: *erythrospermum*, *ferrugineum*, *hostianum* e *barbarossa*; das cales, tras

un estudo comparativo por métodos estadísticos, *erythrospermum* e *hostianum* foron practicamente idénticas entre sí, e similares a *ferrugineum* na maioría dos aspectos. As catro variedades presentaron unha transición de similitude na orde *erythrospermum-hostianum/ferrugineum/barbarossa*. Por outra parte, a cor e pubescencia da gluma, características utilizadas de forma tradicional para diferenciar variedades, non permitiron establecer grupos discretos, polo que os métodos de taxonomía tradicional, numérica, así como outras análises cariolóxicas e isoenzimáticas non xustificaron a separación de taxón por debaixo de subespecie (Sahuquillo, 1991).

Os avances en mellora vexetal dos anos 50 e 60 deron lugar a variedades de alto rendemento e cultivares uniformes, polo que os agricultores abandonaron o cultivo dos cultivares locais para incorporar outras melloradas. Foi na década dos 70 cando, a nivel mundial, se tratou de recoller e conservar as variedades locais co fin de evitar a perda da diversidade xenética.

15

En Galicia, a partir da década de 1980 incrementouse a introdución de cultivares comerciais, cuxo prezo facilitou o seu uso e provocou o abandono parcial dos cultivares locais. Foi no 2002 cando se comezou un programa de recuperación de cultivares locais no Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (CIAM) que permitiu seleccionar dúas variedades de trigo brando con gran calidade para a elaboración de pan galego, estas variedades foron 'Calobre' e 'Caaveiro' (Figura 1.3). A súa existencia, xunto coa comercialización, evitou que se perdera o trigo local (Urquijo, 2018).

O trigo é un cultivo tradicional en Galicia que descendeu paulatinamente (Xunta de Galicia, 2021), pero, grazas a existencia dunha agricultura non profesionalizada, a tempo parcial, en parcelas de reducida dimensión e con demanda por parte das panaderías, seguíronse cultivando numerosos ecotipos locais (Urquijo, 2021) da especie *T. aestivum* L. (hexaploide) (Sahuquillo e Fraga, 1991).

A Cátedra do Pan e do Cereal, promovida inicialmente polo Grupo Da Cunha no ano 2016, está a facer unha gran labor polo desenvolvemento rural, favorecendo o cultivo de trigo local, na actualidade con máis de 1.100 ha (entre elas 125 ha de cultivo ecolóxico), utilizando técnicas de rotación de cultivos. A aparición das Indicacións Xeográficas Protexidas, como a de Pan de Cea ou a de Pan Galego (Regulamento de Execución (UE) 2019/2182; Orde do 20 de xullo de 2020), acrecentou a necesidade de dispor de cultivares locais que proporcionen a calidade desexada.

Foi a partir de 1996 cando o CIAM comezou a desenvolver proxectos de investigación centrados en ecotipos de trigo. Dende o 2002 ata o 2016 levouse a cabo a recolección das accesións que na actualidade forman parte do Banco de Xermoplasma de Cereais de Inverno do CIAM (Urquijo, 2018, 2021), cun total 193 trigos (*Triticum aestivum* L.) de 128 municipios conservados. Este trigos foron caracterizados mediante parámetros agronómicos-fenolóxicos, morfolóxicos, de calidade do gran e tamén foi levada a cabo unha caracterización molecular por análise de electroforese das proteínas de alto peso molecular que se relacionan coa calidade panadeira (Urquijo, 2021).



Figura 1.3. Campo de ensaio do cultivo de trigo 'Caaveiro' (Fotografía de Almeida-García).

Figure 1.3. 'Caaveiro' wheat cultivation test field (Photo by Almeida-García).

Foi a partir destes estudos e a posterior selección baseada no comportamento agronómico, na resistencia a enfermidades e pragas, e na calidade da fariña para a elaboración de pan, o que levou a incluír dúas variedades no Rexistro de Variedades Comerciais da Oficina Española de Variedades Vexetais (OEVV): o trigo 'Caaveiro' (Orde AAA/678/2015) (Figura 1.4) e 'Callobre' (Orde APA/3059/2006). Estas teñen características morfolóxicas e agronómicas que as distinguen de variedades comerciais foráneas (Urquijo, 2018). Son plantas herbáceas de caña alta que na madurez alcanzan os 120-170 cm de altura, con sección oca e paredes delgadas. O porte erguido supón unha vantaxe sobre as malas herbas, mellorando a competitividade pola luz. Os grans son xeralmente máis escuros, cunha alta porcentaxe de proteína, pero cunha forza panadeira media-baixa. A súa produción agrícola é inferior ás de Castela (40-60% menos) (Regulamento de Execución (UE) 2019/2182).

1.3.2. Déficit de produción. Dificultades para a produción

Tanto a Asociación Provincial de Fabricantes de Pan de Lugo (AFAPAN) como a Federación Galega de Panaderías (FEGAPAN) claman que a produción de cereal local non cubre a demanda (Campo Galego, 2019). Esta demanda verase incrementada coa posta en marcha da Indicación Xeográfica Protexida (IXP) Pan Galego (Regulamento de Execución (UE) 2019/2182), posto que os pans que leven esta denominación deberán conter como mínimo o 25% de fariña galega, tal e como se fai referencia no prego de condicións da mesma. Esta IXP trata de garantir a calidade deste produto tan típico na nosa gastronomía e evitar así a fraude.

Esta IXP, aparte de repercutir nos elaboradores e no consumidor (certificando a calidade do produto), tamén vai ser transcendental debido a que favorece o desenvolvemento económico e social do medio rural, sendo unha alternativa para o

campo, posto que este cultivo estase a pagar o dobre do que se paga aos produtores que destinan a súa produción ao gando (en torno a 0,40 €/kg) (Friol, 2020). Este cereal evitaría a entrada de parte do trigo de fóra, que se substituiría por trigo cultivado en Galicia, tratando de reducir así o despoboamento e loitando contra a España baleira.

Pero existen certas dificultades para producir cultivares locais de trigo. Unha delas é asumir o custo inicial de poñer en marcha as fincas que están paradas e que precisan de traballos previos de acondicionamento, o que incrementa os custes de produción, polo que a viabilidade é menos clara a curto prazo (Friol, 2020).



Figura 1.4. Fotografía de trigo da variedade comercial 'Caaveiro' (*Triticum aestivum* L.) (Fotografía de Almeida-García).

Figure 1.4. Photograph of the commercial variety 'Caaveiro' (*Triticum aestivum* L.) (Photo by Almeida-García).

Outra das dificultades é a falta de infraestrutura por parte dos agricultores para almacenar o gran, o que significa que ten que haber saída para todo o cultivo no momento da recollida. Para eliminar este problema, as persoas que se adiquen ao cultivo terían que ter asegurada a recollida de todo o cereal (Friol, 2020), ao que hai que engadir que o prezo do cultivo debería estar garantido para ser seguro e rendible para estas persoas.

1.4. Sistemas de produción

A evolución da agricultura dende as súas orixes ata a actualidade supuxo unha progresiva tecnificación e intensificación, contando na actualidade con dous sistemas de produción fundamentais: a produción ecolóxica e a convencional.

A produción ecolóxica é un sistema xeral de xestión agrícola e de produción de alimentos que combina as mellores prácticas en materia de medio ambiente e clima,

un alto nivel de biodiversidade, a conservación dos recursos naturais e a aplicación de normas esixentes en materia de benestar animal e seguridade alimentaria. Este sistema de xestión está baseado principalmente nos seguintes principios (Regulamento UE 2018/848 do Parlamento Europeo e do Consello, sobre produción ecolóxica e etiquetado dos produtos ecolóxicos):

a) o respecto polos sistemas e ciclos naturais e o mantemento e mellora do estado do solo, da auga e do aire, da saúde das plantas e animais, e do equilibrio entre eles;

b) a conservación de elementos da paisaxe natural;

c) o uso responsable da enerxía e dos recursos naturais como a auga, o solo, a materia orgánica e o aire;

18

d) a obtención dunha gran variedade de alimentos e outros produtos agrícolas de boa calidade que satisfagan a demanda dos consumidores de produtos obtidos mediante procesos que non danen o medio ambiente, a saúde humana animal e vexetal;

e) a garantía da integridade da produción ecolóxica en cada fase da produción, transformación e distribución dos alimentos;

f) o deseño e xestión adecuados dos procesos biolóxicos baseados en sistemas ecolóxicos e que utilicen os recursos naturais do sistema de xestión;

g) a restrición do uso de medios externos (en caso de ser precisos estes, deberán de proceder de agricultura ecolóxica, ser substancias naturais ou ben fertilizantes de baixa solubilidade).

A produción ecolóxica está regulada, mentres que o termo convencional aplícase amplamente a unha variedade de sistemas de xestión modernos e o seu significado pode variar. En xeral, pódese entender que a produción convencional é calquera sistema agrícola non orgánico dependente de insumos externos para lograr altos rendementos. Esta agricultura depende altamente de fertilizantes sintéticos e/ou outros produtos químicos, da labranza e o abuso dos monocultivos, o que conleva a degradación do solo, tanto física como bioloxicamente, así como a redución da biodiversidade (Sumberg & Giller, 2022).

1.4.1. Situación da agricultura ecolóxica en Galicia

As producións ecolóxicas son prácticas agrícolas reguladas por organismos institucionais internacionais e nacionais, que certifican produtos orgánicos dende a produción, o manexo e ata o seu procesado (Gomiero, 2018). O 14 de xuño de 2018 publicouse o Regulamento (UE) 2018/848 do Parlamento Europeo e do Consello, sobre produción ecolóxica e etiquetado dos produtos ecolóxicos, polo que se derogou o Regulamento (CE) nº 834/2007 sobre produción e etiquetado dos produtos ecolóxicos. O Consello Regulador de Agricultura Ecolóxica de Galicia (CRAEGA) é o órgano encargado do control e certificación das producións ecolóxicas en Galicia.

Segundo os últimos datos publicados, a superficie inscrita no CRAEGA no 2020 foi de 32.055,77 ha, sendo Lugo a provincia con máis superficie cultivada en ecolóxico,

representado máis da metade da superficie. Se se segmenta por tipo de cultivo, o 73,23% da superficie rexistrada destínase a pastos permanentes, estando Lugo á cabeza pola súa marcada orientación gandeira. O 20,59% destínase a cultivos permanentes (tendo especial relevancia os froitos, bagas e froitos secos) mentres que o restante destínase a terras arables. O 72% destas terras destínanse a plantas colleitadas en verde como o millo forraxeiro, chícharos, nabos e praderías. No relativo á produción de gran, 225 ha están aproveitadas, representando só un 0,70% da superficie total certificada en Galicia (CRAEGA, 2020). Non temos constancia de que existan máis datos oficiais relativos á produción ecolóxica de cereais, como pode ser o trigo, en Galicia.

Por outra banda, o volume de vendas de produtos de alimentación galegos certificados sitúase por riba dos 108 millóns de € no 2020, o que significa un incremento do 16,79% con respecto ao ano anterior. Fixándonos nos cereais, a venta destes produtos disparouse de forma exponencial, pasando de 806 € no 2019 a 8.120 € no 2020. Ademais, produciuse un incremento do 7,45% nas vendas de produtos de panificación no 2020, con valor de 1.476.350 € (CRAEGA, 2020).

19

Estas cifras débense a que o cultivo en ecolóxico está en auxe debido á crecente demanda dos seus produtos por parte dos consumidores, os cales están cada vez máis preocupados pola saúde, pola súa alimentación e polo medio ambiente (Varia e col., 2021). O último informe que publicou o Ministerio de Agricultura, Pesca e Alimentación (MAPA, 2020) referente ao 2019, detalla que o consumo *per cápita* de produtos ecolóxicos incrementouse un 7,7% respecto ao 2018 (isto equivale a 50,2 € por habitante e ano), o que supón que se gastaron neste tipo de alimentos 2.363 millóns de €, un 8,4% máis que no anterior ano. Obsérvase a mesma tendencia a nivel europeo, cunha maior presenza de produtos ecolóxicos no mercado, cun incremento do 8,28% no ano 2020 en comparación co ano 2019 (FiBL & IFOAM – ORGANICS INTERNATIONAL, 2021, 2022).

A intensificación da produción de cultivos e o seu elevado consumo de insumos leva a diversos problemas ambientais, como o esgotamento dos recursos enerxéticos non renovables, a redución da biodiversidade, a contaminación das augas e as emisións de gases de efecto invernadoiro. Exemplo disto é o estudo realizado por González-García e col. (2021), no que avalían os impactos ambientais de diferentes sistemas de cultivo baixo distintos réximes de rotación para producir gran de trigo de inverno, onde os escenarios ecolóxicos son os preferidos medioambientalmente fronte aos convencionais (González-García e col., 2021).

Outro estudo recente, que avalía as implicacións ambientais e económicas da introdución do cultivo do tremoceiro en sistemas rotativos baseados no trigo de inverno en réxime ecolóxico en Galicia, mostra que, en xeral, o sistema convencional ten un impacto negativo, tras aplicar distintas ferramentas que serven para estudar os impactos ambientais como quecemento global, o esgotamento da capa de ozono, a acidificación terrestre, a eutrofización de auga doce, a eutrofización mariña, a ecotoxicidade terrestre, a ecotoxicidade de auga doce ou a ecotoxicidade mariña. En todos os parámetros, a agricultura ecolóxica presenta beneficios ambientais, a excepción da acidificación terrestre debido a aplicación de esterco como fertilizante, que requirirá dunha investigación máis detallada como sinalan diferentes autores (Rebolledo-Leiva e col., 2022).

Ademais, estes estudos demostran que os cultivares locais como 'Caaveiro' requiren menos agroquímicos e actividades agrícolas, destacando a importancia destas variedades comerciais locais para garantir a sustentabilidade dos sistemas agrícolas e alimentarios (González-García e col., 2021). Ademais, outras estratexias agrícolas tradicionais como o uso da rotación de cultivos evitando monocultivos ou a utilización de barbeitos poden axudar a abordar os impactos ambientais (Almeida-García, e col. 2022).

1.5. A fariña

1.5.1. Definición e orixe

20

No Real Decreto 677/2016, polo que se aproba a norma de calidade para fariñas, defínese a fariña como *“o produto obtido da moenda do gran do cereal, constituído fundamentalmente polo endospermo, cunha granulometría tal que o 90% das partículas pasen a través dun burato de 180 µm de luz de malla, a excepción da fariña morena na que debe pasar o 80% das partículas”*.

A orixe da moenda de grans de cereais para obter fariñas sitúase no Neolítico. Escavacións arqueolóxicas desenterraron instrumentos de moedura en todo o mundo. Entre os métodos máis rudimentarios atopábase a moedura de pedra, onde os grans esmagábanse entre dúas pedras (unha delas fixa e a outra fai presión ao gran mentres estaba en movemento). No século XV, aparece documentado que se empregaban telas de liño e outros materiais para separar as fariñas brancas do farelo. A revolución industrial trouxo cambios na forma de moer os cereais coa aparición de muíños de auga, barutos rotativos e de arames para refinar as fariñas (Jones e col., 2015). O proceso de moedura mellorouse a mediados do século XIX cando apareceron os muíños de roletes que permitían separar o trigo en tres fraccións (endospermo, farelo e xerme) (Parenti e col., 2020).

1.5.2. A fariña de trigo en España e Galicia

Na Norma de Calidade de fariñas defínese a fariña de trigo como *“a que se obtén da moenda do gran de trigo *T. aestivum* ou da mestura deste co *T. durum* Desf. (levando como máximo un 20% deste último), listo para a súa venta ao consumidor final para ser utilizada na elaboración doutros produtos alimenticios”* (Real Decreto 677/2016).

A produción de fariña de trigo branco en 2018 en España foi en torno aos 3,46 millóns de t, o que supón un valor de 975,12 millóns de €, cun volume un 4,7% inferior o do 2019. Esta produción non é suficiente, de feito, a metade do trigo branco que consome a industria fariñeira española procede de importacións, maioritariamente de Francia, Alemaña, Reino Unido e Estados Unidos. No 2020 importáronse 110.302,9 t de fariña de trigo, un 29% máis que o ano anterior (MERCASA, 2021).

A maior parte desta produción queda no mercado interior. No ano 2020 as exportacións ascenderon a 125.885,6 t no caso da fariña de trigo, un 13,1% menos que en 2019, sendo os principais mercados países da África Subsahariana, do Magreb e do Oriente Medio, seguidos por Francia e Portugal (MERCASA, 2021).

Ademais de fariña de trigo, producíronse 147.562 t de fariña doutros cereais, un volume superior en un 8,9% respecto o 2019, atribuíndose este crecemento o

interese do consumidor por probar panes e doces elaborados con fariñas doutros cereais, especialmente centeo (MERCASA, 2021).

Preto do 65% da fariña que se produce no noso país destínase á industria da panificación, mentres que o restante dedícase a outras industrias de segunda transformación como á pastelería, bolaría, galletas, alimentos infantís, pizzas, pratos precociñados, etc. (MERCASA, 2021).

A industria de transformación do trigo en fariña e sémola conta con preto de 110 empresas, das cales o 98% son fariñeiras e o resto semoleiras (MERCASA, 2021). Este número de fábricas foise reducindo nas últimas décadas (a principios de século había case o dobre). As industrias que están a pechar na actualidade son as fábricas de menor tamaño, facendo que aumentaran as de maior tamaño. Os tres principais grupos do sector teñen unhas ventas en torno aos 250 millóns de euros (MERCASA, 2018).

21

Segundo os datos do IGE (2020), a produción de fariñas en Galicia está aumentando lixeiramente (por exemplo, no 2012 a produción foi de 95.188 t e no 2019 foi de 125.181 t) e sitúase como a cuarta Comunidade con maior número de fábricas fariñeiras despois de Castela e León, Andalucía e Castela-A Mancha (MERCASA, 2021).

1.5.3. Proceso produtivo

O proceso produtivo da fariña consta de diferentes etapas (Arvanitoyannis e Traikou, 2007):

- **Recepción do trigo:** o trigo debe vir con certificado de calidade e os resultados das análises microbiolóxicas. Deben realizarse unha serie de comprobacións previas á descarga como son a detección de materiais estraños, humidades altas e malos olores. Tamén se deben facer controis en canto á proteína do trigo, os grans de amidón que se destrúen ou determinar a actividade α -amilasica.
- **Almacenamento do trigo en silos:** débense controlar os parámetros de temperatura e humidade para evitar o desenvolvemento microbiano non desexado.
- **Limpeza e tamizado do trigo:** co obxectivo de eliminar impurezas do trigo, como poden ser restos vexetais, terra, insectos, etc. Realízanse mediante unha serie de operacións que eliminan estas impurezas en función da densidade, forma, tamaño e magnetismo (Sabillón e Bianchini, 2016). Así, evítase poñer en risco a saúde dos consumidores e danos nos equipos de moedura.
- **Acondicionamento:** pódese engadir auga ao trigo limpo para mellorar a eficiencia da extracción da fariña. Realízase en grandes contedores cunhas cantidades de auga e tempos específicos para alcanzar os niveis de humidade desexados.
- **Moedura do trigo:** nesta etapa o trigo sométese a unha serie de operacións, como son a redución do tamaño de partícula e o tamizado (Sabillón e Bianchini, 2016). En termos xerais, o gran de trigo divídese en tres partes: endospermo, xerme e farelo. Durante a moedura convencional de roletes, gran parte do

endospermo é separado do xerme e o farelo a través das etapas de moedura e tamizado. O endospermo móese para obter a fariña de trigo segundo o grado de refinamento con tamaño de partículas menores. O farelo e o xerme sepáranse en función do tamaño de partícula e aspiración. Os tres produtos obtidos (fariña, farelo e xerme) poden ter distintos destinos (alimentación humana ou animal) (Hemdane e col., 2016).

- **Almacenamento das fariñas:** débese controlar a temperatura e a humidade para evitar o desenvolvemento de microorganismos patóxenos e alterantes.
- **Embalaxe da materia prima:** dosifícase nos correspondentes envases para o seu posterior comercio. Ao finalizar ten que pasar por un detector de metais. Almacénase ata a súa comercialización tendo controladas a temperatura e humidade relativa (nunca inferior a 20°C e ó 65% de humidade relativa).

1.5.4. Calidade das fariñas

O glute é un complexo de proteínas de pequeno tamaño que representa o 80% das proteínas do trigo. Está formado por gluteninas (responsables da tenacidade e elasticidade da masa) e gliadinas (que aportan extensibilidade á masa). Este apórtalle á masa as propiedades viscoelásticas e cohesivas tan desexables para a fabricación de pan ou galletas (Espí, 2013; Barroso, 2017).

A calidade da fariña en panadaría é un concepto moi amplo, xa que existe unha gran variedade de produtos que se obteñen a partir da fariña de trigo. Polo xeral, a calidade das fariñas para obter pan asóciase cunha relación de volume/peso de fariña alta e a obtención dun miolo alveolado, dunha textura de codia axeitada e doutras características organolépticas (Espí, 2013). Hai diferentes parámetros que estiman a calidade das fariñas e entre eles atópase o contido en proteínas e a humidade (Real Decreto 190/2013; Real Decreto 1615/2010; Real Decreto 677/2016), que afectan a outros parámetros característicos das masas e que se empregan para estimar as calidades destas (Espí, 2013):

- Extensibilidade (L): capacidade da masa para deixarse estirar cando se mestura con auga (Casta, 2008). Relaciónase coa capacidade de retención de gas que se produce durante a fermentación (Espí, 2013).
- Tenacidade (P): forza necesaria para deformar unha masa. Permite estimar a forza necesaria para inchar unha masa e está ligada coa absorción de auga da fariña (Espí, 2013).
- Equilibrio da masa (P/L): relaciona a tenacidade e a extensibilidade permitindo avaliar o uso final máis axeitado desa fariña ($P/L < 0,5$ extensibles; $0,5 < P/L < 0,8$ equilibradas; $P/L > 0,8$ tenues) (Casta, 2008).
- Forza panadeira (W): traballo de deformación requirido para a extensión dun gramo de masa ata a súa rotura (Espí, 2013). Canto maior sexa W, maior capacidade terá a masa para soportar a presión do gas que se produce como consecuencia da fermentación. Tanto L, P coma W mídense nun alveógrafo. A forza panadeira é un parámetro comunmente empregado para a clasificación das fariñas (gran forza, forza, media forza e panificable) (Real Decreto 677/2016).
- Índice de caída: mide a actividade α -amilásica. Será elevada a actividade se procede de fariñas de trigo xerminados e obteranse produtos de baixa

calidade (miolo pegañoso, pouco volume, etc.) (Espí, 2013). Considéranse valores adecuados entre 250 e 300 s (Casta, 2008).

- Índice de Zeleny: dá información sobre a calidade e cantidade das proteínas. Canto maior, mellor calidade ten o glute (considérase que este é de boa calidade cando é superior a 35 mL) (Casta, 2008).
- Índice de glute (húmido ou seco); é un método que avalía as características proteicas do trigo (Barroso, 2017).

1.5.5. Calidade das fariñas locais galegas

O Real Decreto 1615/2010, polo cal se aproba a Norma de Calidade do trigo, co cal se pretende pór en valor este produto, clasifica o trigo 'Callobre' cun contido de proteína igual ou superior ao 11%, unha W situada entre 100 e 200, P/L igual ou inferior a 1, e un índice de caída igual ou superior a 250 segundos. Estes parámetros coinciden cos expostos na táboa 1.1, nos que se amosan certas características das fariñas locais de Galicia.

Segundo a Orde do 20 de xullo do 2020, pola que se aproba o Regulamento da Indicación Xeográfica Protexida Pan Galego/Pan Gallego e o seu Consello Regulador, e se nomea o Consello Regulador provisional, 'Callobre' e 'Caaveiro' xeralmente producen unha fariña máis escura (o gran é máis escuro) cas variedades comerciais alóctonas, presentan unha alta porcentaxe de proteína, pero cunha W media-baixa. 'Caaveiro' ten unha W superior a 'Callobre' (Táboa 1.1), e a isto hai que sumarlle os mellores resultados agronómicos obtidos en diversos ensaios, cun mellor rendemento e un menor encamado (Urquijo, Comunicación persoal).

Variedade comercial local	PE*	IZ	Prot	P	L	P/L	W	IC	GH
'Caaveiro'	79	33	14,7	123	64,1	0,55	179	313,3	31
'Callobre'	79,5	21,3	14,9	131	42,61	0,35	102	353,7	32,58

*PE: peso específico (Kg/hl); IZ: índice de Zeleny (ml); Prot: proteína (%); P: tenacidade (mm H₂O); L: extensibilidade da masa (mm); W: forza panadeira (J); IC: índice de caída (seg); GH: glute húmido.

Táboa 1.1. Comparativa das características alveográficas dos cultivares locais 'Caaveiro' e 'Callobre' (Urquijo, Comunicación persoal).

Table 1.1. Comparison of the alveographic characteristics of the local varieties 'Caaveiro' and 'Callobre' (Urquijo, Comunicación persoal).

1.6. O pan

1.6.1. Definición de pan

Na Norma de Calidade do pan (Real Decreto 308/2019) defínese o pan como “o produto resultante da cocción dunha masa obtida mesturando fariña e auga, con ou sen sal, fermentado coa axuda de lévedo e/ou masa nai”.

Chámase pan común ao que se define anteriormente e se consome nas seguintes 24 horas tras a súa cocción, e que se fai ou ben con fariña branca ou ben con fariña integral, e poderá levar tamén farelo de cereais (Real Decreto 308/2019). O pan que se fai en Galicia de xeito tradicional atópase dentro desta categoría de pan común.

Nesta Norma de Calidade do pan (Real Decreto 308/2019) inclúense as condicións que se deben cumprir para que o pan sexa considerado artesán. A elaboración artesán debe cumprir as condicións que impón dita norma. Tal e como o seu nome indica, no pan artesán debe primar o factor humano sobre o factor mecánico; e ademais, a fermentación levarase a cabo en bloque, salvo nas masas refinadas con cilindros (esta etapa farase xusto despois do amasado e antes da división en pezas).

24

Outro dos requisitos é que a produción non se pode facer en grandes series e que o moldeado final das pezas deberá ser total ou parcialmente manual. Hai que engadir que a produción ten que ser supervisada por un mestre panadeiro ou artesán que teña coñecemento ou experiencia demostrables. Tamén dentro desta categoría estaría o pan que se fai en Galicia de xeito tradicional.

Dende a antigüidade, o pan forma parte da nosa alimentación. Segundo os últimos datos publicados polo Ministerio de Agricultura, Pesca e Alimentación no informe anual de Consumo Alimentario en España (MAPA, 2021), os fogares españois adican o 4,55% do seu gasto en alimentación ao consumo de pan, o que implica un gasto medio por persoa e ano de 71,06 € (o que supón un descenso do 9,1% desde o ano 2020). Isto tradúcese nun consumo medio de 30,07 kg por persoa e ano.

As persoas residentes en Galicia, Navarra, Asturias, País Vasco, A Rioxa e Castela e León son as que mais pan consumiron no ano 2021, superando a media nacional, cun valor de entre 4 y case 9 kg por persoa e ano (MAPA, 2021).

Estes datos poñen de manifesto a transcendencia do pan na alimentación en España e, concretamente, en Galicia.

1.6.2. Indicación Xeográfica Protexida (IXP) “Pan Galego” / “Pan Gallego”

A importancia e valor do pan na cultura culinaria de Galicia xustifica a recente entrada en vigor da Indicación Xeográfica Protexida “Pan Galego”/ “Pan Gallego” (Regulamento de Execución (UE) 2019/2182; Orde de 20 de xullo de 2020) que trata de garantir a calidade e a autenticidade do pan elaborado na nosa comunidade.

O pan amparado baixo a Indicación Xeográfica Protexida “Pan Galego” é un pan con codia crocante, dureza variable en función do formato, miolo esponxoso e alveolado abundante e irregular, que se elabora de xeito artesán con auga, fariña, masa nai, lévedo (*Saccharomyces cerevisiae*) e sal (Orde do 20 de xullo de 2020).

Este pan caracterízase pola mestura de fariña de cultivares de trigos locais cultivados en Galicia e de fariña de forza de trigos foráneos. Ambos pertencen á especie de trigo brando, *Triticum aestivum* L.

Aínda que a proporción de fariña de trigo na mestura é variable en función de cada panadaría, esíxese un mínimo do 25% de fariña local para garantir a conservación

das calidades intrínsecas destas, como explica o prego de condicións da IXP “Pan Galego” (Orde do 20 de xullo de 2020).

Estes trigos locais de Galicia (denominados comunmente como “trigo do país” ou “trigo galego”) son un grupo de diversos ecotipos locais entre os que dúas variedades foron seleccionadas e rexistradas, ‘Callobre’ e ‘Caaveiro’, como se comentou anteriormente (Orde do 20 de xullo de 2020). Estas variedades foron seleccionadas no Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (CIAM), pertencente á Axencia Galega de Calidade Alimentaria (AGACAL) a partir do material conservado no Banco de Germoplasma de Cereales de Invierno do CIAM (Urquijo, 2021), de tal maneira que das liñas melloradas de ecotipos colleitados en Galicia, a liña 68 rexistrouse variedade comercial denominada ‘Callobre’ no ano 2006, e a liña 195 como variedade de conservación co nome ‘Caaveiro’ en 2015.

Estes trigos teñen que ser cultivados na Comunidade Autónoma de Galicia. A elaboración caracterízase polo uso de masa nai e abundante cantidade de auga. Ademais, empréganse tempos de fermentación longos e a cocción faise en fornos con soleira de pedra ou outros materiais refractarios (Orde do 20 de xullo de 2020).

25

O pan amparado pola indicación xeográfica “Pan Galego” presentará as seguintes características (Orde do 20 de xullo de 2020):

- **Forma:** variable en función do formato do que se trate. Existen catro tipos de pezas cun formato tradicional específico: “bolo” ou “fogaza”, “rosca”, “bola” ou “torta” e “barra”.
- **Codia:** que ten distintas características como son a súa cor (que vai dende dourado ao marrón escuro), grosor (oscila entre 3 mm e 10 mm, e no caso das barras de 1 a 3 mm) e, por último, a consistencia, que ten que ser crocante e de dureza variable en función do formato.
- **Miolo:** caracterizado por unha cor que vai dende branco escuro a crema pálido. Con textura esponxosa e alveolado abundante de tamaño e distribución irregular.
- En canto ao **sabor e aroma**, é un pan con sabor intenso a trigo, cun punto lixeiramente acedo e moi aromático. A codia é unha protección que mantén durante moitas horas as súas características, alongando o tempo de consumo.

A área de elaboración do pan recollido dentro da IXP comprende toda a Comunidade Autónoma de Galicia. Polo tanto, todo o proceso produtivo debe contar con sistemas de traballo que permitan asegurar, en calquera etapa, a trazabilidade do produto e o cumprimento do prego de condicións da IXP (Orde do 20 de xullo de 2020).

Este pan só poderá ser comercializado baixo esta denominación cando se produza seguindo o prego de condicións, que se garantirá no envase cunha contra etiqueta da propia IXP que terá unha codificación alfanumérica e numeración correlativa (supervisada polo organismo de control) (Figura 1.5) (Orde do 20 de xullo de 2020).



Figura 1.5. Logotipo oficial da Indicación Xeográfica Protexida “Pan Galego” (Orde do 20 de xullo de 2020).

Figure 1.5. Official logo of the Protected Geographical Indication “Pan Galego” (Orde do 20 de xullo de 2020).

Os rexistros de parcelas de cultivo, así como os muíños e instalacións de elaboración e venda, deberán estar permanentemente actualizados polo órgano que levará o control.

Neste rexistro tamén deberán inscribirse os datos dos titulares dos muíños e das parcelas nas que se cultiva o trigo de cultivares e ecotipos locais galegos destinados á produción da fariña para a elaboración deste tipo de pan.

Finalmente, en canto ao rexistro das panadarías, inscribíranse os datos dos titulares e das instalacións de elaboración do pan así como os locais onde se venderán. Só se pode producir este pan artesán en instalacións que estean rexistradas dentro da zona permitida e cumprir a normativa do prego de condicións e o resto de normas que a complementa (Orde do 20 de xullo de 2020).

Polo tanto, os produtos con algún tipo de certificación (como son as Indicacións Xeográficas Protexidas ou as Denominacións de Orixe Protexidas) posúen un valor engadido que pode ter repercusión económica (Pasqualone e col., 2010). Isto supón que hai que aplicar sistemas que garantan a autenticidade destes produtos. Neste caso, esta IXP brinda a oportunidade de protexer e poñer en valor este produto.

1.7. Bibliografía

Almeida-García, F., Lago-Oliveira, S., Rebolledo-Leiva, R., González-García, S., Teresa Moreira, M., Ruíz-Nogueiras, B., & Pereira-Lorenzo, S. (2022). Growing *Triticum aestivum* Landraces in Rotation with *Lupinus albus* and Fallow Reduces Soil Depletion and Minimises the Use of Chemical Fertilisers. *Agriculture*, 12(7), 905. <https://doi.org/10.3390/agriculture12070905>.

- Arvanitoyannis, I. S., e Traikou, A. (2007). A comprehensive review of the implementation of hazard analysis critical control point (HACCP) to the production of flour and flour-based products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(5), 327-370. <https://doi.org/10.1080/10408390590967694>.
- Arzani, A., e Ashraf, M. (2017). Cultivated ancient wheats (*Triticum* spp.): a potential source of health-beneficial food products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(3), 477-488. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12262>.
- Barroso, N. (2017). Influencia varietal y ambiental en las características agronómicas y de calidad del trigo duro (*triticum turgidum* (L.) thell. Durum Desf.). Implicaciones en la selección de nuevas variedades [Tese Doutoral]. Universidad de Extremadura.
- Belderok, B., Mesdag, J., Donner, D.A. (2000). Bread-making quality of wheat: a century of breeding in Europe. Springer Science & Business Media, XVIII, 416 pp. ISBN: 978-90-481-5493-7. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-0950-7>.
- Bellido, L. L. (1990). Cultivos Herbaceos Voll – Cereales. Ediciones Mundi Prensa. ISBN:84-7114-324-0.
- Bernabeu Aubán, J. (2007). Sobre el origen y difusión del Neolítico en la Península Ibérica, ca. 5600-5000 cal aC. Promontoria, Revista do Departamento de História, Arqueologia e Património da Universidade do Algarve, (5), 125-162.
- CRAEGA. (2020) Memoria anual 2020. Consello Regulador de Agricultura Ecolóxica de Galicia. https://www.craega.es/wpcontent/uploads/2021/07/_memoriaCraega2020.pdf.
- Caballero, L., Martin, L. M., e Alvarez, J. B. (2001). Allelic variation of the HMW glutenin subunits in Spanish accessions of spelt wheat (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L. em. Thell.). *Theoretical and Applied Genetics*, 103(1), 124-128. <https://doi.org/10.1007/s001220100565>.
- Campo galego (2019). Los panaderos gallegos piden sembrar Galicia de cereal autóctono'. Campo Galego. <https://www.campogalego.com/es/los-panaderos-gallegos-piden-sembrar-galicia-de-cereal-autoctono/>.
- Castá, P. (2008). Resultados de calidad de nuevas variedades de trigo: campañas 2006-2007 y 2007-2008. Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. http://www.itacyl.es/documents/20143/235841/calidad_de_trigo_WEB.pdf/c2a10f8a-dfbb-a411-472d-9374e13b7be4.
- Charmet, G. (2011). Wheat domestication: lessons for the future. *Comptes Rendus Biologies*, 334(3), 212-220. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2010.12.013>.
- Colmeiro, M. (1850). Recuerdos botánicos de Galicia: Ligeras noticias sobre las plantas observadas de paso en este antiguo reino. Compañel.
- Crecente-Campo, J.; Romero-Rodríguez, M.A.; Vázquez-Odériz, M.L. (2012). Colour, anthocyanic pigment, ascorbic acid and total phenolic compounds determination in organic versus conventional strawberry (*Fragaria ananassa* Duch, cv Selva). *Journal of Food Composition and Analysis* 28: 23- 30. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.07.004>.
- De la Peña, J (1846). Cartilla agraria para las escuelas rurales de la provincia de Lugo. Imprenta de la V. de Riesgo e Hijos.
- Espí, A. (2013). Estudio molecular de gluteninas de alto y bajo peso molecular en *Triticum aestivum* ssp. *vulgare* L. y su relación con la calidad panadera [Tese Doutoral]. Universidad Politécnica de Madrid).

- FiBL & IFOAM – ORGANICS INTERNATIONAL. (2021). The World of Organic Agriculture Statistics and Emerging Trends. Statitics & Emerging Trends 2021. <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1150-organic-world-2021.pdf>
- FiBL & IFOAM – ORGANICS INTERNATIONAL. (2022). The World of Organic Agriculture. Statistics & Emerging Trends 2022. <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1344-organic-world-2022.pdf>.
- Friol (2020). El trigo del país doblara su producción con la IGP Pan Galego. Campo Galego, <https://www.campogalego.es/aumenta-la-produccion-de-trigo-autoctono-por-la-demanda-de-las-panaderias-que-apuestan-por-la-diferenciacion/>
- Gómez-Ibarlucea, C. (1989a). Cereales de invierno en Galicia (II) Resultados de la experimentación. Agricultura: Revista agropecuaria, 689, 1068-1073.
- Gómez-Ibarlucea, C. (1989b). Los cereales de invierno en Galicia (I). Situación actual y perspectivas. Agricultura: Revista agropecuaria, 685, 720-723
- Gomiero, T. (2018). Food quality assessment in organic vs. conventional agricultural produce: findings and issues. Applied Soil Ecology, 123, 714-728. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.10.014>
- González, T. F., e Rojo, H. C. (2005). Gramíneas y seudocereales. En: Mateo B., J. M., e Novillo C., J (Eds.): Prontuario de Agricultura: Cultivos Agrícolas (3-228). Editorial Mundi Prensa. ISBN: 84-8476-248-3.
- González-García, S., Almeida, F., Moreira, M. T., & Brandão, M. (2021). Evaluating the environmental profiles of winter wheat rotation systems under different management strategies. Science of the Total Environment, 770, 145270. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145270>.
- Gustafson, P., Raskina, O., Ma, X., e Nevo, E. (2009). En: Carver, B. F. (Ed.), Wheat:science and trade (5-30). John Wiley e Sons.
- Hammer, K. e Knüpffer, H. (2015). Genetic Resources of Triticum. En: Ogihara, Y., Takumi, S. e Handa, H. (Eds.), Advances in Wheat Genetics: From Genome to Field (23-31). Springer.
- Hemdane, S., Jacobs, P. J., Dornez, E., Verspreet, J., Delcour, J. A., e Courtin, C. M. (2016). Wheat (Triticum aestivum L.) bran in bread making: A critical review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 15, 28–42. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12176>.
- IGE (2020). Principais producións agrícolas. [https://www.ige.gal/igebdt/esqv_esp?ruta=verTabla.jsp?OP=1&B=1&M=&COD=418&R=1\[0\];0\[2019\]&C=9912\[all\]&F=&S=&SCF=](https://www.ige.gal/igebdt/esqv_esp?ruta=verTabla.jsp?OP=1&B=1&M=&COD=418&R=1[0];0[2019]&C=9912[all]&F=&S=&SCF=).
- INIA (2020). Inventario Nacional de Recursos Fitogenéticos. En: http://webx.inia.es/web_inventario_nacional/.
- Jones, J. M., Adams, J., Harriman, C., Miller, C., e Van der Kamp, J. W. (2015). Nutritional impacts of different whole grain milling techniques: a review of milling practices and existing data. Cereal Foods World, 60(3), 130-139.
- Kihlberg, I., Öström, Å., Johansson, L., & Risvik, E. (2006). Sensory qualities of plain white pan bread: Influence of farming system, year of harvest and baking technique. Journal of Cereal Science 43(1): 15–30. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.04.008>.
- Kilian, Benjamin & Ozkan, Hakan & Pozzi, Carlo & Salamini, Francesco. (2009). Domestication of the Triticeae in the Fertile Crescent. https://doi.org/10.1007/978-0-387-77489-3_3.
- Kislev, M. (2002) Origin of annual crops by agro-evolution. Isr J Plant Sci 50:S85–S88. <https://doi.org/10.1560/QV07-WYET-WPQ5-QRDC>.

- Lacadena, J.R. (1996). Citogenética. Madrid: Editorial Complutense.
- Lambert, J. L., Le-Bail, A., Zuniga, R., Van-Haesendonck, I., Vnzeveren, E., Petit, C., 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. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2008.00203.x>
- Lloveras, J. e Gómez-Ibarlucea, C. (1988). Cultivos anuales y sus rotaciones. *Agricultura: Revista agropecuaria*, 672, 494-496.
- López Seoane, V. (1868). *Reseña de la Historia Natural de Galicia*. Lugo: Imprenta de Soto Freire.
- MAPA (2020). Análisis de la caracterización y proyección de la producción ecológica española en 2019. Servicio de Publicaciones del MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), Madrid, España. https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/produccion-eco/informecaracterizacionecologicos2020-nipodef_tcm30-583131.PDF.
- MAPA (2021). Oficina Española de Variedades Vegetales. Catálogos Nacionales y Comunitarios. https://www.mapa.gob.es/app/regVar/ResBusVariedades.aspx?id=e_s&TxtEspecie=TRIGO+BLANDO&IDEspe cie=2.
- MAPA (2021). Informe de Consumo Alimentario en España 2021. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España. https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-tendencias/informe-consumo-alimentario-2021-baja-res_tcm30-624017.pdf.
- MAPA (2019). Producciones agrícolas. Cultivos herbáceos e industriales Cereales. <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/cultivos-herbaceos/cereales/default.aspx>.
- MERCASA (2018). Alimentación en España 2018. 21ª edición. 2018/2019. http://www.mercasa-ediciones.es/alimentacion_2018/pdfs/Alimentacion_en_Espana_2018_web.pdf.
- MERCASA (2021). Alimentación en España 2021. 24ª edición. 2021/2022. http://mercasa-ediciones.es/alimentacion_2019/Alimentacion_2019.pdf.
- Merino Román, B. (1909). *Flora descriptiva e ilustrada de Galicia*. Tomo 3. Santiago: Tipografía Galaica.
- Nalam, V. J., Vales, M. I., Watson, C. J., Kianian, S. F., e Riera-Lizarazu, O. (2006). Map-based analysis of genes affecting the brittle rachis character in tetraploid wheat (*Triticum turgidum* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 112(2), 373-381. <https://doi.org/10.1007/s00122-005-0140-y>.
- Nazco, R., Peña, R. J., Ammar, K., Villegas, D., Crossa, J., Moragues, M., & Royo, C. (2014). Variability in glutenin subunit composition of Mediterranean durum wheat germplasm and its relationship with gluten strength. *The Journal of agricultural science*, 152(3), 379-393. <https://doi.org/10.1017/S0021859613000117>.
- Newton, A. C., Akar, T., Baresel, J. P., Bebeli, P. J., Bettencourt, E., Bladenopoulos, K. V., Czembó, J.H., Fasoula, D. A., Katsiotis, A., Koutis, K., Koutsika-Sotiriou, M., Kovacs, G., Larsson, H., Pinheiro de Carvalho, M. A.A., Rubiales, D., Russell, J., Dos Santos, T. M. M., & Vaz Patto, M. C. (2011). Cereal landraces for sustainable agriculture. *Sustainable Agriculture* 2: 147-186. <https://doi.org/10.1051/agro/2009032>

- Oliveira, J., Mezquita, F., Teijeiro, T., Gómez-Ibarlucea, C., e Piñeiro, J. (2000). Agromorphological and grain quality characterisations of northern Spanish wheats under low-nitrogen conditions. *EDP Sciences*, 20(6). <https://doi.org/683-689.10.1051/agro:2000160>.
- Orde AAA/678/2015, de 14 de abril, por la que se dispone la inclusión de variedades de distintas especies en el Registro de Variedades Comerciales. BOE, 18 de abril de 2015, núm. 301, pp. 34145.
- Orde APA/3059/2006, de 15 de septiembre, de corrección de errores de la Orden APA/2749/2006, de 24 de agosto, por la que se dispone la inclusión de diversas variedades de distintas especies en el registro de variedades comerciales. BOE, 6 de octubre de 2006, núm. 239, pp. 34145.
- Orde de 20 de xullo de 2020 por la que se aprueba el Reglamento de la indicación geográfica protegida Pan Galego/Pan Gallego y de su Consejo Regulador, y se nombra el Consejo Regulador provisional. DOG núm. 150, de 28 de julio de 2020 páginas 29728 a 29753.
- Parenti, O., Guerrini, L., e Zanoni, B. (2020). Techniques and technologies for the breadmaking process with unrefined wheat flours. *Trends in Food Science e Technology*, 99, 152-166. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.034>.
- Pasqualone, A., Alba, V., Mangini, G., Blanco, A., e Montemurro, C. (2010). Durum wheat cultivar traceability in PDO altamura bread by analysis of DNA microsatellites. *European Food Research and Technology*, 230(5), 723-729. <https://doi.org/10.1007/s00217-009-1210-1>.
- Pérez. J. M. (1983). La agricultura gallega y sus rendimientos. Un estudio evolutivo (1700-1850). *Revista de Historia Moderna*, 3, 63-98.
- Planellas Giralt, J. (1853). *Ensayo de una flora fanerogámica gallega*. Santiago: Imprenta y litografía de J. Rey Romero.
- 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., Gómez-Orellana, L., Tereso, J. (2018). La Ceres Galaico-Minhota en el contexto de la Ceres Hispanica: Datos para una historia. En: Romero Rodríguez, M.A.; Pereira Lorenzo, S. (coord): *Respostas ás preguntas sobre o pan e o cereal do país*: 43-64. Monografías país. Monografías do Ibader - Serie Recursos Alimentarios 1. Ibader. Universidade de Santiago de Compostela. Lugo.
- Real Decreto 1615/2010, de 7 de diciembre, por el que se aprueba la norma de calidad del trigo. BOE (Boletín Oficial del Estado), nº 301, 11/12/10. Madrid, España.
- Real Decreto 190/2013, de 15 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 1615/2010, de 7 de diciembre, por el que se aprueba la norma de calidad del trigo. BOE (Boletín Oficial del Estado), nº 82, 05/04/13. Madrid, España.
- Real Decreto 308/2019, de 26 de abril, por el que se aprueba la norma de calidad para el pan. BOE (Boletín Oficial del Estado), nº 113, 11/05/19. Madrid, España.
- Real Decreto 677/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba la norma de calidad para las harinas, las sémolas y otros productos de la molienda de los cereales. BOE (Boletín Oficial del Estado), nº 304, 17/12/16. Madrid, España.

- Rebolledo-Leiva, R., Almeida-García, F., Pereira-Lorenzo, S., Ruíz-Nogueira, B., Moreira, M. T., & González-García, S. (2022). Determining the environmental and economic implications of lupin cultivation in wheat-based organic rotation systems in Galicia, Spain. *Science of the Total Environment*, 845, 157342. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157342>.
- Reglamento (UE) 2018/848 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, sobre producción ecológica y etiquetado de los productos ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CE) nº 834/2007 del Consejo, nº150, 14/7/2018. Bruselas, Bélgica.
- Reglamento de Ejecución (UE) 2019/2182 de la Comisión de 16 de diciembre de 2019 por el que se inscribe un nombre en el Registro de Denominaciones de Origen Protegidas y de Indicaciones Geográficas Protegidas " Pan Galego/Pan Gallego "(IGP). DOUE (Diario Oficial de la Unión Europea), nº 330, 20/12/19. Bruselas, Bélgica.
- Royo, C., Ruíz, M., Villegas D., e Álvaro F. (2016). Trigo. En Ruiz de Galarreta, J. I., Prohens, J., e Tierno, R. (Eds.), *Las variedades locales en la mejora genética de plantas* (101-118). Sociedad Española de Ciencias Hortícolas, Sociedad Española de Genética. Gobierno Vasco.
- Sabillón, L., e Bianchini, A. (2016). From Field to Table: A Review on the Microbiological Quality and Safety of Wheat-Based Products. *Cereal Chemistry*, 93(2), 105-115. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-06-15-0126-RW>
- Sahuquillo, E. (1991). *Taxonomía e identificación de los trigos cultivados en Galicia* [Tese doutoral]. Universidade de Santiago de Compostela.
- Sahuquillo, E., e Fraga, M. I. (1991). *Trigos de cultivo tradicional en Galicia: caracterización botánica y agronómica*. Consellería de Agricultura, Gandería e Montes. Xunta de Galicia. Colección Investigación y Desarrollo.
- Shewry, P. R. (2009). Wheat. *Journal of Experimental Botany*. 60(6), 1537-1553. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp058>.
- Sumberg, J., & Giller, K. E. (2022). What is 'conventional'agriculture?.*Global Food Security*, 32, 100617. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100617>.
- Téllez, R. & Alonso, M. (1952). *Los trigos de la Ceres Hispanica de Lagasca y Clemente*. Madrid: INIA.
- Tilman, D. (1998). The greening of the green revolution. *Nature* 396, 211–212 (1998). <https://doi.org/10.1038/24254>.
- Urquijo, L. (2018). ¿Cómo recuperar los ecotipos autóctonos?. En: Romero Rodríguez, M.A.; Pereira Lorenzo, S. (coord): *Respostas ás preguntas sobre o pan e o cereal do país*: 33-38. Monografías país. Monografías do Ibader - Serie Recursos Alimentarios 1. Ibader. Universidade de Santiago de Compostela. Lugo.
- Urquijo, L. (2021). *Estudio agromorfológico y caracterización de las gluteninas de alto peso molecular de los ecotipos autóctonos gallegos de Triticum aestivum L.* [Tese doutoral]. Universidade de Santiago de Compostela.
- Varia, F., Macaluso, D., Vaccaro, A., Caruso, P., & Guccione, G. D. (2021). The Adoption of Landraces of Durum Wheat in Sicilian Organic Cereal Farming Analysed Using a System Dynamics Approach. *Agronomy*, 11, 319. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020319>.
- Willcox, G (2005). The distribution, natural habitats and availability of wild cereals in relation to their domestication in the Near East: multiple events, multiple centres. *Veget Hist Archaeobot* 14, 534–541. <https://doi.org/10.1007/s00334-005-0075-x>.

Xunta de Galicia (2021). Anuario de estatística agraria. Santiago de Compostela: Consellería do Medio Rural. <https://mediorural.xunta.gal/sites/default/files/publicacions/2021-02/anuario-2019.pdf>.

CAPÍTULO 2. AVALIACIÓN AGRONÓMICA E PRODUTIVA DO TRIGO ‘Caaveiro’ ECOLÓXICO VS. CONVENCIONAL

CHAPTER 2. AGRONOMIC AND PRODUCTIVE EVALUATION OF ECOLOGICAL ‘Caaveiro’ WHEAT VS. CONVENTIONAL

Almeida-García F.¹, Roca-Fernández A.I.², Díaz-Hernández M.B.³, Neira-Seijo X.X.⁴, Omil-Ignacio B.⁵, Ramos-Cabrer A.M.⁶, Ruíz-Nogueiras B.⁷, Pereira-Lorenzo S.⁸

¹Almeida-García F. Dpto. Producción Vexetal e Proxectos da Enxeñaría. Universidade de Santiago de Compostela. <https://orcid.org/0000-0001-9146-6241>

²Roca-Fernández A.I. Dpto. Producción Vexetal e Proxectos da Enxeñaría. Universidade de Santiago de Compostela. <https://orcid.org/0000-0002-2262-6157>.

³Díaz-Hernández M.B. Dpto. Producción Vexetal e Proxectos de Enxeñaría. Universidade de Santiago de Compostela. <https://orcid.org/0000-0002-6644-9017>

⁴Neira-Seijo X.X. Dpto. Producción Vexetal e Proxectos de Enxeñaría. Universidade de Santiago de Compostela.

⁵Omil-Ignacio B. Dpto. de Edafoloxía e Química Agrícola. Universidade de Santiago de Compostela.

⁶Ramos-Cabrer A.M. Dpto. Producción Vexetal e Proxectos da Enxeñaría. Universidade de Santiago de Compostela. ana.ramos@usc.es <https://orcid.org/0000-0001-9168-0934>

⁷Ruíz-Nogueiras B. Dpto. Producción Vexetal e Proxectos de Enxeñaría. Universidade de Santiago de Compostela. <https://orcid.org/0000-0002-4340-6786>

⁸Pereira-Lorenzo S. Dpto. Producción Vexetal e Proxectos da Enxeñaría. Universidade de Santiago de Compostela. santiago.pereira.lorenzo@usc.es <https://orcid.org/0000-0003-2418-2366>

Resumo

A produción do Pan Galego demanda o incremento da produción de trigo autóctono na comunidade, e o seu manexo en condicións ecolóxicas é un dos aspectos básicos na economía circular con baixos insumos. A ampla diversidade de ecotipos galegos e a súa conservación en Galicia permitiu dispoñer dunha base xenética diferenciada, local e adaptada ao medio. O manexo do cultivo en condicións ecolóxicas é un reto, no que a experiencia e a tecnoloxía deben garantir a rendibilidade ante as maiores dificultades para manter o rendemento sen os aportes dos fertilizantes de síntese e co control fitosanitario limitado aos produtos autorizados. Para levar a cabo a avaliación agronómica e produtiva do trigo ‘Caaveiro’ ecolóxico vs. convencional, estableceuse unha parcela de ensaio en Carral (A Coruña). O deseño da parcela seguiu un deseño en bloques ao azar con 4 repeticións. Sementouse trigo ‘Caaveiro’, tremoceiro e espelta, seguindo prácticas ecolóxicas e convencionais, previo análise

do solo para definir o abonado previo. Os resultados amosaron que a produción en ecolóxico foi un 30% inferior á do manexo en convencional debido, principalmente, á dificultade para o control das malas herbas e a limitación das restricións ás aplicacións de fertilizantes e fitosanitarios.

Abstract

The production of Galician bread demands the increase of the production of autochthonous wheat in the community and its management in ecological conditions is one of two basic aspects in a circular economy with low inputs. A wide diversity of Galician ecotypes and their conservation in Galicia allowed us to have a differentiated genetic base, local and adapted to the environment. The management of the crop in ecological conditions is a challenge, for which the experience and the technology must guarantee the cost effectiveness in the face of the greater difficulties to maintain or yield synthetic fertilizers and with the phytosanitary control limited to the authorized products. To carry out the agronomic and productive evaluation of organic 'Caaveiro' wheat vs. conventional, a test plot was established in Carral (A Coruña). The design of the plot followed a random block design with 4 repetitions, 'Caaveiro' wheat, lupin and spelt were sowed following ecological and conventional practices, prior soil analysis to define previous fertilization. The results showed that organic production was 30% lower than conventional management, mainly due to the difficulty in controlling weeds and the limitation of restrictions on the application of fertilizers and phytosanitary products.

Palabras chave: Trigo galego, produción ecolóxica, agronomía

Keywords: Galician wheat, ecological production, agronomy

2.1. Introducción

O trigo é o segundo cereal máis cultivado no mundo, despois do millo. España ten un importante déficit na produción de trigo, tendo que importar máis do dobre do que produce para a moenda nas fábricas de fariñas españolas. En Galicia é tradicional o cultivo de variedades locais adaptadas ao medio físico e as condicións de escasa utilización de insumos (Gómez Ibarlucea, 1989), as cales teñen un interese estratéxico para o sector panadeiro artesán. Con todo, o seu cultivo sufriu un severo impacto debido ao empuxe de variedades comerciais máis produtivas e ao abandono do rural, provocando un importante descenso da produción en Galicia.

O cultivo de cereais autóctonos de trigo e centeo permitiron, durante séculos, a produción de pan de calidade en Galicia. Ademais, o cultivo en rotacións aumenta a resiliencia (Bowles e col., 2020) e o rendemento (Schillinger e Paulitz, 2018) pola menor competencia de malas herbas e un mellor mantemento da calidade do solo. En Galicia, as rotacións demostraron aumentar os rendementos, reducir pragas e enfermidades e mellorar a biodiversidade aliñada cunha redución dos insumos necesarios para o cultivo debido á mellora do estado de nutrientes do solo (Cámara-Salim, Almeida-García e col., 2020; Rebolledo-Leiva, 2021).

As variedades locais caracterízanse por unha maior diversidade xenética e heteroxeneidade debido á combinación da selección humana e natural ao longo de miles de anos, o que lle outorga a estas variedades de trigo autóctonas certas vantaxes fronte ás variedades comerciais: son máis resistentes a patóxenos e

enfermidades, como a resistencia á roia ou a factores abióticos e bióticos como a acumulación de aluminio (Oliveira e col., 2000; Newton e col., 2011; Royo e col., 2016); adáptanse mellor aos ambientes locais (Royo e col., 2016); e proporcionan solucións a problemas asociados á agricultura moderna, como altos insumos e perda de diversidade xenética (Tilman, 1998). Ademais, as variedades locais de cereais contribúen ao secuestro de carbono (Cámara-Salim, Almeida-García e col., 2020).

2.2. Material e métodos

2.2.1. Establecemento e mantemento das parcelas de ensaio

Deseño e establecemento das parcelas

Para poder realizar a avaliación agronómica, consideráronse subparcelas elementais de 10 x 6 m, cunha superficie total de 60 m², e cun ancho de corredor para manobra, de 6 m. Estas parcelas localizáronse en Carral, A Coruña (Coordenadas: 43.243486, -8.355940) (Figura 2.1), en terreos do Grupo Da Cunha.

O deseño foi en bloques completamente aleatorizados, avaliándose o tipo de cultivo (convencional vs. ecolóxico) en rotación (trigo, tremoceiro e espelta). Fixéronse 4 repeticións por cultivo en cada tipo de cultivo (Figura 2.2). En total sementáronse 24 subparcelas (3 rotacións x 2 tipos de cultivo x 4 repeticións). Polo tanto, a superficie total para cada tipo de cultivo (ecolóxico e convencional) foi de 720 m² (60 m² x 3 rotacións x 4 repeticións).

Variedades

Trigo galego 'Caaveiro' (*Triticum aestivum*), tremoceiro branco (*Lupinus albus*) doce 'Rumbo Baer', e espelta (*Triticum spelta*) alemana variedade 'Zollernspelz'.

O cultivar de espelta 'Zollernspelz' foi probado no cultivo ecolóxico polo seu alto potencial de rendemento e excelente calidade. Trátase dunha variedade moi estable con baixa susceptibilidade a enfermidades (moi baixa á roia amarela).

Preparación do solo

En primeiro lugar deuse un pase de chísél a 40 cm de profundidade con 2,5 m de ancho de traballo; a continuación, un pase de grade de refino de 15-20 cm de profundidade e 3 m de ancho de traballo.

Non se aplicou fertilización de fondo, tendo en conta os resultados das analíticas respecto ao fósforo e potasio, á espera de implementar coberturas de nitróxeno.

A sementeira

Efectuouse cunha máquina combinada: grade rotativa + rulo + sementadora pneumática con rastro de 3 m de ancho de traballo (Figura 2.3).



Preparación de divisores horizontais para corredores entre repeticiones

36



Parcela de ensaio en produción convencional. O seguinte paso foi o marcado con cal ou fariña de barrido e a retirada do cordón previo á sementeira



28 de decembro: marcaxe de parcelas. Piquetas de varilla de fibra 1,5 m e cordón de nylon de alta resistencia de 1,5 mm para tiralíneas

Figura 2.1. Establecemento das parcelas de trigo 'Caaveiro' en Carral, A Coruña (2019).

Figure 2.1. Establishment of 'Caaveiro' wheat plots in Carral, A Coruña (2019).

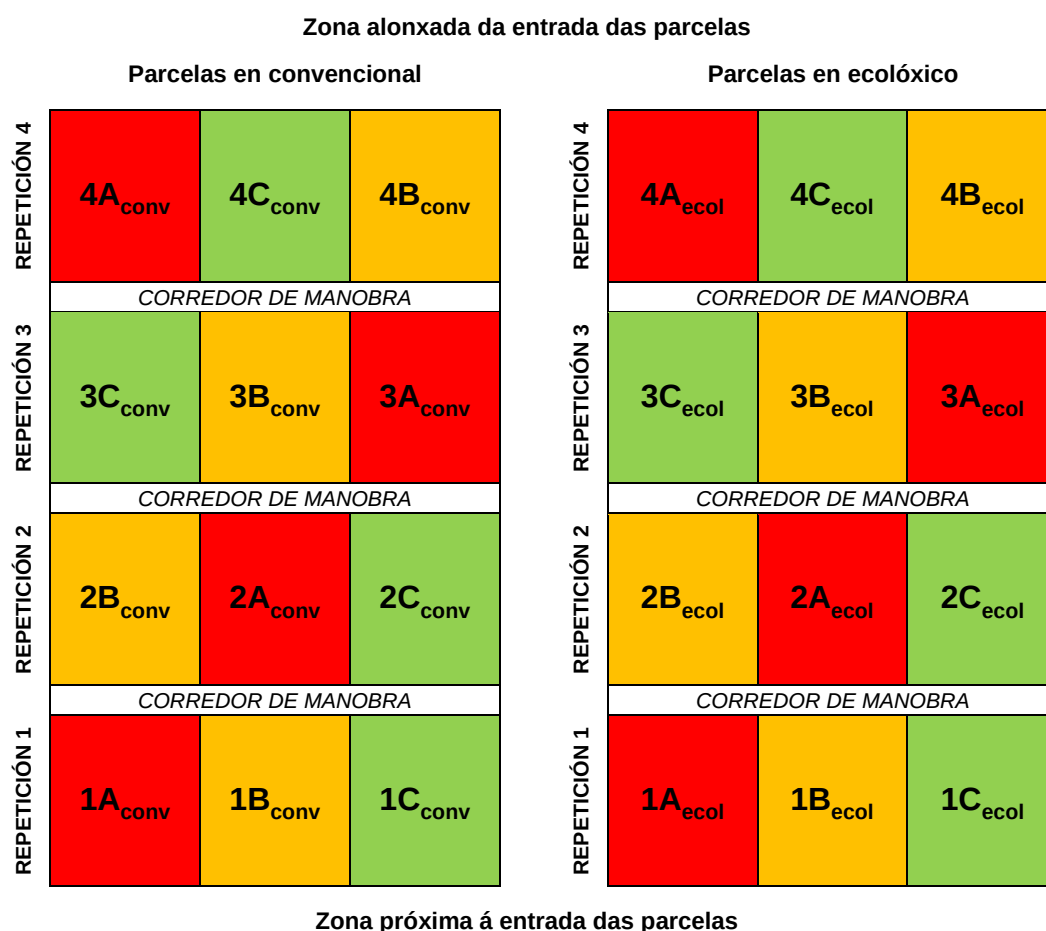


Figura 2.2. Deseño en bloques completamente aleatorizados no cal se testou o tipo de cultivo (convencional vs. ecológico) en rotación (trigo, tremoceiro e espelta) con 4 repeticións por cultivo en cada tipo de cultivo. Tratamentos: A, Monocultivo trigo 'Caaveiro'; B, Espelta-Tremoceiro-Trigo 'Caaveiro'; C, Tremoceiro-Espelta-Trigo 'Caaveiro'.

Figure 2.2. Design in completely randomized blocks to test the type of crop (conventional vs. organic) in rotation (wheat, lupinus and spelt) with 4 repetitions per crop in each type of crop. Traits: A, 'Caaveiro' wheat monoculture; B, Spelt- Lupinus - 'Caaveiro' wheat; C, Lupinus – Spelt – 'Caaveiro' wheat.

Doses de sementeira aproximadas

- Trigo 'Caaveiro': 140 kg/ha
- Espelta: 180 kg/ha
- Tremoceiro branco: 130 kg/ha

Tratamento herbicida

Coa terra en estado de humidade óptimo e non prevendo xeadas a curto prazo, aplícase un herbicida de pre-emerxencia na parcela convencional en xaneiro. O tratamento estivo composto por:

- ORDAGO SC, Adama, PENDIMETALINA 40% p/v. SC: Dose a razón de 4 L/ha.
- ROUNDUP Plus, Monsanto GLIFOSATO 36% (Sal isopropilamina) p/v. UL; Dose a razón de 3 L/ha.

Sementeira: 31 de decembro



Sementeira de 'Caaveiro' parcela convencional

Sementeira de 'Caaveiro' parcela ecolóxica

Figura 2.3. Sementeira con máquina combinada: grade rotativa + rulo + sementadora pneumática con rastreo de 3 m de ancho de traballo.

Figure 2.3. Combined seeding machine: rotary grid + roller + pneumatic seed drill with harrow of 3 m wide working.

Preparouse un caldo a razón de 500 L/ha e dosificouse a cantidade axustada á superficie das subparcelas en manexo convencional. A aplicación realizouse cun tractor Massey Ferguson 7480, empregando un pulverizador hidráulico Lemken Sirius 1900.

En marzo aplicouse outro tratamento fitosanitario herbicida de post-emerxencia á parcela convencional cos produtos:

- BISONTE, Massó, PROSULFOCARB 80% (Sal isopropilamina) p/v. UL; Dose a razón de 3 L/ha.
- MOHICAN, Sapec, DIFLUFENICAN 50% p/v. SC: Dose a razón de 150 mL/ha.
- GLEAN, Dupont, CLORSULFURON 75%, Dose a razón de 15 g/ha.

Preparouse un caldo a razón de 400 L/ha e dosificouse a cantidade axustada ás superficies das subparcelas. A terra tiña un estado de humidade axeitada e as condicións de ausencia de vento permitiron a aplicación óptima do tratamento fitosanitario. A aplicación realizouse cun tractor Massey Ferguson 7480 e un pulverizador hidráulico Lemken Sirius 1900.

As parcelas en ecolóxico non recibiron ningún tratamento herbicida.

2.2.2. Seguimento fenolóxico

Para o seguimento da fenoloxía (Figura 2.4) empregáronse a escala Zadocks para o trigo e a espelta, e a BBCH para o tremoceiro.



Segunda folla: 26 de xaneiro



Caaveiro, primeira (L1) e segunda folla (L2)



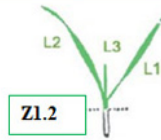
Espelta, primeira (L1) e segunda folla (L2). Síntomas de Septoria

Cotiledones despregados: 26 de xaneiro



Tremoceiro, cotiledones completamente despregados 10 100

Terceira folla: 2 de febreiro



Dúas follas no talo principal, aparece a terceira (L3)



Espelta: primeira (L1), segunda (L2) e terceira folla (L3)

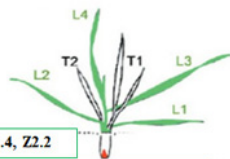
Parcela de ensaio: vista xeral



Trigo Caaveiro: primeira (L1), segunda (L2) e terceira folla (L3)

Espelta: primeira (L1), segunda (L2) e terceira folla (L3)

Aparición do segundo vástago: 17 de febreiro



Catro follas no talo principal; 2 vástagos



Trigo Caaveiro: catro follas no talo principal e 2 vástagos (T1 e T2)

Parcela ecológica: vista xeral

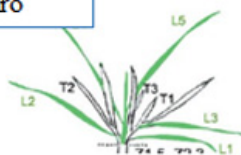


Espelta: catro follas no talo principal e 2 vástagos (T1 e T2)



Tremoço, Desenvolvimento do 3º par de follas. Estado 13

**Cinco follas no talo principal
e 3 vástagos: 26 de febreiro**



Cinco follas no talo principal



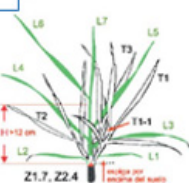
Caaveiro: tres vástagos (Z 2.3)



**Espelta: tres vástagos
(Z 2.3)**

**Tremoceiro, Desenvolvemento
do 5º par de follas. Estado 15**

**Sete follas no talo principal e 4
vástagos: 6 de marzo**



Z1.7, Z2.4

Sete follas no talo principal



**Caaveiro: catro
vástagos (Z 2.4)**

**Parcela de ensaio cultivo
convencional: vista xeral**



**Espelta: catro
vástagos (Z 2.4)**

**Parcela de ensaio
cultivo ecolóxico: vista
xeral**

**Tremoceiro,
Desenvolvemento
do 5º par de follas.
Estado 15**

Cinco vástagos: 17 de marzo



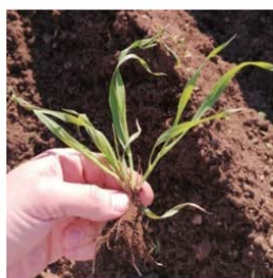
Parcela de ensaio cultivo convencional: vista xeral



Caaveiro: cinco vástagoss (Z 2.5)



Caaveiro e espelta cultivo convencional



Espelta: cinco vástagoss (Z 2.5)



Parcela de ensaio cultivo ecolóxico: vista xeral



Tremoceiro, Desenrolo do 6º par de follas. Estado 16

1º nó perceptible (Z3.1): 26 de marzo



Mostra de planta



Caaveiro: 1º nó



Caaveiro: detalle



Caaveiro: 1º nó visible



Espelta: Z2.5



Espelta: Z2.5



Tremoceiro



Detalle tremoceiro. 3º gromo lateral visible. Estado 23



Parcela de ensaio cultivo convencional: vista xeral



Parcela de ensaio cultivo ecolóxico: vista xeral



Efecto clorsulfuron sobre *Glebionis segetum*



Efecto diflufenican sobre *Coleostephus myconis*

2 de abril



Parc. convencional. Vista xeral



Parc. ecolóxico. Vista xeral



Parc. ecolóxico. Caaveiro



Espelta



Detalle Caaveiro



Detalle Caaveiro. 2º nó visible. Z3.2



Detalle espelta.



Detalle espelta. 1º nó visible. Z3.1.



Tremoceiro.



Detalle tremoceiro.



Detalle tremoceiro. Desenvolvemento vexetativo 4º gromo lateral



13 de abril



Parc. convencional. Vista xeral



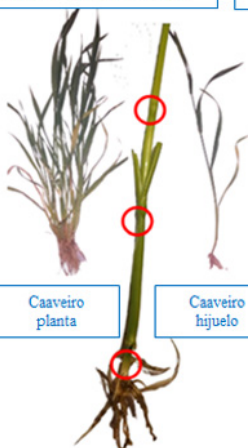
Parc. ecolóxico. Vista xeral



Caaveiro e espelta



Tremoceiro



Caaveiro planta

Caaveiro hijuelo

Espelta. 2º nó visible. Z3.2



Caaveiro. 3º nó visible. Z3.3

Detalle Rhizobium



Un 50% das plantas inda mantúñan a 1ª xema floral pechada. Isto observábase en ambos casos (non había diferencias Entre ambas parcelas)





Figura 2.4. Seguimento da fenoloxía. Trigo 'Caaveiro' e espelta (escala Zadocks) e tremoceiro (escala BBCH) (López Bellido, 1991).

Figure 2.4. Follow-up of the phenology of 'Caaveiro' wheat and spelt (Zadocks scale) and lupinus (BBCH scale).

2.2.3. Análise da calidade dos solos: avaliación do contido e propiedades da materia orgánica

As mostras de solo foron recollidas nas dúas parcelas de experimentación: convencional e ecolóxica (Táboa 2.1). Para unha mellor caracterización, cada unha das parcelas dividiuse en tres subparcelas: Convencional 1, Convencional 2, Convencional 3; Ecolóxico 1, Ecolóxico 2 e Ecolóxico 3 (Figura 2.5).

46

Parámetros químicos	Convencional			Ecolóxico		
	submostra 1	submostra 2	submostra 3	submostra 1	submostra 2	submostra 3
Humidade (%)	22,59	20,5	18,12	20,5	20,08	17,57
Materia seca (MS, %)	77,41	79,5	81,88	79,5	79,92	82,43
MO (%)	8,07	6,41	6,49	6,49	6,19	5,83
pH (KCl)	4,92	4,71	4,87	4,93	4,89	5,00
P extraíble ¹	35,74	65,06	50,51	67,55	68,94	53,09
K extraíble ¹	203,21	343,17	397,74	297,15	184,47	110,85
Ca extraíble ¹	759,16	735,02	850,66	965,71	1001,43	993,89
Mg extraíble ¹	86,05	103,68	115,24	175,75	159,79	131,89
B extraíble ¹	0,11	0,38	0,31	0,18	0,16	0,24
Cd extraíble ¹	0,04	0,07	0,05	0,07	0,07	0,05
Cu extraíble ¹	0,6	3,14	3,76	6,57	5,59	4,83
Cr extraíble ¹	0,08	0,11	0,11	0,12	0,12	0,1
Pb extraíble ¹	2,32	4,27	4,13	3,53	4,66	3,34
Zn extraíble ¹	1,61	4,21	3,9	6,05	4,75	2,97
Ni extraíble ¹	0,18	0,4	0,34	0,47	0,42	0,28
As extraíble ¹	0,13	0,24	0,26	0,17	0,14	0,13
Mn extraíble ¹	16,52	30,39	43,98	40,5	58,5	49,82
Fe extraíble ¹	66,11	187,98	253,11	304,11	215,72	149,37

Táboa 2.1. Análise da calidade do solo nas parcelas convencional e ecolóxica. ¹ (mg kg⁻¹ MS)

Table 2.1. Soil quality analysis in conventional and ecological plots. ¹ (mg kg⁻¹ MS)



Figura 2.5. Distribución das subparcelas de mostraxe; cada unha das parcelas foi dividida en tres subparcelas: Convencional 1, Convencional 2 e Convencional 3; Ecolóxico 1, Ecolóxico 2 e Ecolóxico 3.

Figure 2.5. Distribution of sampling subplots; each of the plots was divided into three subplots: Conventional 1, Conventional 2 and Conventional 3; Ecological 1, Ecological 2 and Ecological 3.

A toma de mostras do solo realizouse cunha barrena Edelman de 7 cm de diámetro. Tomáronse dúas mostras de solo, compostas por 5 submostras, dos 15 cm mais superficiais, seguindo pautas que garantiran a representatividade das mostras. Os parámetros edáficos a determinar foron os contidos de carbono e nitróxeno totais, mediante un analizador de combustión (LECO Elemental Analyzer), e a caracterización da materia orgánica, mediante análises térmicas (calorimetría diferencial de barrido (DSC) e termogravimetría (TGA) utilizando un analizador termogravimétrico TGA/DSC Mettler Toledo. A área baixo as curvas DSC dividírase en 3 seccións que representan diferentes grados de resistencia á oxidación térmica: (i) 200-375°C, materia orgánica lábil; (ii) 375-475°C, materia orgánica recalcitrante; e (iii) 475-550°C, materia orgánica altamente recalcitrante e espectrometría de RMN (Solid state ^{13}C CP-MAS NMR spectroscopy), que se empregará en 4 mostras seleccionadas a partir das análises térmicas. Cuantificouse a área do sinal co software MestreNova software 8.1.0 (Mestrelab Research Inc.). De cada parcela de cultivo, convencional e ecolóxico, recolléronse tres submostras para a súa análise (Táboa 2.1).

2.3. Resultados e discusión

2.3.1. Interpretación das analíticas de solos para a parcela convencional

Os niveis para o fósforo foron >35 mg/kg e para o potasio >130 mg/kg, que foron considerados óptimos polo que non se fixo a fertilización en relación a ambos nutrientes. Pero a tenor dos resultados do $\text{pH} < 5$ (Táboa 2.2), a relación Ca/Mg próxima a 10 e a relación $\text{K/Mg} > 0,5$, poderíase propor unha emenda calcaria

magnesiana en torno a 2000-2500 kg/ha para aumentar o pH e evitar desequilibrios que limiten a asimilación do Mg, pero decidiuse non aplicala.

Submostra	MO (%)	pH (KCl)	P _{extraíble} ¹	K _{extraíble} ¹	Ca _{extraíble} ¹	Mg _{extraíble} ¹	Ca/Mg	K/Mg
1	6,49	4,93	35,7	203,2	759,2	86,1	8,8	2,4
2	6,19	4,89	65,1	343,2	735	103,7	7,1	3,3
3	5,83	5	50,5	397,7	850,7	115,2	7,4	3,5

¹ (mg kg⁻¹ MS)

Táboa 2.2. Resumo da calidade do solo na parcela en cultivo convencional.

Table 2.2. Summary of soil quality on the plot under conventional cultivation.

48

Na parcela en cultivo ecolóxico (Táboa 2.3), só no caso da submostra 3 no que se refire ao potasio (nivel medio 110,85 mg/kg), aplicouse un fertilizante potásico para asegurar o 100% do rendemento potencial do cultivo, en concreto 60 U.F. de K₂O, coa aplicación dunha dose de 200 kg/ha do abono mineral autorizado para o emprego en agricultura ecolóxica Patentkali 30%.

Submostra	MO (%)	pH (KCl)	P _{extraíble} ¹	K _{extraíble} ¹	Ca _{extraíble} ¹	Mg _{extraíble} ¹	Ca/Mg	K/Mg
1	6,49	4,93	67,65	297,15	965,71	175,75	5,5	1,7
2	6,19	4,89	68,94	184,47	1001,43	159,79	6,3	1,2
3	5,83	5	53,09	110,85	993,89	131,89	7,5	0,8

¹ (mg kg⁻¹ MS)

Táboa 2.3. Resumo da calidade do solo na parcela en cultivo ecolóxico.

Table 2.3. Summary of soil quality on the organically grown plot.

As relacións Ca/Mg e K/Mg determinaron a existencia dalgún desequilibrio entre nutrientes, o que pode producir un antagonismo na asimilación dalgún deles. Considerouse que a relación ideal Ca/Mg era de 5. Só valores por encima de 10 poderían condicionar a asimilación do Mg por desequilibrio co Ca. As análíticas efectuadas non superaron en ningún caso o límite indicado. A relación K/Mg ideal poderíase considerar entre 0,2-0,3; cun valor superior a 0,5 pódense producir deficiencias de Mg polo efecto antagónico do K; polo que, tendo en conta os niveis de acidez do solo, sí se podería planear unha enmenda con calía magnesiana, pero finalmente decidiuse non aplicala.

2.3.2. Ensaio agronómico e produtivo do trigo 'Caaveiro', en cultivo ecolóxico vs. convencional, nunha rotación con espelta e tremoceiro

O ensaio agronómico tivo un comportamento normal en canto a fenoloxía, presenza de malas herbas e entomofauna, produción e rendemento.

O trigo 'Caaveiro' mostrou un desenvolvemento vexetativo máis precoz que a espelta, cunha notable diferenza no mesmo, que probablemente sexa transcendental para amortecer o efecto da competencia das malas herbas. Observouse que o trigo

'Caaveiro' comezou a encanar antes, e que, ademais, desenvolveu moito máis rápido os entrenós, o que lle permitiu sombrear máis ás adventicias.

A espelta foi algo máis lenta nese sentido. Nos tremoceiros coexisten as fases reprodutivas e vexetativas, sendo posible clasificalos segundo o seu hábito de crecemento: determinado ou indeterminado. Predomina o crecemento indeterminado, como é o caso da variedade 'Rumbo Baer', na que, despois da formación de estruturas reprodutivas, algunhas xemas seguen producindo brotes vexetativos, que continúan o crecemento da planta. Vanse seguir producindo sucesivos niveis de ramificación, mentres as condicións ambientais o permitan, chegando a aportar vainas en tres ou catro niveis. O tremoceiro ten, ademais, un crecemento xerárquico, como se pode observar no seguimento fenolóxico. O talo principal produce a primeira inflorescencia (dominancia apical do eixo principal), permitindo o crecemento de ramas primarias, secundarias e, incluso, terciarias inmediatamente máis abaixo.

49

Nas parcelas en ecolóxico (sen tratar con herbicidas) as malas herbas identificadas (Figura 2.6) foron *Chrysanthemum segetum*, *Polygonum aviculare*, *Geranium* sp. e xaramago (*Diploaxis erucoides*).

A colleita do trigo 'Caaveiro' realizouse en xullo. A produción media foi de 9,2 kg na parcela convencional e de 6,2 kg na ecolóxica, un 32% inferior. O rendemento foi de 1529 kg/ha na parcela convencional e de 1033 kg/ha na ecolóxica. As variacións entre subparcelas foron importantes, cuns mínimos de 9,2 kg (600 kg/ha) en cultivo convencional e de 2,6 kg (433 kg/ha) en cultivo ecolóxico, e uns máximos de 9,5 kg (1583 kg/ha) e 5,9 kg (983 kg/ha), respectivamente (Táboa 2.4.).

		Produción (kg)	Rendemento (kg/ha)
Convencional	R1	9,5	1583,3
Convencional	R2	9,8	1633,3
Convencional	R3	13,8	2300
Convencional	R4	3,6	600
Media		9,2	1529,2
Ecolóxico	R1	5,9	983,3
Ecolóxico	R2	7,6	1266,7
Ecolóxico	R3	8,7	1450
Ecolóxico	R4	2,6	433,3
Media		6,2	1033,3

Táboa 2.4. Produción e rendemento do trigo 'Caaveiro' en cultivo ecolóxico vs. convencional.

Table 2.4. Production and yield of 'Caaveiro' wheat in organic farming vs. conventional.



Figura 2.6. Adventicias identificadas en estadio precoz.

Figure 2.6. Adventitious identified in early stage.

2.4. Bibliografía

Almeida, F. (2018). ¿Son necesarias las rotaciones para la producción del trigo gallego?. En: 2018. Respostas ás preguntas sobre o pan e o cereal do país. Monografías do Ibader - Serie Recursos Alimentarios 1. (Coordinadores ROMERO-RODRÍGUEZ, A.; PEREIRA-LORENZO, S.). Ibader. Universidade de Santiago de Compostela. Lugo. ISSN edición dixital: 1988-8341

- AOAC (2019). Official methods of analysis of the Association of Official. Analytical Chemists International (21th ed.). Rockville, Maryland.
- Campo J. e Merino A. (2016). Variations in soil carbon sequestration and their determinants along a precipitation gradient in seasonally dry tropical forest ecosystems. *Global Change Biology* 22: 1942-1956. <https://doi.org/10.1111/gcb.13244>
- Cardoso R.V.C., Fernandes, A., Heleno, S.A., Rodriguez P., Gonzalez-Paramás, A.M., Barros, L., Ferreira, I.C.F.R. 2019. Physicochemical characterization and microbiology of wheat and rye flours. *Food Chemistry* 280: 123-129. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.063>
- Domínguez, M. e Gómez, F. (2013). Pagos agroambientales y productores agrarios: un análisis Delphi de las percepciones y demandas de los ganaderos beneficiarios de los programas de ayudas. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 236: 81-118.
- Henle, K., Alard, D., Clitherow, J., Cobb, P., Firbank, L., Kull, T., Mccracken, D., Moritz, R.F.A., Niemelä, J., Rebane, M., Wascher, D., Watt, A., Young, J. (2008). Identifying and managing the conflicts between agriculture and biodiversity conservation in Europe—A review. *Agriculture Ecosystems Environment*, 124, 60-71. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.09.005>.
- Kawasaki, A., Donn, S., Ryan, P. R., Mathesius, U., Devilla, R., Jones, A., & Watt, M. (2016). Microbiome and exudates of the root and rhizosphere of *Brachypodium distachyon*, a model for wheat. *PloS one* 11(10): e0164533. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164533>.
- Landeta, J. (2002). El método Delphi. Una técnica de previsión del futuro. Ariel, España.
- López Bellido, L. (1991). Escalas fenológicas de los cereales (Ingoat y Couvreur, 1979), en "Cultivos Herbáceos Vol. I. Cereales". Editorial Mundi-Prensa. Madrid
- Olaizola, A. M., Manrique, E., Bernues, A., & Rubio, M. T. M. (1996). Incidencia de programas de abandono de la producción lechera sobre explotaciones de vacuno. *Investigación agraria. Economía* 2: 355-376.
- Orden de 14 de julio 2017. PAN. Adopta decisión favorable en relación con la solicitud de inscripción de la indicación geográfica protegida Pan Galego/Pan Gallego en el Registro comunitario de denominaciones de origen protegidas e indicaciones geográficas protegidas. DOD (Diario Oficial de Galicia), nº 139, 21/07/17. Santiago de Compostela, España.
- Téllez. R.; Ferri. F. (1954): Trigos arqueológicos de España. I.N.I.A. Madrid. 129 pp.
- Gómez-Ibarlucea C. (1989). Cereales de Invierno en Galicia II. Resultados de la experimentación. *Agricultura* 689: 1068-1073.
- Camara-Salim, I., Almeida-Garcia, F., Gonzalez-Garcia, S., Romero-Rodriguez, A., Ruiz-Nogueiras, B., Pereira-Lorenzo, S., Feijoo, G., & Moreira, M. T. (2020). Life cycle assessment of autochthonous varieties of wheat and artisanal bread production in Galicia, Spain. *Science of the Total Environment* 713: 136720. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136720>.
- Oliveira, J.A.; Sau, F.; López, F.J. (2000a). Agronomía del trigo en Galicia. *Agricultura* 813: 192-194.

Rebolledo-Leiva, R., Moreira, M. T., & González-García, S. (2022). Environmental assessment of the production of itaconic acid from wheat straw under a biorefinery approach. *Bioresource Technology* 345: 126481. [.https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126481](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126481)

CAPÍTULO 3. AVALIACIÓN DA BIOTA EDÁFICA E ENTOMOFAUNA POLINIZADORA EN CULTIVO DE TRIGO ‘Caaveiro’ EN CONVENCIONAL VS. ECOLÓXICO

CHAPTER 3. EVALUATION OF SOIL BIOTA AND POLLINATING ENTOMOFAUNA IN WHEAT CULTIVATION ‘Caaveiro’ IN CONVENTIONAL VS. ORGANIC

Carral E.¹, Otero C.², Roca-Fernández A.I.³, Rodríguez T.⁴

¹Dpto. *Bioloxía Funcional. Universidade de Santiago de Compostela* emilio.carral@usc.gal <https://orcid.org/0000-0002-7909-047X>

²Dpto. *Zooloxía, Xenética e Antropoloxía Física. Universidade de Santiago de Compostela* josecarlos.otero@usc.es <https://orcid.org/0000-0003-4774-07>

³Dpto. *Producción Vexetal e Proxectos da Enxeñaría. Universidade de Santiago de Compostela* anaí.roca@usc.es <https://orcid.org/0000-0002-2262-6157>

⁴Dpto. *Zooloxía, Xenética e Antropoloxía Física. Universidade de Santiago de Compostela* teresa.rodriguez@usc.gal <https://orcid.org/0000-0003-4638-6917>

Resumo

A biota edáfica resulta clave para o desenvolvemento das plantas. Ao longo do estrato solo-planta pódense distinguir ata catro compartimentos nos cales o solo, a rizosfera, as raíces e a planta atópanse involucrados. A abundancia e a diversidade de especies nos cultivos vese a miúdo afectada por diferentes factores, tales como: o manexo e o compartimento. O obxectivo deste ensaio foi a avaliación do efecto do manexo (convencional vs. ecolóxico) e do compartimento (aire, solo, rizosfera, raíces e planta) na biota e entomofauna presente en parcelas de trigo ‘Caaveiro’. Os resultados amosaron unha maior abundancia de especies bacterianas no inicio que no fin do ensaio, en convencional fronte ao ecolóxico (aínda que a diversidade foi semellante en ambas datas e manexos), cunha maior abundancia e diversidade de especies nos compartimentos de solo e rizosfera; acadando nos resultados do test Adonis que o 73% destas diferenzas foron debidas ao compartimento. Na fauna epiedáfica, as parcelas de cultivo convencional presentaron unha maior abundancia de especies, pero uns índices de diversidade menores que as de ecolóxico. Detectouse unha baixa presenza de entomofauna aérea. Sería preciso realizar máis estudos para dilucidar os efectos sobre a biota no cultivo de trigo ‘Caaveiro’ en convencional vs. ecolóxico.

Abstract

The edaphic biota is key to the development of plants. Throughout the soil-plant stratum, it is possible to distinguish up to four compartments, in which the soil, the rhizosphere, the roots and the plant are involved. The abundance and diversity of species in crops are often affected by different factors, such as: management and compartment. The objective of this essay was to assess the management (conventional vs. ecological) and the compartment (air, soil, rhizosphere, roots and plant) effect on the biota and entomofauna present in ‘Caaveiro’ wheat plots. The

results showed a greater abundance of bacterial species at the start than at the end of the essay, in conventional versus ecological (although the diversity was similar in both dates and managements), with a higher abundance and diversity of species in the soil and rhizosphere compartments; reaching in the results of the Adonis test that 73% of these differences were due to the compartment. In the epidaphic fauna, the conventional cultivation plots showed a higher abundance of species but lower diversity indices than the ecological ones. A low presence of aerial entomofauna was detected. It would be necessary to carry out more studies to elucidate the effects on the biota in the cultivation of 'Caaveiro' wheat under conventional vs. ecological.

Palabras chave: Solo, diversidade, abundancia, manexo do cultivo, trigo 'Caaveiro'.

Keywords: Soil, diversity, abundance, crop management, 'Caaveiro' wheat.

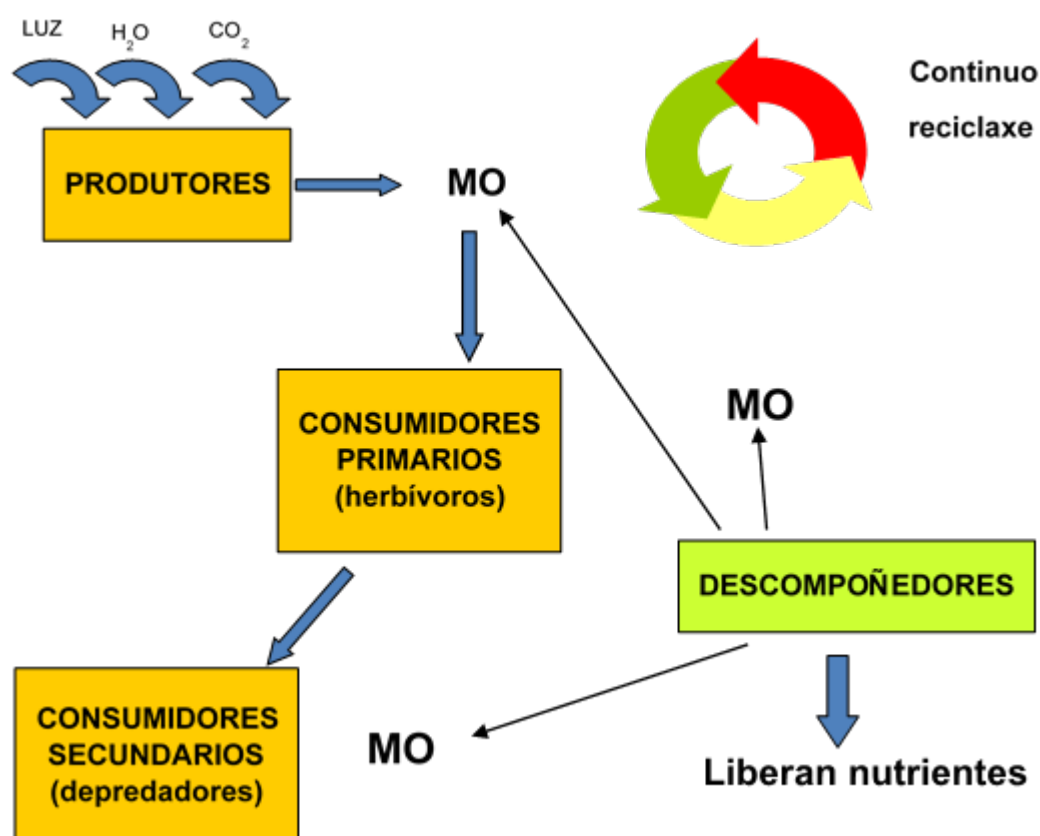
3.1. Introducción

Se temos en conta que os ecosistemas non son unidades espaciais concretas, senón mais ben un nivel de organización, unha perspectiva de análise das ligazóns entre individuos, poboacións biolóxicas e factores ambientais (Gómez-Sal, 2001), podemos definir o solo como un ecosistema aberto integrado por organismos en estreita relación e interacción co medio físico, químico e orgánico que lle serve de soporte e de medio de vida (Jordana, 1996) e cunhas particularidades estruturais e funcionais; é un sistema vivo no que a regulación dos seus procesos clave é función, entre outros, da biota que nel habita e que está composta por organismos moi diversos que aportan unha ampla gama de servizos ecosistémicos fundamentais para a produtividade da terra, repercutindo, directa e indirectamente, no funcionamento dos sistemas agrícolas a través da regulación de procesos como a descomposición da materia orgánica, liberación e ciclo de nutrientes, supresión de patóxenos do solo mediante antagonismo, alteración da estrutura do solo ou interacción directa coas plantas a través de relacións de mutualismo, comensalismo, competición ou patoxénese (Paoletti e col., 1994). Estes procesos de renovación e servizo do ecosistema son principalmente biolóxicos, polo que a súa persistencia depende do mantemento da diversidade biolóxica (Altieri, 1994) (Figura 3.1).

O coñecemento da bioloxía do solo constitúe a base para ter un medio edáfico san, sobre o cal sustentar os cultivos. As actividades que exercen os organismos edáficos forman parte do conxunto de actividades e sucesos que ocorren no ecosistema edáfico, sendo prioritaria a súa conservación (Lampkin, 2001). As actividades e a fisioloxía dos solos ante unha variación do medio ou a súa resposta e capacidade de reacción ante perturbacións depende das diferentes especies que viven nel (Jordana, 1996), polo que a riqueza do solo está na súa diversidade.

Unha gran parte desta biota está constituída pola microbiota bacteriana que é unha rede complexa de microorganismos presentes en diferentes compartimentos edáficos como poden ser o solo, a rizosfera, as raíces, a planta, etc. a cal xera funcións esenciais para o desenvolvemento dos organismos vivos (Pineda e col., 2017). Segundo Gopal e Gupta (2016) o microbioma das plantas é o sumatorio total da contribución xenómica feita por diversas comunidades de microorganismos, que habitan tanto na superficie, coma nos tecidos internos destas. De modo que, a rizosfera, a endosfera e a filosfera constitúen os compartimentos das plantas nos cales reside o maior número de comunidades microbianas. Sendo, o microbioma edáfico a principal fonte a través da cal as plantas seleccionan e constrúen o seu

propio perfil microbiano. O solo é considerado o maior banco de diversidade microbiana, do cal unha planta obtén selectivamente o seu microbioma para satisfacer as súas necesidades. O xenotipo das plantas, os exudados das raíces, o tipo de solo, o tipo de manexo dos cultivos (convencional vs. ecolóxico) xunto con diferentes factores ambientais, inflúen de xeito crucial no microbioma das plantas, ao condicionar a capacidade que teñen os microorganismos do solo de introducirse nas raíces ata acadar a parte aérea do vexetal (Gaiero e col., 2013).



55

Figura 3.1. Funcións da biodiversidade edáfica (elaboración propia) (MO: materia orgánica).

Figure 3.1. Functions of soil biodiversity (own elaboration) (OM: organic matter).

Outro elemento desa biota é a fauna edáfica, que actúa como axente determinante no funcionamento do solo e, polo tanto, na súa fertilidade con diferentes efectos sobre os procesos que determinan o crecemento vexetal, pois regulan a dispoñibilidade de minerais asimilables polas plantas e favorecen a estrutura física dos solos; esta fauna fragmenta a materia orgánica para facilitar a súa descomposición por parte de bacterias e fungos que inician a mineralización dos nutrientes orgánicos para transformalos en inorgánicos que son fundamentais para o crecemento vexetal, de forma que a estabilidade do ecosistema edáfico está moi relacionada coa abundancia relativa dos diferentes grupos funcionais, é dicir, coa estrutura da rede alimentaria do solo (Barrios, 2007).

As prácticas antrópicas alteran a composición destas comunidades edáficas (Arroyo e col., 2003) provocando a perda de biota edáfica polo que se modifica o fluxo de nutrientes e enerxía e, en xeral, os servizos que ditas comunidades aportan. Para avaliar os danos derivados pola introdución de distintas prácticas agrícolas nos agroecosistemas podemos empregar a biota edáfica como bioindicadora da calidade dos solos ao relacionar certas características destes coa presenza de determinadas especies moi sensibles ás modificacións. Polo tanto, a análise de poboacións ou comunidades, ou o seguimento de procesos biolóxicos como a modificación da estrutura do solo ou a taxa de descomposición (Linden e col., 1994) poden permitírnos obter unha correcta valoración da degradación do solo e os riscos correlacionados (Eijsackers, 1983; Turco e col., 1994). Son numerosas as investigacións centradas no estudo da biota edáfica, e todas elas remarcen a súa capacidade como indicadora do estado de saúde dun ecosistema e tentan advertirnos sobre a importancia da preservación da edafofauna, e da biodiversidade en xeral, nos ecosistemas agrarios.

Polo tanto, o obxectivo específico deste ensaio foi o estudo da abundancia e diversidade das especies bacterianas presentes no microbioma de mostras recollidas en parcelas baixo cultivo de trigo 'Caaveiro' considerando tres factores en avaliación: a data en ensaio (inicio: febreiro vs. fin: xullo), o tipo de manexo (convencional vs. ecolóxico) e o compartimento en estudo (solo, rizosfera, raíces e planta), así como a análise da fauna edáfica e epiedáfica das parcelas ensaiadas, e da entomofauna polinizadora coa finalidade de avaliar a influencia dos modelos de cultivo sobre a zoodiversidade.

3.2. Material e métodos

Nas parcelas descritas no capítulo 2, tomáronse mostras da microbiota bacteriana, da fauna edáfica (a que vive no interior do solo), epiedáfica (a que o fai sobre o solo) así como de insectos voadores, co fin de cuantificar a biodiversidade tanto nas parcelas en convencional como en ecolóxico.

O deseño experimental foi o que se amosa na figura 3.2; as letras indican o tipo de cultivo que se realizou en cada unha delas (A: monocultivo trigo 'Caaveiro'; B: rotación espelta-tremoceiro-trigo Caaveiro; C: rotación tremoceiro-espelta-trigo 'Caaveiro'). A toma de mostras realizouse tanto nas parcelas en ecolóxico como nas de convencional e nas sebes.

3.2.1. Microbiota bacteriana

A recollida de mostras realizouse en 4 das 8 parcelas (2A e 3A) baixo cultivo de trigo 'Caaveiro' tendo en conta a data en ensaio: inicio (febreiro) vs. fin (xullo), o tipo de manexo (convencional vs. ecolóxico) e o compartimento en estudo (solo, rizosfera, raíces e planta) mediante a aplicación do protocolo descrito por Kawasaki e col. (2016). Empregáronse, para iso, palas de xardinería e tomáronse as mostras a 20 cm de profundidade tentando colleitar as plantas enteiras coas raíces intactas e depositáronse en bolsas de plástico con peche zip para o seu traslado en neveiras portátiles a 4°C aos laboratorios da EPS-USC (Figura 3.3).



Figura 3.2. Deseño experimental das parcelas en estudo.

Figure 3.2. Experimental design of the plots under study.

No laboratorio, procedeuse a separación manual das plantas nos compartimentos solo, raíces e planta (Figura 3.4). Posteriormente, limpouse a parte aérea do vexetal, cortouse a 1-2 cm e almacenáronse 5 g do material obtido a -26°C. A continuación, separouse a raíz e a rizosfera da planta mediante un proceso de extracción, no cal se seleccionaron 15 g de raíces aos cales engadíronselles 25 mL de CaCl₂ 0,2 nM e axitáronse a posteriori nun Vortex a velocidade máxima. A totalidade das raíces obtidas almacenáronse a -26°C e a rizosfera foi centrifugada a 5.000 rpm durante 15 minutos e almacenada a -26°C.

Para a extracción do ADN nas mostras de raíz e de planta foi preciso o lavado destas, coa finalidade de eliminar as bacterias que estaban presentes na súa superficie. Para isto, utilizouse lixivia ao 4% durante 5 minutos. Unha vez rematado o lavado, gardáronse as mostras a -80°C. A continuación, realizouse a moenda das mostras de raíz e planta nun morteiro coa axuda de nitróxeno líquido ata conseguir que acadasen o estado de pó (Figura 3.5).

Para a extracción do ADN empregouse o kit 'DNeasy PowerSoil kit', seguindo o protocolo indicado por QIAGEN, e na cuantificación da pureza do ADN purificado utilizouse un espectrofotómetro Nanodrop determinando a absorbancia a 260/280 nm e a 260/230 nm.



Figura 3.3. Recollida de mostras ao inicio do ensaio (febreiro) en 4 das 8 parcelas sementadas exclusivamente con trigo 'Caaveiro' (A), 2 en cultivo convencional e 2 en cultivo ecolóxico, para a análise do microbioma seguindo o protocolo descrito por Kawasaki e col. (2016).

Figure 3.3. Collection of samples at the start of the trial (February) in 4 of the 8 plots sown exclusively with 'Caaveiro' wheat (A), 2 in conventional cultivation and 2 in organic cultivation, for the analysis of the microbiome following the protocol described by Kawasaki e col. (2016).

Tralo proceso de purificación do ADN bacteriano total de todas as mostras comprobouse a amplificación do ADNr 16S en cada mostra por PCR. Para isto, primeiro tívose que facer unha solución cun buffer composto por magnesio 25 mM, auga MiliQ, os primers específicos, dntps (2 mM) e a TAQ polimerasa. A electroforese en xel de agarosa realizouse tras separación do ADN a pH=7,0 nun campo eléctrico sometido a carga eléctrica negativa. O xel de agarosa preparouse realizando unha disolución de 35 mL de buffer TBE 0,5X, 0,35 g de agarosa e 1,75 μ L de SYBR. A electroforese fíxose a 110V e ao finalizar visualizouse o xel nun trasiluminador de raios ultravioleta co fin de ver se a extracción do ADN foi realizada correctamente durante a PCR, o cal quedou verificado pola aparición dunhas bandas no xel dun tamaño específico (Figura 3.6).



Figura 3.4. Procesado de mostras de trigo 'Caaveiro', colleitadas ao inicio (febreiro) e ao fin do ensaio (xullo), previo a separación en catro compartimentos (solo, raíces, rizosfera e planta) para a análise do microbioma.

59

Figure 3.4. Processing of 'Caaveiro' wheat samples, harvested at the start (february) and at the end of the essay (july), prior to the separation into four compartments (soil, roots, rhizosphere and plant) for the microbiome analysis.



Figura 3.5. Moenda das mostras de raíces con nitróxeno líquido previa á extracción do ADN mitocondrial 16S empregando o kit "DNeasy PowerSoil" de QIAGEN.

Figure 3.5. Grinding of the root samples with liquid nitrogen prior to the extraction of the 16S mitochondrial rDNA using the "DNeasy PowerSoil" kit from QIAGEN.

Tralo proceso de purificación do ADN bacteriano total de todas as mostras comproboouse a amplificación do ADNr 16S en cada mostra por PCR. Para isto, primeiro tívose que facer unha solución cun buffer composto por magnesio 25 mM, auga MiliQ, os primers específicos, dntps (2 mM) e a TAQ polimerasa. A electroforese en xel de agarosa realizouse tras separación do ADN a pH=7,0 nun campo eléctrico sometido a carga eléctrica negativa. O xel de agarosa preparouse realizando unha disolución de 35 mL de buffer TBE 0,5X, 0,35 g de agarosa e 1,75 μ L de SYBR. A electroforese fíxose a 110V e ao finalizar visualizouse o xel nun trasiluminador de raios ultravioleta co fin de ver se a extracción do ADN foi realizada correctamente

durante a PCR, o cal quedou verificado pola aparición dunhas bandas no xel dun tamaño específico (Figura 3.6).

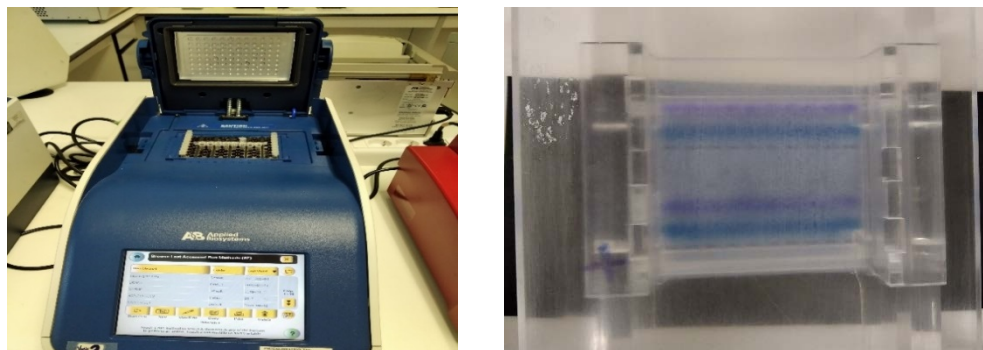


Figura 3.6. Secuenciación por PCR do ADNr 16S con dous pares de primers: 341F-R806 vs. Pro341F-Pro805R e posterior electroforese en xel de agarosa.

Figure 3.6. PCR sequencing of 16S rDNA with two pairs of primers: 341F-R806 vs. Pro341F-Pro805R and subsequent agarose gel electrophoresis.

Trala amplificación, mesturáronse cantidades equimolares de cada mostra para conformar a librería final a secuenciar. Dita librería foi procesada polo servizo de secuenciación masiva de FISABIO cun secuenciador Illumina MiSeq con reactivos MiSeqV3 en formato 'paired end' de 300 pares de bases. As secuencias resultantes demultiplexáronse e transformáronse a formato fasta usando BareSpace (Illumina) Casava (Illumina). Recorreuse a plataforma QIIME2 para determinar a rarefacción alfa (α) e a diversidade beta (β) previa a análise filoxenética e a asignación taxonómica dos microorganismos. Para a análise estatística das secuencias obtidas utilizouse PHYLOSEQ (McMurdie e col., 2013) e DESeq2 (Love e col., 2014).



Figura 3.7. Sonda para a toma de mostras da fauna do solo.

Figure 3.7. Probe for soil fauna sampling.

3.2.2. Fauna edáfica

Recolléronse mostras de solo nas parcelas de trigo 'Caaveiro' en cultivo puro (A) e nas de rotación tremoceiro-espelta-trigo 'Caaveiro' (C); a recollida foi ao chou nun punto central de cada parcela coa axuda dunha sonda cilíndrica (de 7 cm de diámetro) ata unha profundidade de 10 cm (Figura 3.7). A terra almacenouse nunha bolsa de plástico, debidamente etiquetada co nome da parcela e a data da mostraxe, ata a súa chegada ao laboratorio.

Para a separación da fauna edáfica, empregouse un sistema de funís Berlese – Tullgren (Figura 3.8) que facilita a extracción da fauna do solo mediante calor (proporcionado por unha lámpada incandescente), xa que a medida que a mostra de solo seca, lentamente dende a parte máis próxima á fonte de calor, os organismos emigran cara abaixo ata caer ao extremo do funil onde un pequeno envase de vidro con alcol 70% os recolle e conserva ata a súa clasificación (Ferraro, 2005). As mostras de terra estiveron no sistema de funís durante unha semana.

61



Figura 3.8. Sistema de extracción da fauna edáfica por medio de funís Berlese – Tullgren.

Figure 3.8. System of extraction of the edaphic fauna by using funnels Berlese – Tullgren.

Algunhas das mostras presentaban unha excesiva cantidade de terra, polo que foron posteriormente tinguidas con Rosa de Bengala para facilitar o recoñecemento dos individuos e a identificación correcta da fauna.

3.2.3. Fauna epiedáfica

Para a obtención da fauna epiedáfica utilizáronse trampas de caída “pitfall” (de 16x16x6 cm) (Benckiser, 1997) (Figura 3.9) que foron colocadas no centro das parcelas de trigo 'Caaveiro', tanto en cultivo convencional como en ecolóxico; estas trampas foron colocadas a ras do solo e no seu interior verteuse vinagre, como atraínte e tamén para facilitar a conservación dos individuos que quedaron nelas atrapados.



Figura 3.9. Trampa "Pitfall" para recolección da fauna epiedáfica.

Figure 3.9. "Pitfall" trap for collecting epigeic fauna.

As trampas foron recollidas 7 días despois da súa colocación. Os individuos capturados foron gardados en frascos de cristal e etiquetados (coa data de mostraxe e a parcela na que foron recollidos). Ditos frascos foron reenchidos con alcol ao 70% para a correcta conservación da fauna e a súa posterior identificación.

Unha vez extraídos tódolos individuos das trampas de caída e das mostras de solo, procedeuse a súa clasificación ata a categoría de "orde", agás no caso dos coleópteros nos que se acadou a categoría de "familia", e mesmo a de especie, e nos colémbolos nos que se chegou ata "suborde".

Para a identificación dos diferentes taxóns empregouse unha lupa binocular así coma diferentes fontes bibliográficas (Barrientos, 1988; Chinery, 2001; Zahradník, 1989) de uso cotiá para a identificación de artrópodos.

Cos datos de zoodiversidade calculáronse diversos índices de diversidade e de dominancia empregando o paquete estatístico SPSS versión 25.

3.3. Resultados e discusión

Os principais filos bacterianos atopados nas subparcelas, independentemente da data de recollida das mostras, do tipo de manexo e do compartimento en estudo no cultivo de trigo Caaveiro, acadaron de media unha porcentaxe dun 40% Proteobacterias, 20% Actinobacterias, 15% Bacteroidetes, 8% Chloroflexi, 8% Planctomycetes, 4% Verrucomicrobias, 3% Acidobacterias e 2% Firmicutes. Os resultados acadados neste ensaio coinciden co obtido por Hacquard e col. (2015) e por Prieto-Vilaboa (2020).

Nas figuras 3.10, 3.11 e 3.12 amósanse os resultados obtidos trala análise da rarefacción α (indicativa da abundancia de especies bacterianas) nas mostras de trigo 'Caaveiro' recollidas nas parcelas cando se tiveron en conta a data en ensaio (inicio vs. fin), o tipo de manexo (convencional vs. ecolóxico) e o compartimento en estudo (solo, rizosfera, raíces e planta), respectivamente. Observando conxuntamente as tres figuras pódese ver que o número de secuencias identificadas de ADNr 16S oscilou entre 300 e 2.700. Sendo, o valor máis alto de secuencias o obtido nas mostras que foron recollidas ao inicio (2.700) vs. ao fin (500) do ensaio (Figura 3.10), baixo cultivo convencional (1.700) vs. en ecolóxico (1.000) (Figura 3.11) nos compartimentos correspondentes a rizosfera e solo (2.000-2.100) vs. planta e raíces (300-700) (Figura 3.12). Estes últimos resultados concordan co dito por Prieto-Vilaboa (2020), ao avaliar a abundancia de especies bacterianas por compartimento en estudo en catro especies de leguminosas forraxeiras usadas normalmente en alimentación animal, acadando un maior número de secuencias en rizosfera e solo (2.200-2.300) que en planta e raíces (120-230).

63

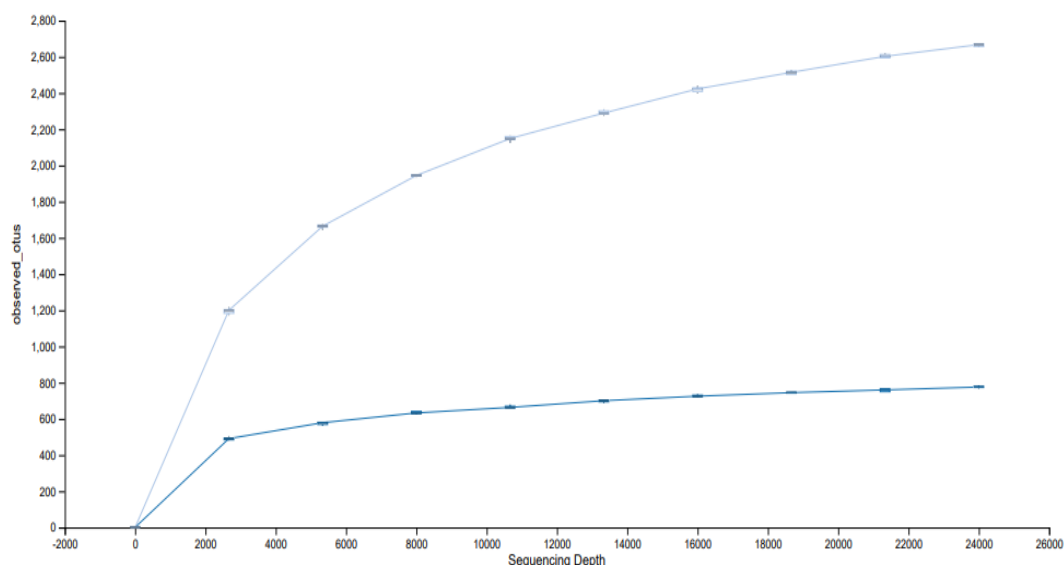


Figura 3.10. Rarefacción α segundo a data en ensaio: inicio (azul claro) vs. fin (azul escuro).

Figure 3.10. Rarefaction α according to the essay date: start (light blue) vs. end (dark blue).

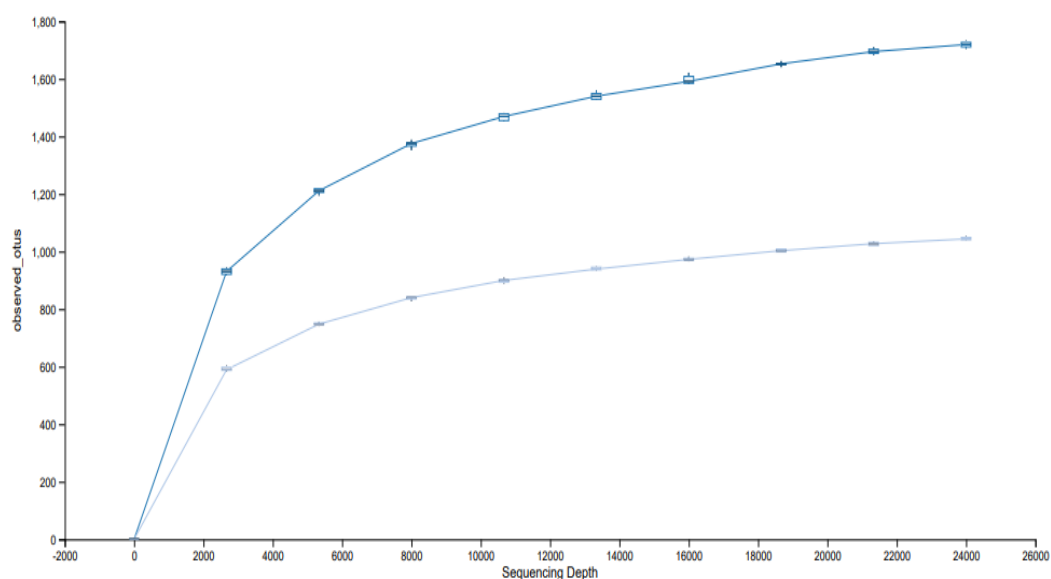


Figura 3.11. Rarefacción α segundo o tipo de manexo do cultivo: convencional (azul escuro) vs. ecolóxico (azul claro).

Figure 3.11. Rarefaction α according to the type of crop management: conventional (dark blue) vs. ecological (light blue).

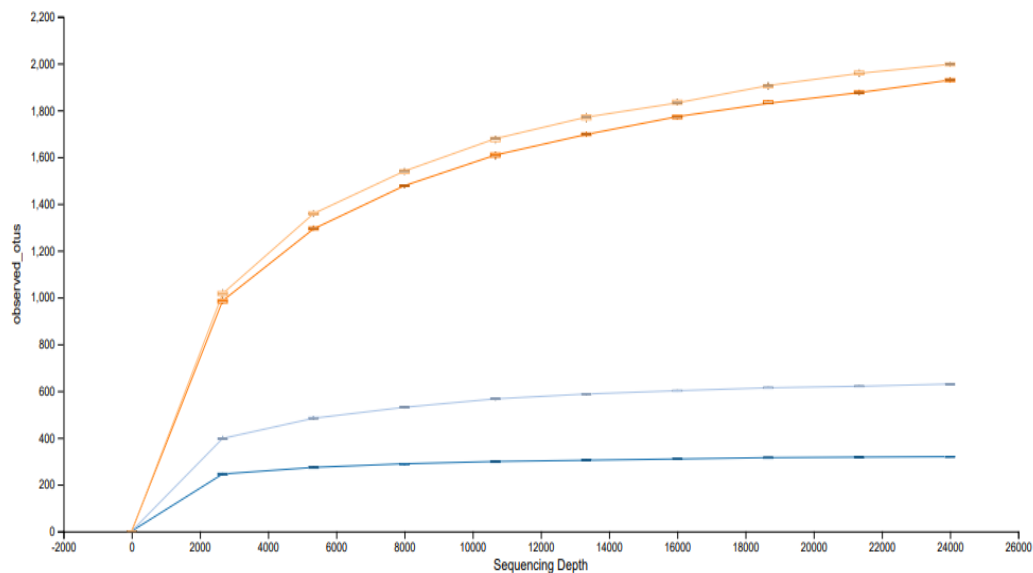


Figura 3.12. Rarefacción α segundo o compartimento en estudo: solo (laranja claro), rizosfera (laranja escuro), raíces (azul claro) e planta (azul escuro).

Figure 3.12. Rarefaction α according to the compartment under study: soil (light orange), rhizosphere (dark orange), roots (light blue) and plant (dark blue).

Nas figuras 3.13, 3.14 e 3.15 amósanse os gráficos de compoñentes principais obtidos trala análise da diversidade β (indicativa da diversidade de especies bacterianas) nas mostras de trigo 'Caaveiro' recollidas nas parcelas avaliadas considerando a data en ensaio, o tipo de manexo e o compartimento en estudo, respectivamente. Sendo, a diversidade β semellante ao inicio vs. ao fin do ensaio (Figura 3.13), non atopándose diferenzas entre os dous tipos de manexo do cultivo (Figura 3.14) pero con comportamentos diferentes entre os distintos compartimentos (Figura 3.15). De modo que o solo e a rizosfera presentaron unha maior diversidade de especies bacterianas que as raíces e a planta, o cal coincide co observado por Prieto-Vilaboa (2020). Isto pode atribuírse ao feito de que o solo é un compartimento clave na nutrición das plantas xa que nel están presentes as distintas comunidades microbianas interaccionando coa rizosfera e os distintos individuos integrantes do solo entran ademais en contacto directo coa rizosfera e coas raíces a través dos exsudados producidos por estas últimas.

65

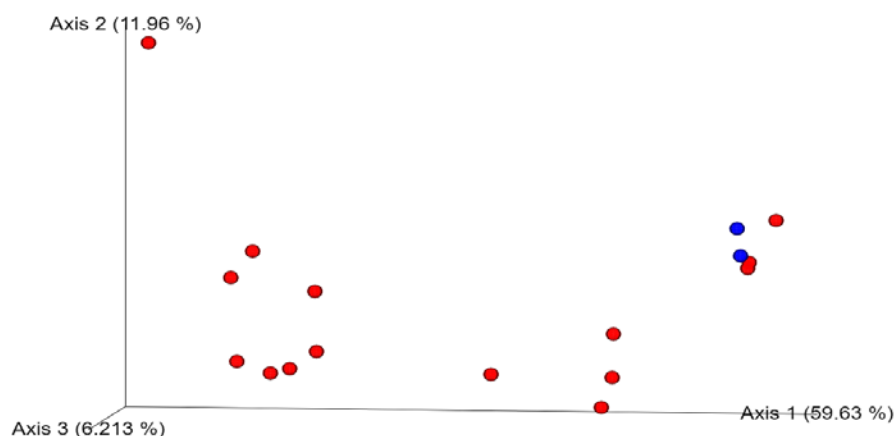


Figura 3.13. Diversidade β segundo a data en ensaio: inicio (azul) vs. fin (vermello).

Figure 3.13. β diversity according to the essay date: start (blue) vs. end (red).

Os resultados do test Adonis amosaron que o 73% das diferenzas atopadas entre as comunidades bacterianas observadas neste ensaio foron debidas ao compartimento en estudo ($p=0,001$). Sendo, este o factor de maior relevancia a considerar. Isto pon de manifesto a importancia que ten estudar o efecto da microbiota nos distintos compartimentos como vía para poder establecer as interaccións que se producen neles entre os distintos microorganismos e o seu grado de repercusión no funcionamento das plantas. O efecto na microbiota do tipo de manexo no cultivo de trigo 'Caaveiro' non resultou significativo ($p=0,108$) neste ensaio acadándose un valor no test Adonis inferior ao 1%, o cal pode ser debido a que tan só se contase con datos dun ano en ensaio. Sendo, este período de tempo insuficiente para atopar diferenzas entre as mostras recollidas nas parcelas en cultivo ecolóxico vs. as que se atopaban en convencional.

No que se refire a fauna epiedáfica, e tal e como se pode observar na figura 3.16, os ordes máis abundantes foron os Coleópteros (os Derméstidos sobre todo en convencional), Hemípteros e Himenópteros, o cal concorda co que atoparon, de maneira xenérica, Hole e col. (2005) quenes sinalaron que o cultivo orgánico favorece aos escarabellos e a outros artrópodos; neste estudo, as familias Carabidae,

Cryptophagidae, Coccinellidae e Staphylinidae foron máis abundantes en ecolóxico que en convencional, mentres que as familias Coccinellidae e Dermestidae fórono máis en convencional que en ecolóxico.

66

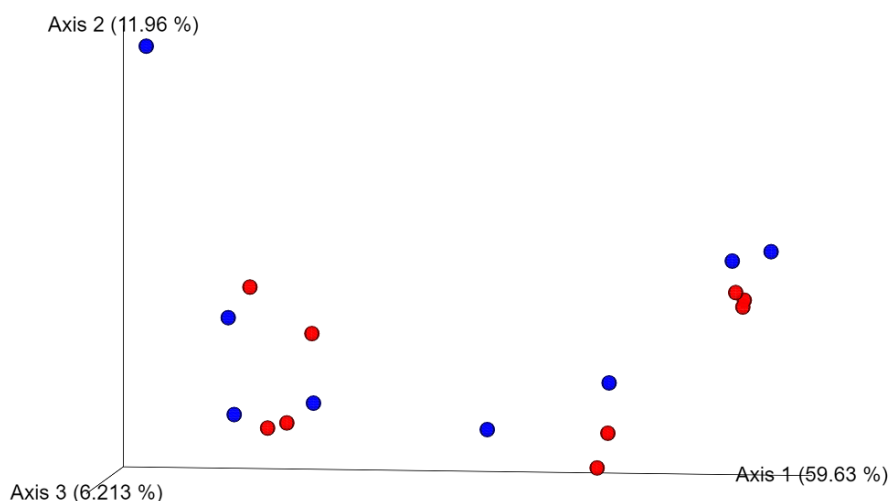


Figura 3.14. Diversidade β segundo o tipo de manexo do cultivo: convencional (vermello) vs. ecolóxico (azul).

Figure 3.14. β diversity according to the type of crop management: conventional (red) vs. ecological (blue).

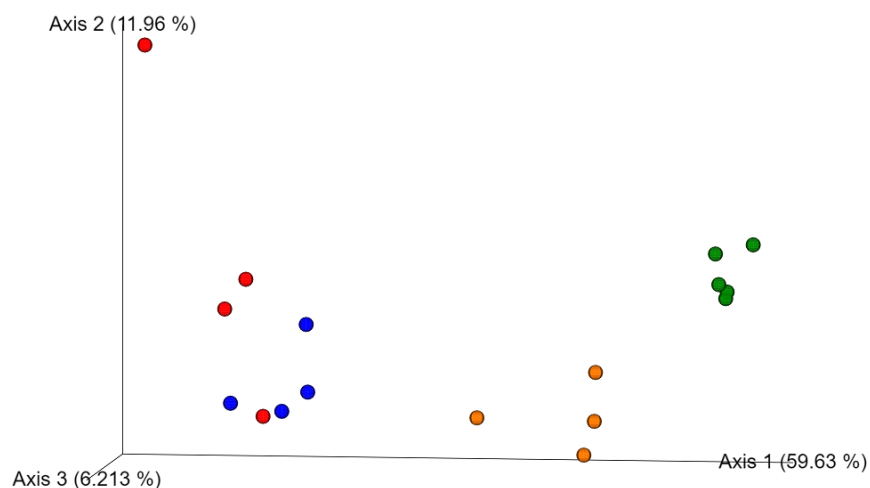


Figura 3.15. Diversidade β segundo o compartimento en estudo: solo (verde), rizosfera (laranja), raíces (azul) e planta (vermello).

Figure 3.15. β diversity according to the compartment under study: soil (green), rhizosphere (orange), roots (blue) and plant (red).

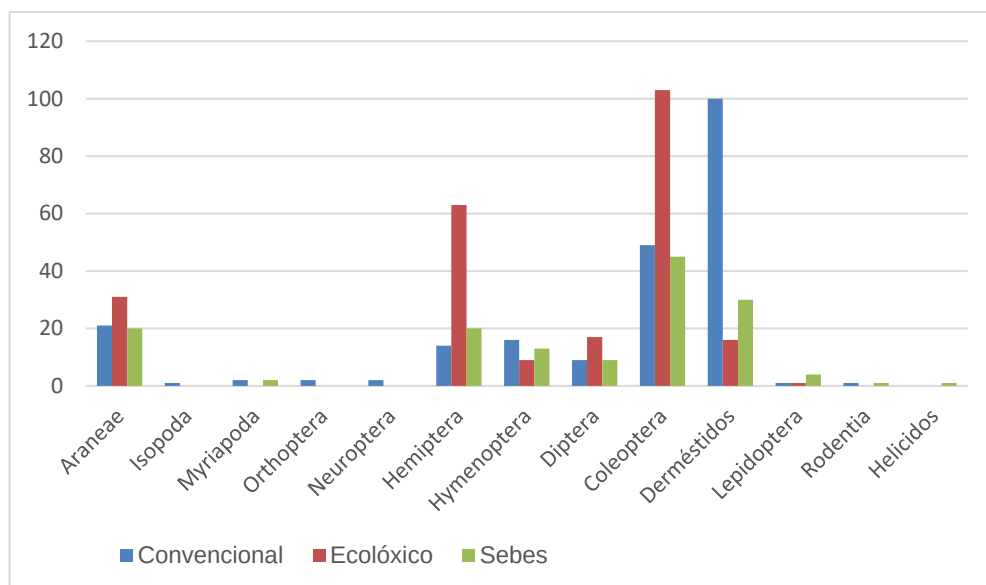


Figura 3.16. Principais grupos presentes nos distintos sistemas de cultivo.

Figure 3.16. Main groups present in the different cropping systems.

As parcelas de cultivo convencional presentaron unha maior abundancia (maior número de efectivos) (Figura 3.17), pero uns Índices de Diversidade Ecolóxica, Shannon (H') e Margalef (D), menores que as de cultivo ecolóxico (Figura 3.18). Estes resultados indican que o manexo que tivo lugar nas parcelas convencionais supuxo unha menor diversidade de especies, favorecendo a presenza de determinados taxóns que se converteron claramente en dominantes dentro da comunidade (p.e. Dermestes).

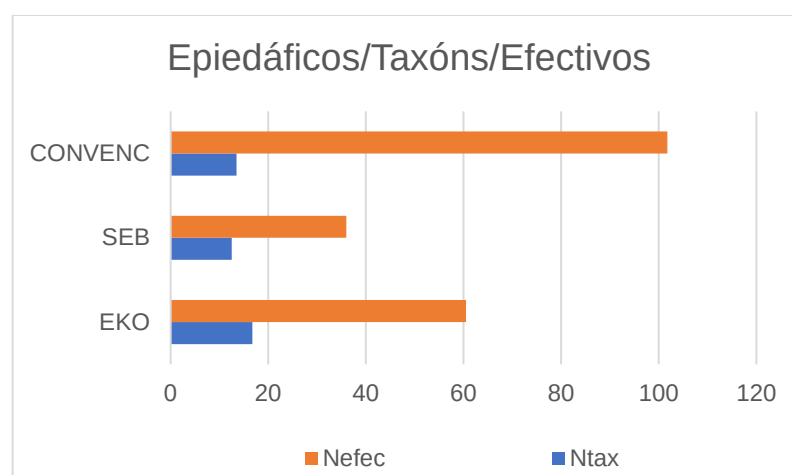


Figura 3.17. Número de taxóns e de efectivos de epiedáficos presentes nas distintas parcelas. (Convenc.: convencional; SEB: sebes; Eko: ecolóxico; Nefec: número de efectivos; Ntax: número de taxóns).

Figure 3.17. Number of taxa and of epiedaphic individuals present in the different plots. (Convenc.: conventional; SEB: hedges; Eko: ecological; Nefec: number of effective; Ntax: number of taxa).

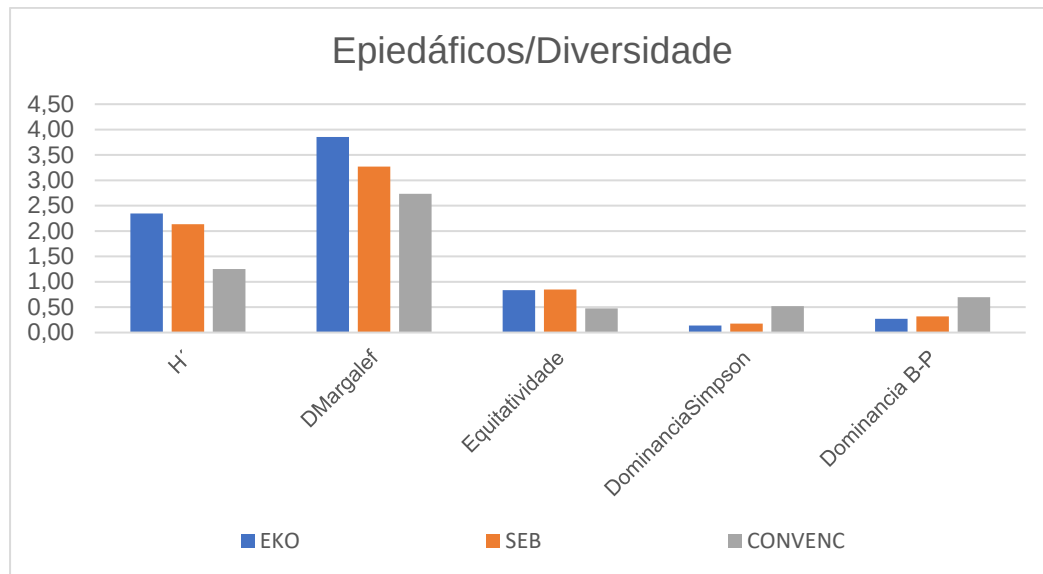


Figura 3.18. Índices de diversidade da fauna epiedáfica nas distintas parcelas (EKO: ecológico; SEB: sebes; CONVENC: convencional; H': índice de Shannon-Wiener).

Figure 3.18. Indices of diversity of the epiedaphic fauna in the different plots (EKO: ecological; SEB: hedges; CONVENC: conventional; H': Shannon-Wiener index).

Por outra banda, os valores obtidos para as parcelas ecológicas foron moi próximos aos obtidos nas sebes, o cal indica que a capacidade de conservación da diversidade do cultivo ecológico foi similar e claramente superior ao do cultivo convencional.

Dende un punto de vista metodolóxico os valores complementarios de dominancia e equitatividade confirmaron tamén as tendencias anteriormente descritas.

No referente a fauna edáfica viuse que os taxóns máis abundantes en tódolos cultivos foron os ácaros e os colémbolos (Figura 3.19); os números atopados tanto en convencional como en ecológico para estes dous taxóns foron moi semellantes e non amosaron diferenzas significativas; estes datos non concordan totalmente co sinalado por Mazzoncini e col. (2010), que atoparon chilopoda só en cultivo convencional (nós en sebes e ecológico) e araneida só en cultivo orgánico (asimilable ao ecológico neste ensaio). Schrader e col. (2006) sinalaron unha maior diversidade de colémbolos baixo cultivo orgánico, o cal concorda co atopado neste estudo nas parcelas en ecológico.

Aínda que os cultivos ecológicos de trigo A ("Caaverio") e C (Tremoceiro+Espelta+Trigo 'Caaveiro') reflicten unha maior riqueza de taxóns que os convencionais (A e C), non se observaron diferenzas significativas entre os dous tipos de manexo (Figura 3.20).

Ademais, como no caso dos invertebrados epiedáficos, os valores de diversidade foron semellantes aos atopados nas sebes, o cal indica unha capacidade de conservación elevada (Figura 3.21).

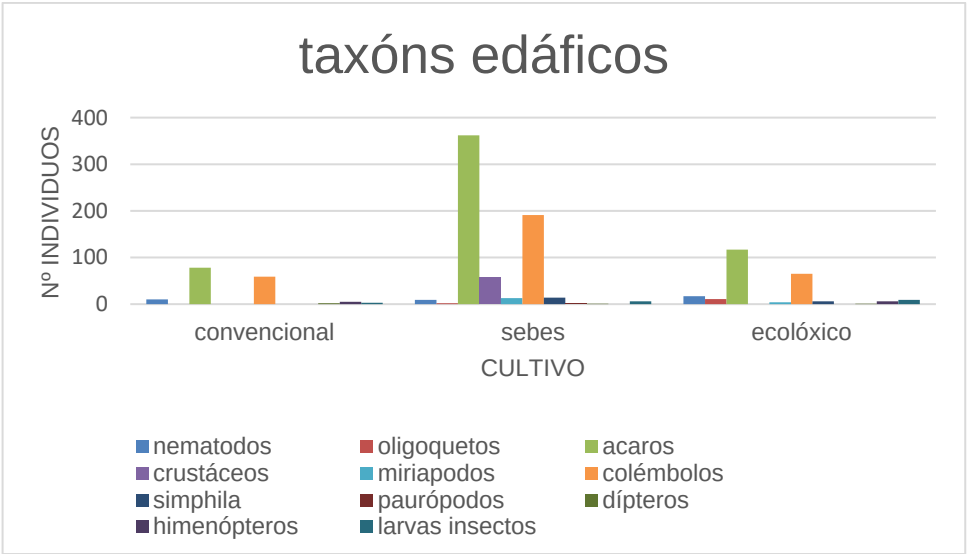


Figura 3.19. Principais taxóns edáficos presentes nos distintos sistemas de cultivo.

Figure 3.19. Main edaphic taxa present in the different cultivation systems.

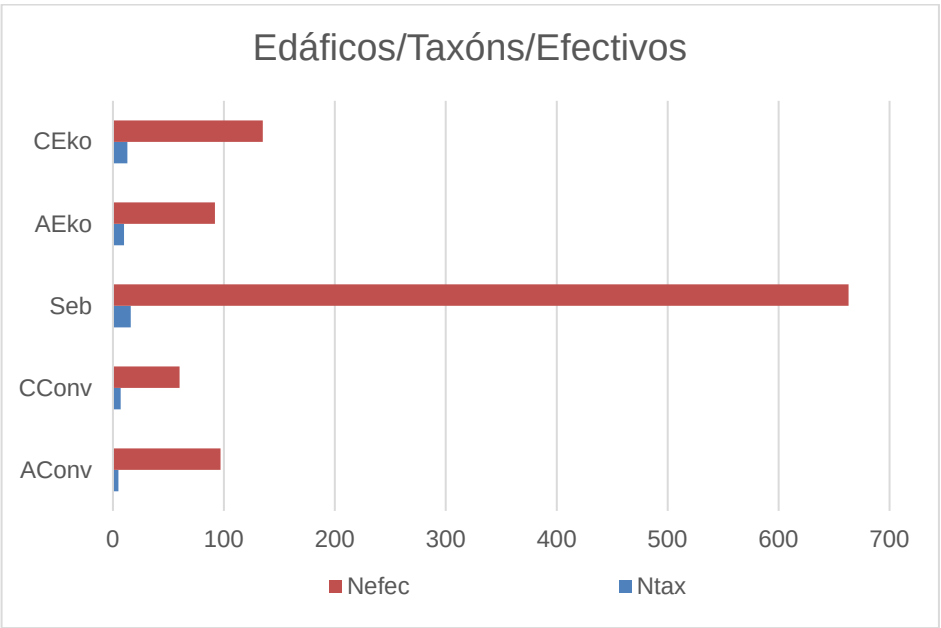


Figura 3.20. Número de taxóns e de efectivos de edáficos nas distintas parcelas (CEko: parcelas C en ecológico; AEko: parcelas A en ecológico; Seb: sebes; CConv: parcelas C en convencional; AConv: parcelas A en convencional; Nefec: no de efectivos; NTax: número de taxóns).

Figure 3.20. Number of taxa and of edaphic individuals in the different plots (CEko: ecological C plots; AEko: ecological A plots; Seb: hedges; CConv: conventional C plots; AConv: conventional A plots; Nefec: number of individuals; NTax: number of taxa).

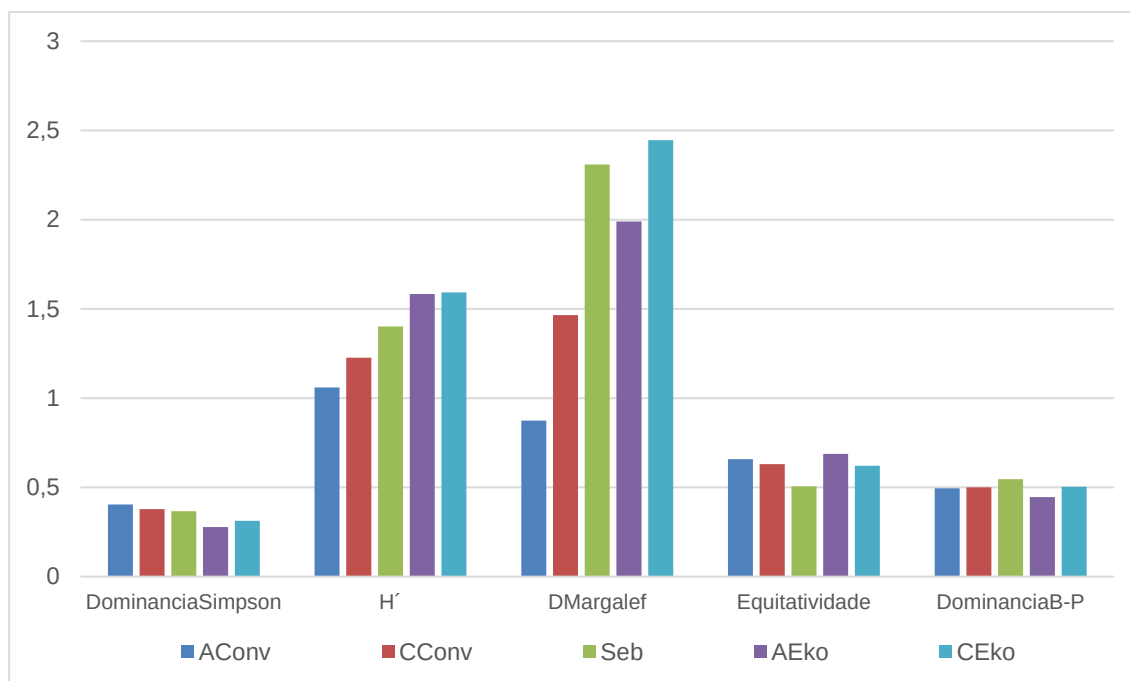


Figura 3.21.- Índices de diversidade da fauna edáfica nas distintas parcelas (CEko: parcelas C en ecolóxico; AEko: parcelas A en ecolóxico; Seb: sebes; CConv: parcelas C en convencional; AConv: parcelas A en convencional; H': índice de Shannon-Wiener).

Figure 3.21.- Indices of diversity of the edaphic fauna in the different plots (CEko: C plots in ecological; AEko: A plots in ecological; Seb: hedges; CConv: C plots in conventional; AConv: A plots in conventional; H': index of Shannon-Wiener).

Tal como apunta Padmavathy e col. (2011) as diferenzas entre artrópodos beneficiosos vs. fitófagos foron maiores en cultivos orgánicos que en convencionais.

Nas visitas realizadas para a observación da entomofauna aérea detectouse unha moi baixa diversidade debido a que a área total era moi pequena e non había suficiente separación entre as parcelas en ensaio. O que se puido constatar foi o seguinte:

As parcelas en ecolóxico presentaron a maior diversidade por mor da abundancia de flora silvestre presente. Observáronse un total de 8 especies pertencentes a seis ordes distintos:

- Hemípteros: *Pentatoma rufipes* (Linnaeus, 1758).
- Dípteros: *Sphaerophoria scripta* (Linnaeus, 1758), *Eristalis tenax* Linnaeus, 1758 e *Volucella zonaria* (Poda, 1751).
- Himenópteros: *Bombus terrestris* (Linnaeus, 1758).
- Lepidópteros: *Pieris rapae* (Linnaeus, 1758).
- Coleópteros: *Coccinella septempunctata* (Linnaeus, 1758). Moitos exemplares, posiblemente debido á abundancia de pulgóns.
- Mecópteros: *Panorpa communis* (Linnaeus, 1758).

Na base dos talos puidéronse observar danos e pupas de “mosquito do trigo”, *Mayetiola* sp. (Diptera). En talos tamén puídose ver *Haplothrips tritici* (Kurdj., 1912) (Thysanoptera). En espigas inmaduras, dentro do talo, atopáronse larvas de dípteros,

posiblemente de *Chlorops pumilionis* (Bjerkander, 1778). Ademais, apreciáronse comeduras lonxitudinais en follas causadas polas larvas de *Oulema melanopus* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera, Chrysomelidae).

As parcelas en cultivo convencional presentaron moi pouca diversidade ecolóxica. Capturáronse un número apreciable de Latridiidos (Coleoptera) (micetofáxidos) debido ao bo número de fungos (posiblemente *Puccinia graminis*) (Pers., 1794) nas follas do trigo.

Nas raíces das plantas observouse a presenza do homópteros *Rhopalosiphum* spp. (Figura 3.22) pulgón que ten a particularidade de formar colonias subterráneas nas raíces ou na base das plantas; cando o ataque é severo, pódense ver tamén plantas con rodais amarelos; outro homóptero presente foi *Diuraphis noxia* (Mord., 1914) causante do volcado das espigas e cuxa saliva é tóxica para as plantas e causa cambios na coloración das follas dos cereais. Outras especies atopadas foron *Corticarina truncatella* (Mann., 1844) e *Enicmus brevicornis* (Mann., 1844).

71



Figura 3.22. Exemplares de *Rhopalosiphum* spp.

Figure 3.22. Specimens of *Rhopalosiphum* spp.

Tamén se observaron numerosos exemplares das especies de coleópteros mencionadas previamente. Son especies micetofáxidas de xeito que aliméntanse basicamente de hifas e esporas dos fungos presentes.

Nas parcelas con outras especies en rotación, a diversidade observada foi moi baixa e, ademais dalgún exemplar de dípteros, homópteros e lepidópteros que se citaron antes no cultivo en ecolóxico, atopouse *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852): “pulgón verde dos cereais”; as follas das plantas atacadas por este homóptero vólvense cloróticas (amarillean) e presentan pequenas manchas co centro castaño, que é o punto onde se clavou o aparato picador-suctor do pulgón, e un halo amarillento que é produto das súas toxinas; si o ataque é intenso, estas manchas terminan uníndose e as plantas secan e morren; ademais incorporan saliva tóxica e extraen grandes cantidades de savia, o que provoca clorese, manchas e morte das follas.

Ademais da toma de mostras de biota edáfica e fauna aérea, recolléronse datos de densidade dos talos e trala súa análise, podemos dicir que a densidade foi bastante superior no cultivo convencional (Figura 3.23), o que indica unha presenza clara de especies vexetais adventicias no cultivo en ecolóxico. Resultados semellantes foron aportados por Feledyn-Szewczyk e col. (2016), atopando que en cultivos orgánicos a diversidade de especies adventicias é claramente superior que nos convencionais. No presente estudo, este pode ser un factor importante que explica a maior riqueza de especies de invertebrados no cultivo orgánico e, así mesmo, é un parámetro que determina o menor rendemento agrícola obtido no cultivo de trigo 'Caaveiro': 1.839 kg/ha no manexo convencional fronte aos 1.233 kg/ha obtidos no manexo ecolóxico.

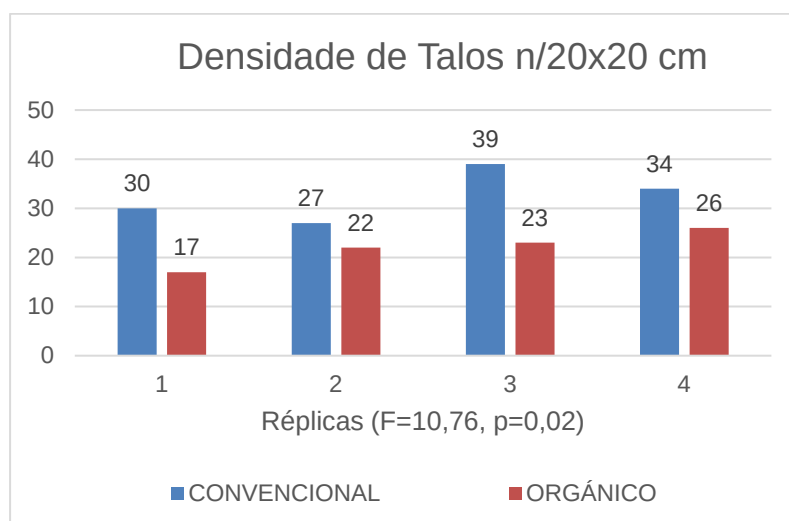


Figura 3.23. Densidade de talos en cultivo ecolóxico e convencional.

Figure 3.23. Density of stems in conventional and ecological cultivation.

3.4. Bibliografía

- Altieri, M.A. (1994). Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems. The Haworth Press, New York, 236 pp. <https://doi.org/10.1201/9781482277937>.
- Arroyo, J., Bilbao, J.C.I., Caballero, A.I., & González-Carcedo, S. (2003). Una aproximación al uso de taxones de artrópodos como bioindicadores de condiciones edáficas en agrosistemas. Boletín de la SEA (32): 73-79.
- Barrientos, J.A. (1988). Bases para un curso práctico de entomología. Ed. Asociación Española de Entomología, Salamanca. España.
- Barrios, E. (2007). Soil biota, ecosystem services and land productivity. Ecological Economics 64(2): 269-285. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.03.004>.
- Benckiser, G. (1997). Fauna in Soil Ecosystems: Recycling Processes, Nutrien fluxes, and Agricultural Production. Marcel Dekker, Inc., Florida.
- Chinery, M. (2001). Guía de campo de los Insectos de España y de Europa. Ed Omega. 402 pp.

- Eijsackers, H. (1983). Soil fauna and soil microflora as possible indicators of soil pollution. *Environmental Monitoring and Assessment* 3(3-4): 307-316. <https://doi.org/10.1007/BF00396225>.
- Feledyn-Szewczyk, B., Kus, J., Stalenga, J., Berbec, A.K. & Radzikowsky, P. (2016). The role of Biological Diversity in Agroecosystems and Organic Farming. *In Organic Farming- A Promising Way of Food Production*. InTech. <http://dx.doi.org/10.5772/61353>.
- Ferraro, D.O. (2005). La sustentabilidad agrícola en la Pampa Interior (Argentina): desarrollo y evaluación de indicadores de impacto ambiental del uso de pesticidas y labranzas usando lógica difusa. Tesis Doctoral (inérita). Universidad de Buenos Aires.
- Gaiero, J.R., McCall, C.A., Thompson, K.A., Day, N.J., Best, A.S. & Dunfield, K.E. (2013). Inside the root microbiome: bacterial root endophytes and plant growth promotion. *American Journal of Botany* 100(9): 1-13. <https://doi.org/10.3732/ajb.1200572>.
- Gómez-Sal, A. (2001). Aspectos ecológicos de los sistemas agrícolas. Las dimensiones del desarrollo. En: *Agroecología y Desarrollo*. Aproximación a los fundamentos agroecológicos para la gestión sustentable de agrosistemas mediterráneos. Ed. Mundi Prensa. Madrid.
- Gopal, M. & Gupta, A. (2016). Microbiome selection could spur next-generation plant breeding strategies. Microbiology section, ICER-Central Plantation Crops Research Institute, Kasaragod, India. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01971>.
- Hacquard, S., Garrido-Oter, R., González, A., Spaepen, S., Ackermann, G., Lebeis, S., McHardy, A.C, Dangl, J.L., Knight, R., Ley, R. & Schulze-Lefert, P. (2015). Microbiota and host nutrition across plant and animal kingdoms, *Cell Host Microbiome* 17(5): 603-616. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2015.04.009>.
- Hole, D.G., Perkins, A.J., Wilson, J.D., Alexander, I.H., Grice, P.V. & Evans, A.D. (2005). Does organic farming benefit biodiversity?. *Biological Conservation* (122): 113-130. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.07.018>.
- Jordana, R. B., (1996). Ecología y aspectos funcionales de la biodiversidad en el suelo. *Agricultura Ecológica y Desarrollo Rural*. II Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Pamplona-Iruña. pp. 225-240.
- Kawasaki, A., Don, S., Ryan, P.R., Mathesius, U., Devilla, R., Jones, A. & Watt, M. (2016). Microbiome and Exudates of the Root and Rhizosphere of *Brachypodium distachyon*, a Model for Wheat. *PLoS One* 11(10): e0164533. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164533>.
- Lampkin, N. (2001). *Agricultura ecológica*. Mundi Prensa. Madrid.
- Linden, D.R., Hendrix, P.F., Coleman, D.C., & van Vliet, P.C.J. (1994). Faunal indicators of soil quality. In: *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Soil Science Society of America, Inc., Madison, WI, pp. 91-106. <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub35.c6>.
- Love, M.I., Huber, W. & Anders, S. (2014). Moderated estimation of fold change and dispersion for RNA-seq data with DESeq2. *Genome Biology* 15: 550. <https://doi.org/10.1186/s13059-014-0550-8>.
- Mazzoncini, M., Canali, S., Giovannetti, M., Castagnoli, M., Tittarelli, F., Antichi, D., Nannelli, R., Cristiani, C. & Bàrberi, P. (2010). Comparison of organic and conventional stockless arable systems: A multidisciplinary approach to soil quality evaluation. *Applied Soil Ecology* 44(2): 124-132. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.11.001>.

- McMurdie, P.J. & Holmes, S. (2013). PHYLOSEQ. An R package for reproducible interactive analysis and graphics of microbiome census data. *PLoS One* 8(4): e61217. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061217>.
- Padmavathy, A. & Poyyamoli, G. (2011). Enumeration of Arthropods Density in Context to Plant Diversity and Agricultural (Organic and Conventional) Management Systems. *International Journal of Agricultural Research* 6(12): 805-818. <https://scialert.net/abstract/?doi=ijar.2011.805.818>.
- Paoletti, M.G., Foissner, W. & Coleman, D. (Eds.). (1994). *Soil Biota, Nutrient Cycling and Farming Systems*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
- Pineda, A., Kaplan, I., Bezemer, T.M. (2017). Steering soil microbiomes to suppress aboveground insect pests. *Trends in Plant Science* 22(9): 770-778. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.07.002>.
- Prieto-Vilaboa, J. (2020). Valoración nutricional e análise metaxenómica da microbiota presente en catro compartimentos (solo, rizosfera, raíces e planta) de leguminosas. Trabajo Fin de Grao en Enxeñaría Agrícola e Agroalimentaria. Escola Politécnica Superior de Enxeñaría. Universidade de Santiago de Compostela. Lugo, España.
- Schrader, S., Kiehne, J., Anderson, T-H, Paulsen, H-H. & Rahmann, G. (2006). Development of collembolans after conversion towards organic farming. *Aspects of Applied Biology* (79), 181-186.
- Turco, R.F., Kennedy, A.C. & Jawson, M.D. (1994). Microbial indicators of the soil quality. In: *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSSA, Madison, WI, 73-90 pp.
- Zahradnik, J., (1989). *Guía de los Coleópteros de España y de Europa*. Omega, Barcelona.

CAPÍTULO 4. CONTROL DAS FARIÑAS OBTIDAS DE TRIGO 'CAAVEIRO' ECOLÓXICO E CONVENCIONAL

CHAPTER 4. CONTROL OF THE OBTAINED ECOLOGICAL AND CONVENTIONAL 'CAAVEIRO' WHEAT FLOURS

Fernández-Canto N^{1.}, García-Gómez B.^{2.}, García-Marnotes N.^{3.}, Cobos-García A.^{4.}, Díaz-Rubio O.^{5.}, Lombardero-Fernández M.^{6.}, Vázquez-Odériz M.L.^{7.}, Pereira-Lorenzo S.^{8.}, Ramos-Cabrer A.^{9.}, Romero-Rodríguez M.A.^{10.}

¹Dpto. Química Analítica, Nutrición e Bromatoloxía. Universidade de Santiago de Compostela. marianerea.fernandez.canto@usc.es ORCID: 0000-0001-5141-3014

²Dpto. Química Analítica, Nutrición e Bromatoloxía. Universidade de Santiago de Compostela. mariabelen.garcia@usc.es ORCID: 0000-0001-7147-819X

³Dpto. Química Analítica, Nutrición e Bromatoloxía. Universidade de Santiago de Compostela. natali.garcia@rai.usc.es

⁴Dpto. Química Analítica, Nutrición e Bromatoloxía. Universidade de Santiago de Compostela. angel.cobos@usc.es ORCID: 0000-0002-2121-9648

⁵Dpto. Química Analítica, Nutrición e Bromatoloxía. Universidade de Santiago de Compostela. olga.diaz.rubio@usc.es ORCID: 0000-0002-8138-2869

⁶Dpto. de Anatomía, Producción Animal e Ciencias Clínicas Veterinarias. Universidade de Santiago de Compostela. matilde.lombardero@usc.es ORCID: 0000-0003-2088-1207

⁷Dpto. Química Analítica, Nutrición e Bromatoloxía. Universidade de Santiago de Compostela. lourdes.vazquez@usc.es ORCID: 0000-0002-5413-6603

⁸Dpto. Producción Vexetal e Proxectos de Enxeñaría. Universidade de Santiago de Compostela. santiago.pereira.lorenzo@usc.es ORCID: 0000-0003-2418-2366

⁹Dpto. Producción Vexetal e Proxectos de Enxeñaría. Universidade de Santiago de Compostela. ana.ramos@usc.es ORCID: 0000-0001-9168-0934

¹⁰Dpto. Química Analítica, Nutrición e Bromatoloxía. Universidade de Santiago de Compostela. angeles.romero@usc.es ORCID: 0000-0001-9836-7879

Resumo

O control das fariñas é fundamental ao ser a materia prima principal na elaboración do pan. En base a isto, neste capítulo, propónse desenvolver un sistema de identificación e caracterización xenética como sistema de control da trazabilidade do trigo 'Caaveiro'. Ademais, neste estudo avalíanse os parámetros físico-químicos, nutricionais, microbiolóxicos e microscópicos da fariña de trigo 'Caaveiro' producida en cultivo ecolóxico vs. convencional. A identidade xenética do trigo 'Caaveiro' producido compróbase mediante un sistema de trazabilidade con microsatélites que

permite garantir a autenticidade deste produto tan apreciado en Galicia. Os resultados das análises físico-químicas indican que as fariñas ecolóxicas teñen maior contido en humidade e, polo tanto, menor contido de sólidos totais. A nivel nutricional, as fariñas ecolóxicas presentan maior contido en graxa, sacarosa, fósforo, sodio e cobre e menor en glúcidos, amidón, calcio e zinc. Neste estudo conségtase que non hai diferenzas no risco de contaminación patóxena nas fariñas obtidas por ámbolos dous sistemas de cultivo.

Abstract

The analytical control of the flours is a key step due to it is the main raw material in the breadmaking. Based on this, in this chapter, it is proposed to develop a system of identification and genetic characterization as a control system for the traceability of 'Caaveiro' wheat. In addition, this study evaluates the physico-chemical, nutritional, microbiological and microscopic parameters of 'Caaveiro' wheat flour produced in organic vs. conventional cultivation. The genetic identity of the 'Caaveiro' wheat produced is verified by means of a traceability system with microsatellites that allows to guarantee the authenticity of this product so appreciated in Galicia. The results of physico-chemical analyses indicate that organic flours have higher moisture content and therefore lower total solids content. At the nutritional level, organic flours have a higher content of fat, sucrose, phosphorus, sodium and copper and a lower content of carbohydrates, starch, calcium and zinc. This study shows that there are no differences in the risk of pathogenic contamination in flours obtained by both cropping systems. In addition, the microsatellite traceability system guarantees the authenticity of this much-appreciated product in Galicia.

Palabras chave: 'Caaveiro', microscopía, microsatélites, físicoquímicos, microbioloxía, variedade autóctona

Keywords: 'Caaveiro', microscopy, microsatellites, physicochemical, microbiology, landrace

4.1. Introducción

O trigo é unha das especies de cereais máis importantes empregadas no consumo humano, sendo o ingrediente principal de moitos produtos de panadería (Wang e col., 2020). Este cereal é unha fonte importante de enerxía e amidón, pero tamén proporciona unha serie de compoñentes nutricionais como son as proteínas, graxas, fibra e outros micronutrientes importantes para a nutrición humana (Jordanovska e col., 2018).

Na década de 1980 empezáronse a introducir variedades comerciais que provocaron o abandono parcial das variedades autóctonas. Foi no 2002 cando o Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (CIAM) comezou un programa de recuperación de variedades autóctonas que desembocou en seleccionar dúas variedades de trigo brando con gran calidade para a elaboración de pan galego, 'Callobre' e 'Caaveiro'.

A recuperación destas variedades evita a perda da diversidade xenética e tamén das prácticas agrícolas tradicionais (Oliveira e col., 2000). Estas variedades locais están a ser recuperadas en todo o país, moitas veces orientadas ao cultivo en ecolóxico e

á elaboración de produtos artesanais de calidade (Hammer & Knüpfper, 2015; Royo e col., 2016). Este é o caso das fariñas autóctonas galegas que se empregan na elaboración do pan pertencente á norma de calidade Indicación Xeográfica Protexida (IXP) “Pan Galego” (Reglamento de Ejecución (UE) 2019/2182; Orden de 20 de julio de 2020).

Ben sexa nun sistema ou noutro, o consumo de cereais e outros produtos vexetais que conteñen unha ampla variedade de fitonutrientes relaciónase coa prevención e redución de enfermidades como as asociadas ao envellecemento ou a outro tipo de enfermidades crónicas (Suzowilka e col., 2011). En concreto, aqueles produtos elaborados con trigo integral son unha excelente fonte de fibra dietética, fitoquímicos e antioxidantes que brindan protección á saúde do ser humano (Park e col., 2015).

Para a elaboración do pan da IXP “Pan Galego” é necesario empregar fariñas autóctonas, e dentro delas as obtidas a partir da variedade ‘Caaveiro’. Aínda que a proporción de fariña de trigo na mestura é variable en función de cada panadaría, esíxese un mínimo do 25% de fariña autóctona para garantir a conservación das calidades intrínsecas destas, tal e como explica o prego de condicións da IXP “Pan Galego”. A área de elaboración do pan recollido dentro da IXP comprende toda a Comunidade Autónoma de Galicia. Polo tanto, todo o proceso produtivo debe contar con sistemas de traballo que permitan garantir, en calquera etapa, a trazabilidade do produto e o cumprimento do prego de condicións da mesma (Orden de 20 de julio de 2020 por la que se aprueba el Reglamento de la indicación geográfica protegida Pan Galego/Pan Gallego y de su Consejo Regulador, y se nombra el Consejo Regulador provisional).

77

Calquera produto con algún tipo de certificación (como son as Indicacións Xeográficas Protexidas ou as Denominacións de Orixe Protexidas), posúe un valor engadido que pode ter repercusión económica (Pasqualone e col., 2010). Isto supón que hai que implementar sistemas que garantan a autenticidade destes produtos. Neste caso, esta IXP brinda a oportunidade de protexer e poñer en valor este produto. Polo tanto, é necesario garantir un sistema que certifique a identidade, a trazabilidade e a orixe dende a semente ata a mesa (Varia e col., 2021).

Os marcadores moleculares, alternativos ou complementarios aos marcadores fenotípicos, demostraron ser unha valiosa ferramenta para identificar variedades autóctonas (Sönmezoğlu e col., 2012). Un marcador é unha secuencia de ADN que permite determinar outra secuencia de ADN relevante das características do individuo. A súa importancia radica na posibilidade de estudar unha poboación de organismos e seleccionar aqueles de maior interese agroalimentario (Pasqualone e col., 2010). Ademais, os marcadores moleculares permiten verificar o ADN dunha forma inequívoca e precisa a identidade varietal en cada etapa da cadea alimentaria, sen verse afectado polo proceso de fabricación nin o medio ambiente (Giancaspro e col., 2016).

Con este traballo preténdese avaliar o efecto do cultivo sobre os parámetros físico-químicos, nutricionais e microbiolóxicos, e a morfoloxía microscópica das fariñas obtidas. Ademais, debido á importancia que ten a orixe das fariñas, desenvolveuse un sistema que garante a trazabilidade, tanto da semente como das propias fariñas.

4.2. Materiais e métodos

4.2.1. Mostras

Unha vez colleitado o gran de trigo autóctono 'Caaveiro', procedente do cultivo ecolóxico e convencional das parcelas descritas no capítulo 2, levouse a cabo a súa moenda en muíños de pedra na muiñaría do Grupo Da cunha.

4.2.2. Caracterización xenética

Para a caracterización xenética empregáronse marcadores moleculares tipo microsatélite ('Simple Sequence Repeats' ou SSRs), que permiten realizar a trazabilidade xenética tanto dos trigos galegos como das fariñas e pans derivados deles. Os SSRs baséanse no polimorfismo das secuencias de ADN e son mutacións de secuencias moi curtas de ADN, que se repiten en tándem e de forma aleatoria no xenoma e non son codificantes, polo que conservan as mutacións, o que fai que sexan mais polimórficos que outros marcadores moleculares. As diferenzas entre individuos dunha mesma especie consisten en variacións no número de repeticións da mesma secuencia (Tóth e col., 2000; Li e col., 2002; Ellegren, 2004). Son moi polimórficos, presentan herdanza mendeliana simple, son relativamente fáciles de medir e analizar, e son fiables, repetitivos e automatizables. Ademais, son abundantes nos xenomas, están distribuídos uniformemente e son codominantes (Ferreira & Grattapaglia, 1996). En trigo dispónse dun set de 15 SSRs, cinco deles son dun elevado valor discriminante para a identificación (Pereira-Lorenzo e col., 2020. Patente solicitada), tanto dos trigos, como das fariñas e dos pans.

Para a extracción do ADN, empregouse tanto material fresco (planta viva sempre que foi posible) co fin de ter as referencias xenéticas dos principais trigos e ecotipos locais (entre eles, a variedade 'Caaveiro') e foráneos, como grans, fariñas e pan.

Para cuantificar a proporción de trigo 'Caaveiro' empregáronse tamén fariñas procedentes de Castela (conformada por unha mestura de distintos cultivares de trigo) e fariña de trigo 'Caaveiro', mesturada en distintas porcentaxes (Figura 4.1) (100:0, 95:05, 90:10, 85:15, 80:20, 75:25, 70:30, 65:35, 60:40, 55:45, 50:50, 45: 55, 40:60, 35:65, 30:70, 25:75, 20:80, 15:75, 10:90, 05:95 e 0:100).

Para a caracterización molecular e análise de datos, o proceso seguido foi o seguinte:

1. Extracción do ADN a partir de plantas frescas, grans, fariña e pan, seguindo o método modificado do CTAB (Doyle e Doyle, 1987).
2. Cuantificación do ADN obtido co fin de determinar a cantidade e a calidade do ADN que hai nelas empregando un espectrofotómetro Nanodrop (Thermo Scientific, Waltham, MA, USA) a partir dunha dilución, coa mesma concentración de traballo (10 ng/ μ L), que se mantivo conxelada ata o momento de ser utilizada.
3. Amplificación dos fragmentos de interese mediante a técnica de PCR ("Polymerase Chain Reaction") ou Reacción en Cadea da Polimerasa. Para a amplificación das mostras foron seleccionados un total de 15 microsatélites que presentaron elevado polimorfismo en traballos previos de trigo en España (Ruíz e col., 2012); as súas secuencias e condicións de amplificación obtivéronse da base de datos GrainGenes.

Con estes microsatélites procedeuse á amplificación das mesmas nun termociclador (PTC-100 de M.J. Research, INC ou GeneAmp PCR System 2700) baseándose no protocolo de Reija (2017).

4. Análise dos fragmentos amplificados de ADN nun “ABI PRISM 3730 sequencer”.

5. Determinación dos tamaños dos fragmentos mediante o software “Peak Scanner” versión 1.0. (AB, 2009).

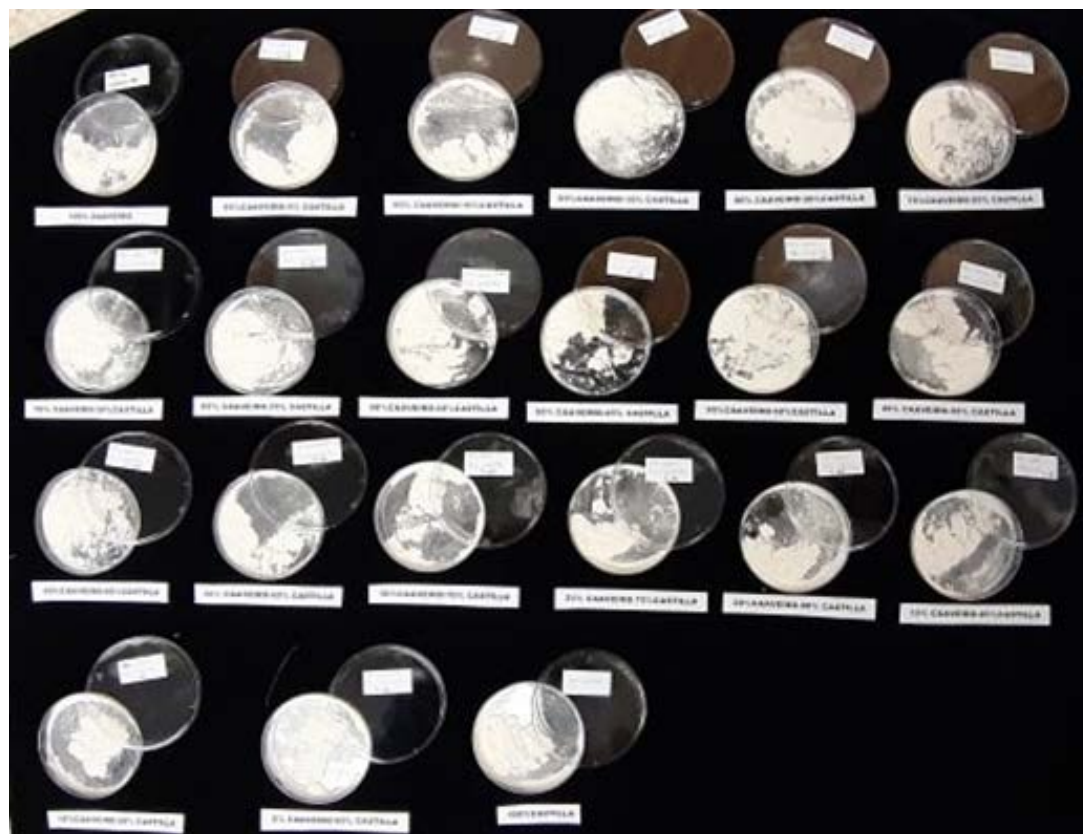


Figura 4.1. Combinacións de fariñas de trigo ‘Caaveiro’ e trigo comercial (Castela) en distintas proporcións.

Figure 4.1. Combinations of ‘Caaveiro’ and commercial wheat (Castilla) flours in different proportions.

Os métodos empregados para a extracción, amplificación, e análise do ADN son os descritos por Ferreira e col. (2016) (Figura 4.2).

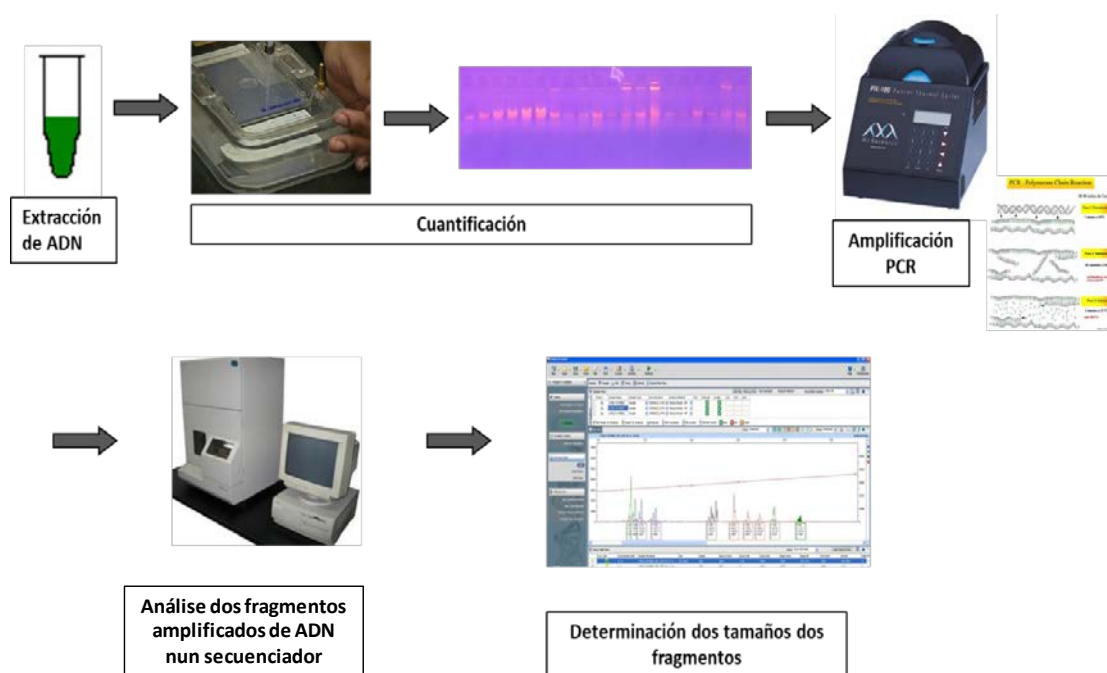


Figura 4.2. Métodos empregados para a extracción, amplificación, e análise de ADN.

Figure 4.2. Methods used for DNA extraction, amplification and analysis.

4.2.3. Caracterización físico-química e nutricional

A análise de macronutrientes (graxa, proteína, cinzas e carbohidratos) realizouse seguindo a metodoloxía da AOAC (2019). A graxa determinouse mediante un Soxtec™ 2050, extraendo a graxa mediante unha mestura de éter de petróleo e éter dietílico. A proteína foi avaliada mediante o método de Kjeldahl ($N \times 5,7$). O contido en cinzas determinouse mediante incineración a $550 \pm 15^\circ\text{C}$. E, finalmente, os carbohidratos totais determináronse por diferenza. Todas as mostras analizáronse por triplicado.

Os azucres sinxelos (sacarosa, glucosa e frutosa) determináronse mediante un kit encimático de Boehringer Mannheim (ref.10716260035). Tanto a fibra dietética total coma o amidón foron determinados mediante kits encimáticos de Megazyme (K-TDFR-100A e K-DSTRS, respectivamente). As mostras analizáronse por duplicado.

Ademais, determinouse o pH e a humidade segundo os métodos da AOAC (2019). Para a medición do pH mesturáronse 10 g de fariña con 100 mL de auga destilada, deixouse en axitación 30 minutos e mediuse o pH cun medidor automático de pH GLP21 Crison. Tamén se determinou a actividade de auga (A_w) empregando un AquaLab CX-2. A análise fíxose por quintuplicado en cada mostra.

A análise de minerais realizouse cun equipo de ICP-MS (Agilent 7700x).

4.2.4. Análise microbiolóxica

O recuento de aerobios mesófilos efectuouse segundo ISO (2013). Os recontos de coliformes e *Escherichia coli* realizáronse segundo ISO (2006). Os recontos de lévedos e mofos leváronse a cabo segundo ISO (2008). Para *Clostridium* sulfito-reductores e *Salmonella* procedeuse segundo ISO (2003) e ISO (2017), respectivamente.

4.2.5. Caracterización microscópica

Faise unha mestura de 10 mg de fariña con 1 mL de disolución de xelatina. Axítase durante 10 minutos. A preparación do portaobxectos faise engadindo 200 µL da mestura e deixándoo secar. A observación das mostras fíxose mediante o microscopio óptico Nikon Type 104 (con obxectivos de 4x, 10x, 20x, 40x, 100x). Para as fotografías das mesmas, usouse o microscopio Zeiss Axiophot (obxectivos 5x, 10x, 20x, 40x, 63x, 125x) que ten incorporada unha cámara AxioCam MRc5 (Zeiss) e o software Axiovision Rel. 4.8.

A observación das mostras en campo claro levouse a cabo en ambos equipos (40x, campo H, filtro negro) coa finalidade de ver a morfoloxía e o tamaño dos amidóns. Ademais, acopláronse dous polarizadores aos microscopios para a observación con luz polarizada coa finalidade de caracterizar a birrefrinxencia dos grans de amidón e así poder identificalos en función da orixe de cada un deles (Castela ou 'Caaveiro') e da aparencia da birrefrinxencia.

4.2.6. Análise estatística

Calculáronse as medias e desviacións dos resultados obtidos nas diferentes análises (físico-química e nutricional).

Para comparar os resultados obtidos nos dous sistemas de cultivo (ecolóxico fronte a convencional) aplicouse o test t de Student para mostras independentes.

A análise estatística levouse a cabo empregando o software IBM SPSS Statistics 24.

4.3. Resultados

4.3.1. Trazabilidade xenética

Das distintas parcelas realizouse a identificación xenética do trigo 'Caaveiro', confirmándose a pureza das fariñas obtidas.

1. Identificouse o trigo 'Caaveiro' cunha pegada xenética singular respecto a outros ecotipos galegos, así como respecto a trigos comerciais empregados na produción de fariñas comerciais (Figura 4.3).

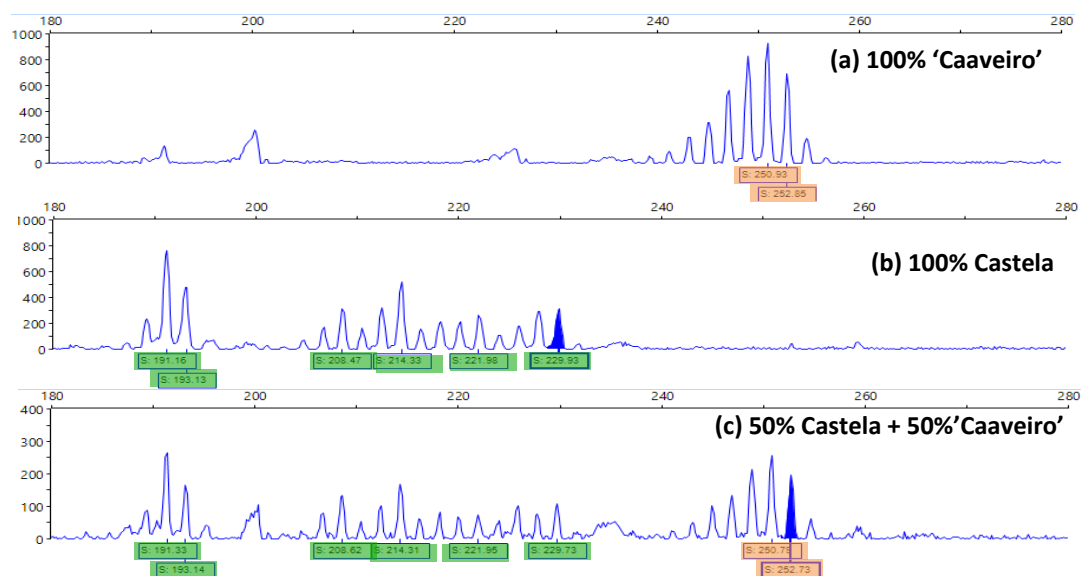


Figura 4.3. Pegada xenética singular do trigo 'Caaveiro' respecto a un trigo comercial empregado na produción de fariñas comerciais.

Figure 4.3. Genetic fingerprinting of 'Caaveiro' wheat respecting to one commercial wheat used in the production of commercial flour.

2. Comproboouse a homoxeneidade do trigo 'Caaveiro' nas distintas reproducións, así como nas parcelas de cultivo sen contaminacións. Isto permitiu, posteriormente, identificar contaminacións, maiormente por mestura de grans na colleita ou no muiño.

3. Estableceuse un método de cuantificación da cantidade mínima de trigo 'Caaveiro'

4.3.2. Características físico-químicas

Os parámetros físico-químicos indican que a fariña de trigo 'Caaveiro' procedente das parcelas en ecolóxico contén maior humidade que a procedente das convencionais (13,26% fronte a 12,70%), o que implica que a fracción de sólidos totais sexa menor, e tamén presenta maior actividade de auga (A_w) (Táboa 4.1). O contido de humidade é un parámetro importante á hora do almacenamento das fariñas posto que altos niveis de auga poden propiciar o crecemento de microorganismos como fungos ou a produción de micotoxinas (Cardoso e col., 2019). Os valores de humidade son similares aos atopados noutras investigacións (Carcea e col., 2006; Mazzoncin e col., 2015; Cardoso e col. 2019) e de forma análoga, aos resultados obtidos noutros estudos en variedades indias (Nitika e col., 2008) nos que a humidade foi superior nas fariñas obtidas polo sistema en ecolóxico.

En base ao contido en humidade, as fariñas procedentes de trigos ecolóxicos clasificaríanse como de grado IV e as procedentes de trigos cultivados en convencional como de grado III (Real Decreto 1615/2010).

Parámetro	Ecológico	Convencional
pH	6,23±0,04	6,25±0,03
Humidade (%)***	13,26±0,24	12,70±0,14
Sólidos totais (%)***	86,62±0,10	87,33±0,13
Aw*	0,54±0,01	0,52±0,02

p-valor ≤ 0,05, **p-valor ≤ 0,01 e *p-valor ≤ 0.001*

Táboa 4.1. Parámetros físico-químicos das fariñas procedentes de trigos cultivados en ecológico e en convencional.

Table 4.1. Physico-chemical parameters of flour from organically and conventionally grown wheat.

4.3.3. Características nutricionais

83

Dentro dos macronutrientes (Táboa 4.2), e en canto ao contido en proteínas, as fariñas obtidas englobaríanse como de forza-media (Real Decreto 677/2016) e cumprirían coas características do grupo 3 correspondente a trigos brandos, que sería ao que pertence o trigo da variedade 'Caaveiro' (Real Decreto 1615/2010).

Parámetro (%)	Ecológico	Convencional
Proteína	12,35±0,27	12,22±0,30
Graxa**	1,65±0,25	1,31±0,23
Glúcidos totais***	71,99±0,30	73,15±0,34
Sacarosa*	0,66±0,02	0,53±0,01
Glicosa	0,13±0,02	0,23±0,00
Frutosa	0,03±0,00	0,04±0,00
Amidón total*	66,50±0,16	67,40±0,20
Fibra total dietética	5,36±0,16	5,12±0,21
Cinzas	0,62±0,02	0,64±0,01

p-valor ≤ 0,05, **p-valor ≤ 0,01 e *p-valor ≤ 0.001*

Táboa 4.2. Características nutricionais das fariñas procedentes de trigos cultivados en ecológico e en convencional.

Table 4.2. Nutritional characteristics of flours from organically and conventionally grown wheat.

Obsérvase que o sistema de cultivo non inflúe de xeito significativo sobre o contido de proteínas ($p > 0.05$), aínda que as fariñas procedentes do cultivo convencional teñen un maior contido. Este resultado concorda coa maioría dos estudos que afirman que o contido de proteína está relacionado coa cantidade de fertilizante nitrogenado que se aplique na parcela, o que explica os maiores contidos de proteína nos sistemas convencionais (Kihlberg e col., 2006; Mäder e col., 2007; Zörb e col., 2009; Zuchowski e col., 2011; Ceseviciene e col., 2012; Mazzoncini e col., 2015).

O contido de proteína nos grans e nas fariñas de trigo é o parámetro químico máis estudado para definir a calidade dos mesmos. É un factor que inflúe na calidade do trigo e considérase un bo indicador na calidade para a panificación (Mason e col., 2007; Ceseviciene e col., 2012). Pero non só depende da cantidade de proteínas, senón tamén da calidade das mesmas, especialmente da composición de gliadina e da gluteína que forman maioritariamente o glute (Mazzoncini e col., 2015). Algúns autores reportaron valores máis altos de proteína en cultivo ecolóxico que en convencional (Nelson e col., 2011), mentres outros non encontraron diferenzas significativas en función do cultivo (Mason e col., 2007). Os valores que reportan Mason e col. (2007) e Mazzoncini e col. (2015) son altos (14,7% vs. 14,9% e 15,3% vs. 16,6%, respectivamente) os cales superan o estándar do 13,5% do trigo CWRS (un trigo vermello de primavera do oeste de Canadá, considerado de referencia, que ten unha calidade superior para a moenda e o proceso de panificación). Con estes resultados ponse de manifesto que é posible lograr unha calidade de gran mellor ou igual en ecolóxico que en convencional.

Na Táboa 4.2 obsérvase que a fariña de trigo 'Caaveiro' procedente do cultivo ecolóxico presenta menos glúcidos totais e máis graxa que a procedente de cultivo convencional, aínda que a cantidade de graxa nas fariñas de trigo é baixa en comparación con outros alimentos. No traballo de Nitika e col. (2008), as fariñas analizadas tamén presentaron diferenzas no contido de lípidos en función do sistema de cultivo, sendo superiores nas fariñas de trigo procedentes de cultivo en ecolóxico.

As diferenzas significativas en humidade, e, polo tanto, en sólidos totais (Táboa 4.1), son debidas aos contidos de amidón, o hidrato de carbono máis abundante nas fariñas, xa que é máis baixo nas fariñas procedentes do cultivo ecolóxico. Ceseviciene e col. (2012) tamén encontrou diferenzas significativas en canto ao contido de amidón das fariñas procedentes de variedades de inverno de Lituania, onde era maior o contido nas procedentes do sistema ecolóxico.

En canto aos azucres sinxelos, en ámbalas dúas fariñas, representan unha porcentaxe moi baixa e non se observaron diferenzas significativas en función do sistema de cultivo empregado, excepto no contido en sacarosa, que foi lixeiramente maior na fariña de cultivo ecolóxico.

Os minerais son necesarios para o correcto funcionamento dos procesos corporais. Estes divídense en macrominerais (aqueles que se necesitan en grandes cantidades como Ca, P, Na, Mg e K) e oligoelementos (indispensables en pequenas doses, como Cu, Zn, Mn, Se) (Vrček e col., 2014).

No caso das fariñas, as procedentes do cultivo ecolóxico presentan maior contido en P, Na e Cu e unha menor cantidade de Ca e Zn (Táboa 4.3). O contido de minerais no gran de trigo é o resultado de moitos factores, como son as características do solo, o sistema de cultivo e factores xenéticos, entre outros (Vrček e col., 2014). Aínda que Ryan e col. (2004) indicaron que as producións en convencional presentan maior contido de P debido ao uso de fertilizantes ricos en fósforo, neste estudo as fariñas ecolóxicas mostraron uns valores lixeiramente superiores ás convencionais. As concentracións de Zn superiores en cultivo convencional son esperables, posto que este se incrementa en presenza de fertilizantes de fósforo solubles (Ryan e col. 2004). Outros autores como Vrček e col. (2014) encontraron maior cantidade de Ca, Mn e Fe no cultivo convencional e, pola contra, menor contido en K, Zn e Mo nas fariñas obtidas por este sistema de cultivo. Non obstante, Park e col. (2015) non

atoparon diferenzas significativas en función do sistema de cultivo para P, Mg, Ca, Fe, Mn, e Cu, e relacionaron a concentración de minerais co nivel de fertilización e coa variedade xenética estudada.

Minerais	Ecolóxico	Convencional
Macrominerais (mg/100g)		
Mg	42,19±1,34	43,54±3,28
P *	139,28±4,29	131,23±9,86
K	139,72±3,70	137,03±10,54
Ca **	18,06±0,90	20,18±3,46
Na ***	1,23±0,12	0,82±0,12
Oligoelementos (mg/100g)		
Mn	1,55±0,05	1,60±0,12
Fe	2,02±0,99	1,97±0,27
Cu ***	0,53±0,01	0,44±0,03
Zn ***	1,94±0,07	2,16±0,17
Se	0,01±0,00	0,01±0,00

*p-valor ≤ 0,05, **p-valor ≤ 0,01 e ***p-valor ≤ 0,001

Táboa 4.3. Contido en minerais das fariñas procedentes de trigos cultivados en ecolóxico e en convencional.

Table 4.3. Mineral content of flours from organically and conventionally grown wheat.

4.3.4. Características microscópicas

Con respecto á morfoloxía dos grans de amidón, non se atoparon diferenzas entre a observación das fariñas de 'Caaveiro' en ecolóxico vs convencional. En ambos casos os grans son esféricos, pero bastante irregulares, como se mostra na figura 4.4. O tamaño dos grans de amidón distribúese nun rango moi amplo, que vai dende 2,5 µm a 38 µm de diámetro. Estes datos coinciden cos descritos por outros autores que clasifican os grans de amidón en función do seu tamaño tanto nas variedades de trigo duro como nas de trigo brando. Por exemplo, Singh e col. (2010) ou Katyal e col. (2019) fan unha clasificación trimodal mentres que Kim e Huber (2010) diferencian entre grans Tipo A, cun tamaño medio de 21 µm, e os de tipo B (6 µm) ao estudar dúas variedades de trigo, unha cerosa e outra salvaxe. De forma similar, Salman e col. (2009) distinguen tamén entre tipos A e B (con tamaños de 10-35 µm e de aproximadamente 2 µm, respectivamente) cando estudaron cinco variedades (unha variedade cerosa, dúas variedades comerciais e outras dúas pertencentes a un programa de mellora). Igualmente, Yoo e Jane (2002) en catro mostras de trigo (trigo ceroso, Centura, Kanto 107 e unha mostra comercial de trigo de inverno duro), clasifican en tipos A e B, os primeiros cun tamaño que comprende de 18 a 33 µm, mentres que os de B miden 2-5 µm.

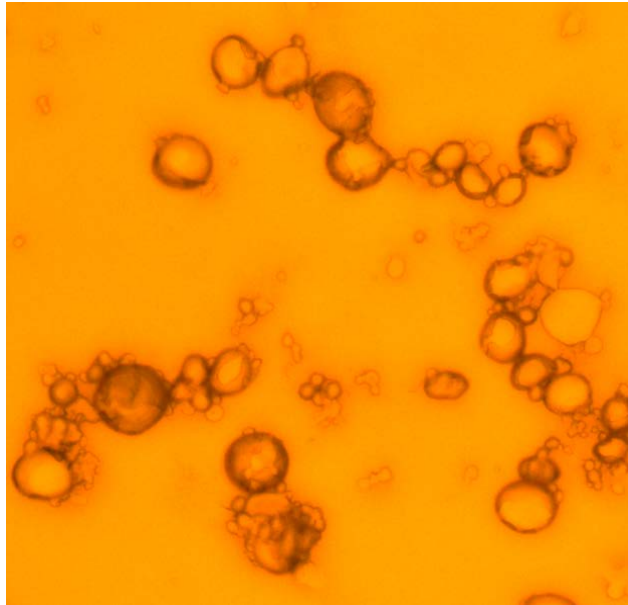


Figura 4.4. Fariña de trigo de 'Caaveiro'.

Figure 4.4. 'Caaveiro' wheat flour.

Baixo iluminación con luz polarizada tampouco se encontraron diferenzas entre ambas mostras. Está en proceso a posta a punto do control de fariñas autóctonas en función da emisión de birrefrinxencia das mesmas. Este sería un método novidoso, posto que non hai constancia de que se empregara a birrefrinxencia como recurso para a discriminación de variedades de trigo, nin para determinar a proporción de cada fariña nunha mestura. Este método resulta ser máis rápido e barato có uso de microsátélites.

As variedades autóctonas, como a de 'Caaveiro', deben ser diferenciadas no mercado e protexidas (Fujita e col., 2009). A existencia dun sistema de trazabilidade detectaría as fraudes que se puideran cometer en canto ao uso de fariñas que non se declarasen na etiqueta, protexendo así ao consumidor. A IXP Pan Galego aporta un valor engadido ao pan, repercutindo favorablemente nas panadarías e nos consumidores.

4.3.5. Control microbiolóxico

A contaminación por bacterias e fungos tamén pode influír na calidade do cultivo. Tanto en ecolóxico como en convencional empréganse xurro e esterco como fertilizantes. Isto fai que se poidan transmitir patóxenos microbianos como *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella enterica* e *Listeria monocytogenes*, os cales poden vivir durante longos períodos de tempo nos residuos dos animais (Pontonio e col., 2016). Considérase que a produción ecolóxica pode representar un maior risco para a saúde pública que a convencional, pero hai poucas evidencias científicas que o constaten. Un estudo realizado en leitugas en España demostra que aplicación de fertilizantes non tiña efecto sobre o nivel de contaminación das mostras (Oliveira e col., 2010).

Nos últimos anos, saltaron distintas alertas alimentarias asociadas á fariña onde se identificaron *E. coli* e/ou *Salmonella*. O baixo contido en Aw fai que o crecemento de bacterias patóxenas sexa incompatible, pero poden sobrevivir certos patóxenos que se poden inactivar cos tratamentos culinarios, como é a cocción do pan (Zhang e col., 2021).

O valor máis alto de reconto total en alimentos (Plate Count Agar-PCA) asociouse ao cultivo en ecolóxico, ao igual que os fermentos ou os mofos (Táboa 4.4). Non obstante, non se detectaron *E. coli*, *Clostridium* nin *Salmonella* nas mostras. Estes valores son similares aos aportados por outros autores (Eglezos e col., 2010; Cardoso e col., 2019). Polo tanto, este traballo constata que non existe risco de contaminación patóxena en cultivo ecolóxico nin en convencional.

87

Parámetro	Ecolóxico	Convencional
Aerobios mesófilos (Log₁₀ UFC/g fariña)*	4,70	3,80
Coliformes (Log₁₀ UFC/g fariña)	1,55	2,00
Lévedos (Log₁₀ UFC/g fariña)**	2,60	1,70
Mofos (Log₁₀ UFC/g fariña)***	2,75	2,10
<i>E. coli</i> (Log₁₀ UFC/g fariña)	Ausencia	Ausencia
<i>Clostridium</i> SR (Log₁₀ UFC/g fariña)	Ausencia	Ausencia
<i>Salmonella</i> (Log₁₀ UFC/g fariña)	Ausencia	Ausencia

UFC= Unidades Formadoras de Colonias; SR= Sulfito-Reductores

*p-valor ≤ 0,05, **p-valor ≤ 0,01 e ***p-valor ≤ 0,001

Táboa 4.4. Resultados do control microbiolóxico de fariñas procedentes de trigos cultivados en ecolóxico e en convencional.

Table 4.4. Results of the microbiological control of flours from organically and conventionally grown wheat.

4.4. Bibliografía

- AB. Applied Biosystems (2009) Peak Scanner™ Software v1.0. En <https://products.appliedbiosystems.com/ab/en/US/adirect/ab?cmd=catNavigate2&catID=603624>.
- AOAC (2019). Official methods of analysis of the Association of Official. Analytical Chemists International (21th ed.). Rockville, Maryland.
- Arncken, C. M., Mäder, P., Mayer, J., & Weibel, F. P. (2012). Sensory, yield and quality differences between organically and conventionally grown winter wheat. Journal of the Science of Food and Agriculture 92(14): 2819-2825. <https://doi.org/10.1094/CCEM-01-15-0007-R>.
- Carcea, M., Salvatorelli, S., Turfani, V., & Mellara, F. (2006). Influence of growing conditions on the technological performance of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). International Journal of Food Science e Technology 41(S2): 102-107. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01422.x>.

- Cardoso, R. V., Fernandes, Â., Heleno, S. A., Rodrigues, P., González-Paramás, A. M., Barros, L., & Ferreira, I. C. (2019). Physicochemical characterization and microbiology of wheat and rye flours. *Food Chemistry* 280: 123-129. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.063>.
- Ceseviciene, J., Slepetiene, A., Leistrumaitė, A., Ruzgas, V., & Slepetys, J. (2012). Effects of organic and conventional production systems and cultivars on the technological properties of winter wheat. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92(14): 2811-2818. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5675>.
- Doyle, J.J. & Doyle, J.L. (1987). A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin* 19: 11-15.
- Eglezos, S. (2010). Microbiological quality of wheat grain and flour from two mills in Queensland, Australia. *Journal of Food Protection* 73(8): 1533-1536. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-73.8.1533>.
- Ellegren, H. (2004). Microsatellites: simple sequences with complex evolution. *Nature Reviews Genetics*, 5(6), 435-445. <https://doi.org/10.1038/nrg1348>.
- Ferreira, M., & Grattapaglia, D. (1996). Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise e genética. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária EMBRAPA, Brasil.
- Ferreira, V., Ramos-Cabrer, A.M., Carnide, V., Pinto-Carnide, O., Assunção, A., Marreiros, A., Rodrigues, R., Pereira-Lorenzo S., & Castro, I. (2016). Genetic pool structure of local apple cultivars from Portugal assessed by microsatellites. *Tree Genetics e Genomes* 12: 1-15. <https://doi.org/10.1007/s11295-016-0997-8>.
- Fujita, Y., Fukuoka, H., & Yano, H. (2009). Identification of wheat cultivars using EST-SSR markers. *Breeding Science* 59(2): 159-167. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.59.159>.
- Giancaspro, A., Colasuonno, P., Zito, D., Blanco, A., Pasqualone, A., & Gadaleta, A. (2016). Varietal traceability of bread 'Pane Nero di Castelvetro' by denaturing high pressure liquid chromatography analysis of single nucleotide polymorphisms. *Food Control* 59: 809-817. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.07.006>.
- Hammer, K. & Knüpffer, H. (2015). Genetic Resources of Triticum. En: Ogiwara, Y., Takumi, S. e Handa, H. (Eds.). *Advances in Wheat Genetics: From Genome to Field*: 23-31. Springer.
- ISO. (2003). ISO 15213 Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the enumeration of sulfite-reducing bacteria growing under anaerobic conditions.
- ISO. (2006). ISO 4832 Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the enumeration of coliforms. Colony-count technique.
- ISO (2008). ISO 21527-1/2:2008 Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds. Part 1: Colony count technique in products with water activity greater than 0,95.
- ISO. (2013). ISO 4833-1 Microbiology of the food chain. Horizontal method for the enumeration of microorganisms. Part 1: Colony count at 30°C by the pour plate technique.
- ISO. (2017). ISO 6579-1 Microbiology of the food chain. Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of Salmonella. Part 1: Detection of Salmonella spp.

- Jordanovska, S., Jovović, Z., Dolijanović, Ž., Dragičević, V., Branković, G., & Đekić, V. (2018). Nutritional properties of macedonian landraces of small grain cereals as a source of new genetic variability. *Genetika* 50(3): 863-883. <https://doi.org/10.2298/GENSR1803863J>.
- Katyal, M., Singh, N., Chopra, N., & Kaur, A. (2019). Hard, medium-hard and extraordinarily soft wheat varieties: Comparison and relationship between various starch properties. *International Journal of Biological Macromolecules* 123: 1143-1149. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.192>.
- Kihlberg, I., Öström, Å., Johansson, L., & Risvik, E. (2006). Sensory qualities of plain white pan bread: Influence of farming system, year of harvest and baking technique. *Journal of Cereal Science* 43(1): 15-30. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.04.008>.
- Kim, H., & Huber, K. C. (2010). Physicochemical properties and amylopectin fine structures of A- and B-type granules of waxy and normal soft wheat starch. *Journal of Cereal Science* 51(3): 256-264. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2009.11.015>.
- Li, Y.C., Korol, A.B., Fahima, T., Beiles, A., Nevo, E. (2002). Microsatellites: genomic distribution, putative functions and mutational mechanisms: a review. *Molecular Ecology* 11: 2453--2465. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294X.2002.01643.x>.
- Mäder, P., Fliessbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., & Niggli, U. (2002). Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296(5573): 1694-1697. <https://doi.org/10.1126/science.1071148>.
- MAPA (2020). Análisis de la caracterización y proyección de la producción ecológica española en 2019. Servicio de Publicaciones del MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), Madrid, España.
- Mason, H., Navabi, A., Frick, B., O'Donovan, J., Niziol, D., & Spaner, D. (2007). Does growing Canadian Western Hard Red Spring wheat under organic management alter its breadmaking quality?. *Renewable Agriculture and Food Systems* 22(3): 157-167. <https://doi.org/10.1017/S1742170507001688>.
- Mazzoncini, M., Antichi, D., Silvestri, N., Ciantelli, G., & Sgherri, C. (2015). Organically vs conventionally grown winter wheat: Effects on grain yield, technological quality, and on phenolic composition and antioxidant properties of bran and refined flour. *Food Chemistry* 175: 445-451 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.138>.
- Nelson, A. G., Quideau, S., Frick, B., Niziol, D., Clapperton, J., & Spaner, D. (2011). Spring wheat genotypes differentially alter soil microbial communities and wheat breadmaking quality in organic and conventional systems. *Canadian Journal of Plant Science* 91(3): 485-495. <https://doi.org/10.4141/cjps10056>.
- Newton, A. C., Akar, T., Baresel, J. P., Bebeli, P. J., Bettencourt, E., Bladenopoulos, K. V., Czembó, J.H., Fasoula, D. A., Katsiotis, A., Koutis, K., Koutsika-Sotiriou, M., Kovacs, G., Larsson, H., Pinheiro de Carvalho, M. A.A., Rubiales, D., Russell, J., Dos Santos, T. M. M., & Vaz Pato, M. C. (2011). Cereal landraces for sustainable agriculture. *Sustainable Agriculture* 2: 147-186. <https://doi.org/10.1051/agro/2009032>.
- Nitika, Punia, D., & Khetarpaul, N. (2008). Physico-chemical characteristics, nutrient composition and consumer acceptability of wheat varieties grown under organic and inorganic farming conditions. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 59(3): 224-245. <https://doi.org/10.1080/09637480701523249>.
- Oliveira, J., Mezquita, F., Teijeiro, T., Gómez-Ibarlucea, C., & Piñeiro, J. (2000). Agromorphological and grain quality characterisations of northern Spanish wheats under low-nitrogen conditions. *Agronomie* 20(6): 683-689.

- Oliveira, M., Usall, J., Vinas, I., Anguera, M., Gatiús, F., & Abadías, M. (2010). Microbiological quality of fresh lettuce from organic and conventional production. *Food Microbiology* 27(5): 679-684. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.03.008>
- 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. (Eds.), *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.
- Orden de 20 de julio de 2020 por la que se aprueba el reglamento de la Indicación Geográfica Protegida Pan Galego/Pan Gallego y de su Consejo Regulador, y se nombra el Consejo Regulador provisional. DOG (Diario Oficial de Galicia), nº 150, 28/07/20. Santiago de Compostela, España.
- Orden de 14 de julio de 2017 por la que se adopta decisión favorable en relación con la solicitud de inscripción de la indicación geográfica protegida Pan Galego/Pan Gallego en el Registro comunitario de denominaciones de origen protegidas e indicaciones geográficas protegidas. DOG (Diario Oficial de Galicia), nº 139, 21/07/17. Santiago de Compostela, España.
- Park, E., Baik, B., Miller, P., Burke, I., Wegner, E., Tautges, N., Morris, C., & Fuerst, E. (2015). Functional and nutritional characteristics of wheat grown in organic and conventional cropping systems. *Cereal Chemistry* 92(5): 504-512. <https://doi.org/10.1094/CCEM-01-15-0007-R>
- Pasqualone, A., Alba, V., Mangini, G., Blanco, A., & Montemurro, C. (2010). Durum wheat cultivar traceability in PDO altamura bread by analysis of DNA microsatellites. *European Food Research and Technology* 230(5): 723-729.
- Pereira Lorenzo Santiago, Matilde Lombardero Fernández, M^a Ángeles Romero Rodríguez, María Nerea Fernández Canto, Ana María Ramos Cabrer & María Lourdes Vázquez Orderiz (2020). Patente sobre trigo local. P202031140. Rexistrada o 13 de novembro de 2020.
- Pontonio, E., Rizzello, C. G., Di Cagno, R., Dousset, X., Clément, H., Filannino, P., Onno, B., & Gobetti, M. (2016). How organic farming of wheat may affect the sourdough and the nutritional and technological features of leavened baked goods. *International Journal of Food Microbiology* 239: 44-53. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.07.013>.
- Real Decreto 1615/2010, de 7 de diciembre, por el que se aprueba la norma de calidad del trigo. BOE (Boletín Oficial del Estado), nº131, 11/2/10. Madrid, España.
- Real Decreto 677/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba la norma de calidad para las harinas, las sémolas y otros productos de la molienda de los cereales. BOE (Boletín Oficial del Estado), nº304, 17/12/16. Madrid, España.
- Reglamento de Ejecución (UE) 2019/2182 de la Comisión de 16 de diciembre de 2019 por el que se inscribe un nombre en el Registro de Denominaciones de Origen Protegidas y de Indicaciones Geográficas Protegidas "Pan Galego/Pan Gallego "(IGP). DOUE (Diario Oficial de la Unión Europea), nº 330, 20/12/2019. Bruselas, Bélgica.
- Reija Abelairas, P.A. (2017). Estudio de la diversidad genética del manzano cultivado en el oeste de la Península Ibérica y Canarias. Trabajo de Investigación Fin de Grado. en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural. Universidad de Santiago de Compostela.

- Royo, C., Ruíz, M., Villegas D., & Àlvaro F. (2016). Trigo. En: Ruiz de Galarreta, J. I., Prohens, J., e Tierno, R. (Eds.) Las variedades locales en la mejora genética de plantas: 101-118. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas, Sociedad Española de Genética. Gobierno Vasco.
- Ruiz, M., Giraldo, P., Royo, C., Villegas, D., Aranzana, M. J., & Carrillo, J. M. (2012). Diversity and genetic structure of a collection of Spanish durum wheat landraces. *Crop Science* 52(5): 2262-2275. <https://doi.org/10.2135/cropsci2012.02.0081>.
- Ryan, M., Derrick, J., & Dann, P. (2004). Grain mineral concentrations and yield of wheat grown under organic and conventional management. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84(3): 207-216. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1634>
- Salman, H., Blazek, J., Lopez-Rubio, A., Gilbert, E. P., Hanley, T., & Copeland, L. (2009). Structure–function relationships in A and B granules from wheat starches of similar amylose content. *Carbohydrate Polymers* 75(3): 420-427. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2008.08.001>.
- Singh, S., Singh, N., Isono, N., & Noda, T. (2010). Relationship of granule size distribution and amylopectin structure with pasting, thermal, and retrogradation properties in wheat starch. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58(2): 1180-1188. <https://doi.org/10.1021/jf902753f>.
- Sönmezoğlu, Ö. A., Bozmaz, B., Yildirim, A., Kandemir, N., & Aydin, N. (2012). Genetic characterization of Turkish bread wheat landraces based on microsatellite markers and morphological characters. *Turkish Journal of Biology* 36(5): 589-597. <https://doi.org/10.3906/biy-1202-43>.
- Tóth, G., Gáspári, Z., & Jurka, J. (2000). Microsatellites in different eukaryotic genomes: Survey and Analysis. *Genome Research* 10(7): 967-981. <https://doi.org/10.1101/gr.10.7.967>.
- Varia, F., Macaluso, D., Vaccaro, A., Caruso, P., & Guccione, G. D. (2021). The Adoption of Landraces of Durum Wheat in Sicilian Organic Cereal Farming Analysed Using a System Dynamics Approach. *Agronomy* 11(2): 319. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020319>.
- Wang, J., Hasanalieva, G., Wood, L., Anagnostopoulos, C., Ampadogiannis, G., Bempelou, E., Kiouisi, M., Markellou, E., Iversen, O., Seal, C., Baranski, M., Vigar, V., Leifert, C., & Rempelos, L. (2020). Effect of wheat species (*Triticum aestivum* vs *T. spelta*), farming system (organic vs conventional) and flour type (wholegrain vs white) on composition of wheat flour—Results of a retail survey in the UK and Germany—3. Pesticide residue content. *Food Chemistry: X* 7: 100089. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2020.100089>.
- Yoo, S. H., & Jane, J. L. (2002). Structural and physical characteristics of waxy and other wheat starches. *Carbohydrate Polymers* 49(3): 297-305. [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(01\)00338-1](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(01)00338-1).
- Zhang, H., Yamamoto, E., Murphy, J., Carrillo, C., Hardie, K., & Locas, A. (2021). Microbiological Survey of Wheat Flour Sold at Retail in Canada, 2018 to 2019. *Journal of Food Protection* 84(4): 647-654. <https://doi.org/10.4315/JFP-20-297>.
- Zörb, C., Niehaus, K., Barsch, A., Betsche, T., & Langenkämper, G. (2009). Levels of compounds and metabolites in wheat ears and grains in organic and conventional agriculture. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57(20): 9555-9562. <https://doi.org/10.1021/jf9019739>.

Zuchowski, J., Jonczyk, K., Pecio, L., & Oleszek, W. (2011). Phenolic acid concentrations in organically and conventionally cultivated spring and winter wheat. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91(6): 1089-1095. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4288>.

CAPÍTULO 5. CONTROL DOS PANS OBTIDOS A PARTIR DE FARIÑA 'CAAVEIRO' PRODUCIDA EN ECOLÓXICO E CONVENCIONAL

CHAPTER 5. CONTROL OF BREADS OBTAINED FROM 'CAAVEIRO' FLOUR PRODUCED ORGANICALLY AND CONVENTIONALLY

Fernández-Canto N^{1.}, García-Gómez B.^{2.}, Cobos-García A.^{3.}, Díaz-Rubio O.^{4.}, Vázquez-Odériz M.L.^{5.}, Vázquez-Vázquez, M.^{6.}, Lombardero-Fernández M.^{7.}, Pereira-Lorenzo S.^{8.}, Ramos-Cabrer A.^{9.}, Romero-Rodríguez M.A.¹⁰

¹Dpto. Química Analítica, Nutrición e Bromatoloxía. Universidade de Santiago de Compostela. marianerea.fernandez.canto@usc.es ORCID: 0000-0001-5141-3014

²Dpto. Química Analítica, Nutrición e Bromatoloxía. Universidade de Santiago de Compostela. mariabelen.garcia@usc.es ORCID: 0000-0001-7147-819X

³Dpto. Química Analítica, Nutrición e Bromatoloxía. Universidade de Santiago de Compostela. angel.cobos@usc.es ORCID: 0000-0002-2121-9648

⁴Dpto. Química Analítica, Nutrición e Bromatoloxía. Universidade de Santiago de Compostela. olga.diaz.rubio@usc.es ORCID: 0000-0002-8138-2869

⁵Dpto. Química Analítica, Nutrición e Bromatoloxía. Universidade de Santiago de Compostela. lourdes.vazquez@usc.es ORCID: 0000-0002-5413-6603

⁶Dpto. Química Analítica, Nutrición e Bromatoloxía. Universidade de Santiago de Compostela. manuel.vazquez@usc.es ORCID: 0000-0002-0392-1724

⁷Dpto. de Anatomía, Producción Animal e Ciencias Clínicas Veterinarias. Universidade de Santiago de Compostela. matilde.lombardero@usc.es ORCID: 0000-0003-2088-1207

⁸Dpto. Producción Vexetal e Proxectos de Enxeñaría. Universidade de Santiago de Compostela. santiago.pereira.lorenzo@usc.es ORCID: 0000-0003-2418-2366

⁹Dpto. Producción Vexetal e Proxectos de Enxeñaría. Universidade de Santiago de Compostela. ana.ramos@usc.es ORCID: 0000-0001-9168-0934

¹⁰Dpto. Química Analítica, Nutrición e Bromatoloxía. Universidade de Santiago de Compostela. angeles.romero@usc.es ORCID: 0000-0001-9836-7879

Resumo

O pan de trigo é un dos produtos derivados dos cereais máis consumido ao longo da historia polas diferentes civilizacións. O pan é un produto con moita aceptación tanto polas súas características sensoriais coma nutricionais. Debido ao crecente interese no pan ecolóxico e na recuperación de variedades de trigo autóctonas, plantéxase o presente estudo para avaliar dende un punto de vista físico-químico, nutricional e sensorial os pans elaborados con fariñas procedentes de trigo da variedade galega 'Caaveiro', producido en dous sistemas de cultivo (ecolóxico e convencional). O pan

elaborado con fariña ecolóxica presenta menor humidade e, polo tanto, maior proporción de sólidos totais e maior contido en cinzas e glúcidos totais, aínda que a nivel de minerais non se atoparon diferenzas entre os pans obtidos a partir de fariñas procedentes dos dous sistemas de cultivo estudados. En canto á textura instrumental, no pan ecolóxico observouse maior dureza da codia que se traduce a nivel sensorial na percepción por parte do panel de catadores adestrados, dun maior carácter crocante da codia. De tódolos xeitos, aínda que a nivel instrumental existen máis diferenzas en función do sistema cultivo que a nivel sensorial, a nivel práctico no se consideran importantes.

Abstract

94

Wheat bread is one of the most widely consumed cereal products in different civilizations. Bread is a product with high acceptance for its both sensory and nutritional characteristics. Due to the growing interest in organic bread and the recovery of autochthonous wheat varieties, the present study aims to evaluate from a physical-chemical, nutritional and sensory point of view the breads made with flour from wheat of the Galician variety 'Caaveiro', produced in two cultivation systems (organic and conventional). Bread from organic flour has lower moisture content and therefore higher proportion of total solids, and higher content of ashes and total carbohydrates, although at the level of minerals we did not find differences between the breads obtained from flour from of the two cropping systems studied. In terms of instrumental texture, organic bread has a higher crust hardness which translates into the sensory level in the perception by the panel of trained tasters in a greater intensity of perception of crispy crust. Regarding the farming system, although from an instrumental point of view there are more differences than from a sensory approach, they are not considered important.

Palabras chave: pan galego, ecolóxico, convencional, análise sensorial, físico-químico, nutricional

Keywords: galician bread, organic, conventional, sensory analysis, physico-chemical, nutritional

5.1. Introducción

O pan é o produto elaborado a partir dos cereais que máis se consume, concretamente o pan de trigo (Quilez & Salas-Salvado, 2012). Proba disto é que aproximadamente un 70-80% do trigo cultivado é consumido como pan (Sakandar e col., 2019), a pesar de que nas últimas décadas vense observando unha diminución no consumo do mesmo (De Boni e col., 2019). O trigo é o cereal máis usado na elaboración de pan grazas a que ten unhas características máis axeitadas para a panificación en comparación con outros cereais (Arzani e Ashraf, 2017; Dewettinck e col., 2008). Ademais, o trigo mostra unha maior capacidade de adaptación a diferentes condicións de cultivo, característica que non se observa noutros cereais (Awika, 2011).

Aínda que o éxito do pan entre os consumidores está moi relacionado coas súas características sensoriais (Heenan e col., 2008), o pan tamén é un produto moi atractivo polas súas características nutricionais (Bredariol e Vanin 2021). Os produtos obtidos a partir do trigo, ao igual cós obtidos doutros cereais, presentan un alto contido en glúcidos, sendo o amidón a principal fonte de enerxía. Ademais, aportan fibra dietética, proteínas e lípidos ricos en ácidos graxos esenciais. Entre os micronutrientes máis importantes que se poden atopar no pan están os minerais (Dewettinck e col., 2008). Os cereais conteñen aproximadamente un 1,5-2,5% de minerais, sendo o P e o K os maioritarios (Collar, 2015).

Nas últimas décadas, obsérvase un crecente interese polo pan ecolóxico (Pontonio e col., 2016) e pola recuperación de variedades de trigo autóctonas, pero hai que ter en conta que, aínda que hai evidencias científicas dos beneficios ambientais do cultivo ecolóxico (Mäder e col., 2002; Hole e col., 2005 e Fliessbach e col., 2007), non está probado que a nivel de calidade sensorial e nutricional o cultivo en ecolóxico presente vantaxes fronte ao convencional (Woese e col., 1997; Bourn e Prescott, 2002; Yiridoe e col., 2005). As prácticas de cultivo, entre elas o cultivo en ecolóxico, poden influír na composición do gran e, polo tanto, na calidade para a panificación. En base a isto, é importante estudar estes parámetros en diferentes variedades de trigo en cultivo en ecolóxico para seleccionar aquelas variedades que mellor se adapten a este sistema de cultivo (Ceseviciene e col., 2012). No estudo levado a cabo por Arncken e col. (2012) observaron diferenzas entre o trigo de inverno en cultivo ecolóxico fronte ao sistema convencional, sendo maiores as diferenzas a nivel instrumental ca dende o punto de vista sensorial. Woese e col. (1997) observaron unha maior variabilidade na calidade sensorial do pan obtido de fariñas ecolóxicas ca no pan de produción convencional. Aínda que inciden en que nas comparativas sobre a calidade nutricional e sensorial do pan hai que ter en conta que a variabilidade pode deberse non só a diferenzas no sistema de cultivo, senón tamén a diferenzas na receita e no proceso de panificación (Woese e col., 1997). Por outra parte, hai unha carencia de estudos nos que se faga a comparativa do pan ecolóxico vs. convencional a nivel físico-químico e nutricional, observándose unha tendencia a facer dita comparativa na fariña e non no produto final (Krejčířová e col., 2007; Mazzoncini e col., 2015; Wang e col., 2020), limitando o pan unicamente á caracterización sensorial (Kihlberg e col., 2004; Annett e col., 2007; Nitika e col., 2008).

En Galicia estanse a levar a cabo iniciativas de recuperación de variedades autóctonas de trigo, como é o caso do rexistro das variedades 'Caaveiro' e 'Callobre' (Royo e col., 2016) para ser empregadas na elaboración de pan amparado coa Indicación Xeográfica Protexida (IXP) Pan Galego. Este pan, caracterízase por levar como mínimo un 25% de fariña autóctona e debe ser elaborado con masa nai (mínimo un 15% do peso da fariña), e opcionalmente, pódense engadir como máximo 15 g de lévedo biolóxico fresco comercial (Orden de 20 de julio de 2020 por la que se aprueba el Reglamento de la indicación geográfica protegida Pan Galego/Pan Gallego y de su Consejo Regulador, y se nombra el Consejo Regulador provisional). Neste senso, e coa finalidade de dilucidar se o cultivo en ecolóxico presenta vantaxes

a nivel sensorial e nutricional fronte ao convencional plantéxase o presente estudo, que ten por obxectivo avaliar os pans elaborados coas fariñas procedentes de trigo de variedade galega 'Caaveiro' producido en dous sistemas de cultivo (ecolóxico e convencional) dende un punto de vista físico-químico, nutricional e sensorial empregando a mesma receita e o mesmo proceso de panificación.

5.2. Material e métodos

5.2.1. Elaboración dos pans

No proceso de panificación (figura 4.1), respectáronse as especificacións do prego de condicións da IXP Pan Galego, xa que se empregou fariña 100% 'Caaveiro' (a IXP require un mínimo do 25% de fariña de variedades autóctonas), a fermentación foi de 5 horas (a IXP require un mínimo de 3 horas), empregouse como fermento unicamente masa nai (a IXP require un mínimo do 15% do peso da fariña) e 80 L de auga por cada 100 kg de fariña (a IXP require un mínimo 75 L/100 kg de fariña). A cocción levouse a cabo nun forno de pedra. As pezas tiñan forma de bolo e un peso final de 1,2 Kg.

O proceso fíxose nas mesmas condicións para as fariñas procedentes dos dous sistemas de cultivo, ecolóxico e convencional. As fariñas de trigo autóctono "Caaveiro" empregadas foron as descritas no Capítulo 4.



Figura 4.1. Proceso de panificación.

Figure 4.1. Baking process.

5.2.2. Caracterización físico-química

Para a caracterización físico-química dos pans, determinouse o pH, a humidade, as cinzas, a actividade de auga (A_w), a cor e a textura instrumental.

Para a determinación do pH empregouse un medidor automático de pH (GLP21 Crison). Para a medición do pH mesturáronse 10 g de pan (miolo e codia) con 100 mL de auga destilada e deixouse en axitación 30 minutos.

Para a determinación da humidade as mostras de pan foron secadas seguindo o método oficial da AOAC (AOAC, 2019).

Para a determinación da actividade de auga (mestura de miolo e codia) empregouse un medidor automático de Aqualab CX-2.

A determinación da cor (miolo e codia) realizouse mediante un colorímetro portátil (Color Striker Mathai GmbH, Sydney, Alemaña) para obter os valores de luminosidade (L^*) e os parámetros a^* e b^* , que permitiron calcular os valores da croma (C^*) e do tono (H°).

A avaliación da textura na codia e no miolo foi realizado cun texturómetro TA-XTplus cunha celda de carga de 30 kg. Na codia, avalíase a dureza e o traballo de penetración, empregando unha sonda de punción sobre unha mostra de 3 x 3 cm a unha velocidade de 1 mm/s. No miolo, avalíase a dureza, adhesividade, elasticidade, cohesividade e masticabilidade cunha sonda de aluminio cilíndrica (P/50) de 50 mm de diámetro. As mostras comprimíronse ata un 75% da súa altura inicial cunha velocidade de compresión de 60 mm/min. As medicións realizáronse sobre mostras de miolo de 2 x 2 x 2 cm.

5.2.3. Caracterización nutricional

A análise de macronutrientes (graxa, proteína e cinzas) realizouse seguindo os métodos da AOAC (2019) a partir das mostras previamente liofilizadas e trituradas. A determinación de graxa levouse a cabo mediante un Soxtec™ 2050 extraendo a graxa mediante unha mestura de éter de petróleo e éter dietílico. A proteína foi avaliada mediante o método de Kjeldahl ($N \times 5.7$). O contido en cinzas determinouse mediante incineración a $550 \pm 15^\circ\text{C}$. E, finalmente, os carbohidratos totais calculáronse por diferenza. Todas as mostras analizáronse por triplicado.

Os azucres sinxelos (sacarosa, glicosa e frutosa) determináronse mediante un kit enzimático de Boehringer Mannheim (ref.10716260035). Tanto a fibra dietética total coma o amidón foron cuantificados mediante kits enzimáticos de Megazyme (K-TDFR-100A e K-DSTRS, respectivamente). Nestas determinacións, as mostras analizáronse por duplicado.

Dentro dos micronutrientes, realizouse unha análise de minerais cun equipo de ICP-MS (Agilent 7700x).

5.2.4. Caracterización sensorial

Os pans obtidos foron avaliados polo panel de catadores adestrado da Cátedra do Pan e do Cereal que empregou a ficha de cata previamente desenvolvida polo mesmo (Estévez-López e col., 2020) para realizar unha análise descritiva cuantitativa (QDA) dos pans e obter os perfís sensoriais.

5.2.5. Análise estatística

Calculáronse as medias e desviacións dos resultados obtidos nas diferentes análises.

98

Para comparar os resultados obtidos nos dous sistemas de cultivo (ecolóxico fronte a convencional), aplicouse o test t de Student tanto para mostras independentes no caso da análise físico-química e nutricional e para mostras emparelladas para a comparativa a nivel sensorial.

A análise estatística levouse a cabo empregando o software IBM SPSS Statistics 24.

5.3. Resultados

5.3.1. Características físico-químicas

Os parámetros físico-químicos indican que os pans elaborados con fariña procedente do cultivo ecolóxico conteñen menor humidade e, polo tanto, maior contido en sólidos totais (Táboa 5.1). Gilsenan e col. (2010) observaron o mesmo efecto do sistema de cultivo sobre a humidade das patacas. Pola contra, outros investigadores non atoparon diferenzas significativas entre os dous tipos de sistema de cultivo na humidade do pan de centeo (Järvan e col., 2018) nin na humidade do gran de trigo panificable (Carcea e col., 2006).

O pH e a A_w non se viron afectados polo sistema de cultivo. Sábese que o pan ten altos niveis de humidade e A_w superiores a 0,85, que polo xeral, alcanza valores de 0,95-0,99 (Smith e col., 2004). Non se encontraron estudos previos que comparen o pH e a A_w en función do sistema de cultivo.

Parámetro	Ecolóxico	Convencional
pH	5,64±0,00	5,63±0,00
Humidade (%)**	34,43±0,01	38,78±0,03
Sólidos totais (%)***	64,56±0,01	61,22±0,03
A_w	0,97±0,01	0,96±0,01
*p-valor ≤ 0,05, **p-valor ≤ 0,01 e ***p-valor ≤ 0,001		

Táboa 5.1. Parámetros físico-químicos dos pans elaborados con fariñas procedentes de trigos cultivados en ecolóxico e en convencional.

Table 5.1. Physico-chemical parameters of breads made with flours from organically and conventionally grown wheat.

Na avaliación da textura instrumental (Táboa 5.2) non hai moitas diferenzas, excepto na dureza da codia inferior, que é maior no pan ecolóxico.

Na avaliación da cor instrumental (Táboa 5.3), a luminosidade (L^*) da codia superior e inferior, o tono (H^0) da codia inferior e a saturación (C^*) do miolo son lixeiramente máis baixas no pan ecolóxico. A cor da codia é máis escura e menos luminosa no pan de produción ecolóxica. Pantonio e col. (2021) non puideron relacionar as diferencias de cor encontrados nos pans elaborados con distintas fariñas (trigo brando, trigo duro e centeo) co tipo de sistema de cultivo, aínda que encontraron certas diferencias nalgúns parámetros como por exemplo o valor de L^* , que foi máis baixa nos pans ecolóxicos de trigo brando que en convencional nos pans elaborados a partir de trigo duro e centeo empregando unha masa nai de 10 días de activación. Noutros estudos previos levados a cabo en froitas mostraron que o sistema de cultivo afectaba aos parámetros de cor (Crecente-Campo e col., 2012).

99

Parámetro	Ecolóxico	Convencional
Dureza miolo (g)	11360,55±1782,6	12714,96±1702,6
Adhesividade miolo (g·s)	-2,04±0,66	-2,09±1,17
Elasticidade miolo	0,63±0,09	0,60±0,05
Cohesividade miolo	0,40±0,03	0,39±0,02
Masticabilidade miolo (g)	2619,47±707,51	3018,1±443,31
Dureza codia inferior (g)*	5210,58±851,94	3893,50±784,94
Traballo de penetración codia inferior (g·s)	37075,03±6299,71	32038,36±9874,47
Dureza codia superior (g)	5644,65±1319,74	5694,89±919,45
Traballo de penetración codia superior. (g·s)	46767,27±21594,60	45854,44±11205,29

*p-valor ≤ 0,05, **p-valor ≤ 0,01 e ***p-valor ≤ 0,001

Táboa 5.2. Parámetros de textura instrumental dos pans elaborados con fariñas procedentes de trigos cultivados en ecolóxico e en convencional.

Table 5.2. Instrumental texture parameters of breads made with flours from organically and conventionally grown wheat.

5.3.2. Características nutricionais

A análise de macronutrientes indica que os pans elaborados con fariñas procedentes de cultivo ecolóxico presentan máis proteínas, glúcidos totais e amidón total cos obtidos coas fariñas procedentes de cultivo en convencional.

Aínda que non existen diferenzas significativas entre o contido en proteínas dos pans, diferentes investigadores (Carcea e col. 2006; Mazzoncini e col., 2007; Arncken e col. 2012; Ceseviciene e col., 2012; Wang e col., 2020) atoparon diferenzas en función do sistema de cultivo, observando menor porcentaxe de proteína na fariña

ecolóxica, a excepción de Annett e col. (2007) que observou un contido proteico significativamente maior na fariña ecolóxica integral que na convencional.

No que se refire ao amidón, estudos previos levados a cabo en gran de trigo tamén reportaron un maior contido en amidón no gran ecolóxico comparado co convencional (Ceseviciene e col., 2012).

En canto aos azucres sinxelos, en ámbolos dous tipos de pan representan unha porcentaxe moi baixa, observándose valores significativamente máis baixos na glicosa e na frutosa nos pans elaborados con fariña procedente de cultivo ecolóxico (Táboa 5.4). Os resultados reportados por Nunes-Damaceno e col. (2013) nun estudo sobre o kiwi producido por diferentes sistemas de cultivo están na mesma liña, cun contido de frutosa e glicosa significativamente menor no produto ecolóxico e sen diferenzas significativas na sacarosa.

100

Parámetro	Ecolóxico	Convencional
L* codia superior*	46,19±5,04	52,54±11,54
C* codia superior	22,55±2,03	22,15±4,94
H° codia superior	65,53±4,56	67,74±8,52
L* codia inferior***	56,58±3,23	60,97±1,87
C* codia inferior	19,28±1,96	19,32±2,70
H° codia inferior***	64,30±1,62	68,55±1,38
L* miolo	68,37±1,28	65,51±1,54
C* miolo***	14,63±0,69	15,65±0,93
H° miolo	84,82±0,89	84,40±0,79

*p-valor = 0,05, **p-valor = 0,01 e ***p-valor = 0,001

Táboa 5.3. Parámetros de cor instrumental dos pans elaborados con fariñas procedentes de trigos cultivados en ecolóxico e en convencional.

Table 5.3. Instrumental colour parameters of breads made with flours from organically and conventionally grown wheat.

O pan elaborado con fariña procedente do cultivo ecolóxico ten un contido estatisticamente significativo maior en cinzas (Táboa 5.4). Outros estudos que analizaron o efecto do sistema de cultivo no contido en cinzas do trigo atoparon que era maior no gran procedente do sistema de cultivo ecolóxico en 2 das 6 variedades analizadas, sendo maior no cultivo convencional nas 4 variedades restantes (Carcea e col., 2006). Nitika e col. (2008) non atoparon diferenzas significativas no contido en cinzas de diferentes variedades de trigo en función do sistema de cultivo, aínda que se observaron diferenzas na cantidade de fibra, pero sen unha tendencia clara en ningún dos dous sistemas de cultivo.

No que se refire ao contido en minerais (Táboa 5.5), non se atoparon diferenzas entre os pans elaborados con fariña procedente de cultivo en ecolóxico fronte a aqueles elaborados coa fariña procedente de cultivo convencional. Nun estudo recente levado a cabo por Wang e col. (2020) tampouco atoparon efecto significativo do sistema de cultivo (ecolóxico vs. convencional) no contido en minerais en fariñas refinadas. Pola contra, reportaron diferenzas no contido en minerais cando esta comparativa se levou

a cabo en fariñas integrais. Park e col. (2015) non asociaron o contido en minerais ou proteína do gran nin co cultivo orgánico nin co convencional. Estudos levados a cabo noutros produtos coma os tomates non mostraron diferenzas significativas no contido en minerais, a excepción do maior contido en Mn no produto ecolóxico (Ordóñez-Santos e col., 2011). Na revisión levada a cabo por Lairon (2010) constátase o escaso efecto do sistema de cultivo no contido en minerais de diferentes produtos.

Parámetro (%)	Ecolóxico	Convencional
Proteína	9,18±0,03	8,72±0,18
Graxa	0,18±0,04	0,15±0,04
Glúcidos***	54,05±0,07	51,27±0,22
Sacarosa	0,07±0,02	0,00±0,00
Glicosa*	0,21±0,01	0,29±0,01
Frutosa*	0,43±0,03	0,61±0,03
Amidón total***	49,57±0,16	46,52±0,16
Fibra total dietética	4,16±0,16	3,76±0,16
Cinzas***	1,15±0,02	1,07±0,01

*p-valor ≤ 0,05, **p-valor ≤ 0,01 e ***p-valor ≤ 0,001

Táboa 5.4. Características nutricionais dos pans elaborados con fariñas procedentes de trigos cultivados en ecolóxico e en convencional.

Table 5.4. Nutritional characteristics of breads made with flours made from organically and conventionally grown wheat flours.

Minerais	Ecolóxico	Convencional
<i>Macrominerais (mg/100g)</i>		
Mg	26,64±1,10	25,01±4,30
P	80,57±3,62	75,45±13,37
K	98,11±4,55	93,43±16,78
Ca	21,71±1,00	20,41±3,31
Na	319,50±13,24	302,58±54,38
<i>Oligoelementos (mg/100g)</i>		
Mn	0,62±0,03	0,57±0,09
Fe	1,49±0,07	1,41±0,22
Cu	0,20±0,01	0,18±0,03
Zn	0,93±0,04	0,86±0,14
Se	0,01±0,00	0,01±0,00

*p-valor ≤ 0,05, **p-valor ≤ 0,01 e ***p-valor ≤ 0,001

Táboa 5.5. Contido en minerais dos pans elaborados con fariñas procedentes de trigos cultivados en ecolóxico e en convencional.

Table 5.5. Mineral content of breads made with flours from organically and conventionally grown wheat

5.3.3. Características sensoriais

O perfil sensorial dos pans elaborados con dous tipos de fariñas (ecolóxica e convencional) (Figura 5.2) son moi similares, xa que unicamente existen diferenzas significativas no carácter crocante ($p = 0,04$). A pesar de que a nivel da cor e da dureza da codia medida instrumentalmente observábanse algunhas pequenas diferenzas significativas entre os dous tipos de pan (Táboa 5.2 e 5.3), as diferenzas a nivel sensorial non son significativas. Annett e col. (2007) tampouco observaron diferenzas estatisticamente significativas na cor da codia e do miolo, no sabor salgado nin na intensidade de aroma a trigo entre os pans integrais procedentes de fariñas de cultivo ecolóxico e convencional. Pola contra co presente estudo constátase que o miolo do pan ecolóxico era máis compacto que o miolo do pan convencional. Na mesma liña, Kihlberg e col. (2006) non atoparon diferenzas estatisticamente significativas no sabor ácido nin no aroma a trigo ao comparar pan branco ecolóxico fronte ao convencional. Con todo, atoparon diferenzas significativas na esponxosidade do miolo, sendo menor no caso do pan elaborado con fariña de cultivo convencional que no pan elaborado con fariña de cultivo ecolóxico. Mazzoncini e col. (2007) reportaron que no pan ecolóxico os catadores percibiron maior dureza e intensidade aromática. Estas escasas diferenzas a nivel cuantitativo avaliadas con paneis de catadores adestrados confirmanse no estudo levado a cabo por Nitika e col. (2008) no que, ademais, non se observaron diferenzas na aceptación sensorial de chapatas elaboradas con fariñas de trigo procedentes de cultivo en ecolóxico ou en convencional.

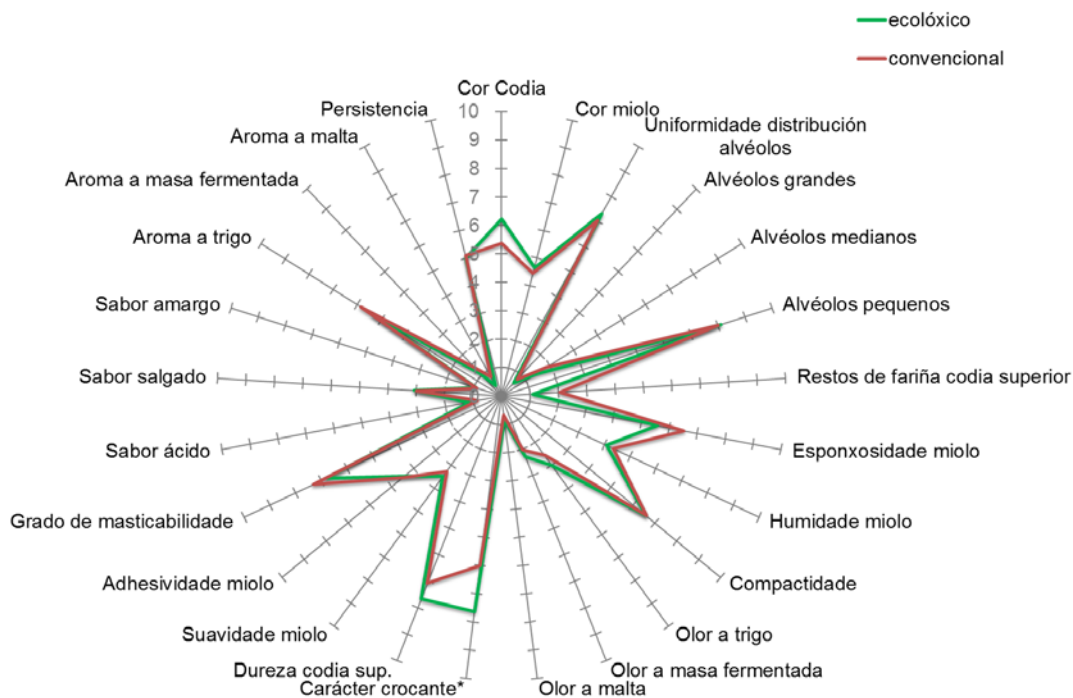


Figura 5.2. Perfil sensorial dos pans elaborados con fariñas procedentes de trigos cultivados en ecolóxico e en convencional (* p -valor $\leq 0,05$, ** p -valor $\leq 0,01$ e *** p -valor $\leq 0,001$).

Figure 5.2. Sensory profile of breads made with flours from wheat grown organically and conventionally (**p*-valor ≤ 0.05 , ***p*-valor ≤ 0.01 e ****p*-valor ≤ 0.001).

Noutros produtos, coma o kiwi ou o tomate, as diferenzas encontradas na materia prima de partida foron anuladas ao ser sometidas a un procesado para a obtención de produtos derivados (Nunes-Damaceno e col., 2013). Outros autores confirman que a nivel sensorial non hai un efecto claro do sistema de cultivo nos produtos derivados (Fillion & Arazi, 2002) e as características do produtos obtidos da agricultura ecolóxica en moitos casos dependen máis das condicións do lugar de produción e das condicións climáticas que do propio sistema de cultivo (Pontonio e col., 2016).

En base ao exposto, pódese sinalar que, aínda cando existían diferenzas nas fariñas en función do cultivo, cando estas fariñas se transforman en pan, as diferenzas mitíganse.

103

5.4. 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: S254-S260. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00331>.
- AOAC (2019). Official methods of analysis of the Association of Official. Analytical Chemists International (21th ed.). Rockville, Maryland.
- Arncken, C. M., Mäder, P., Mayer, J., & Weibel, F. P. (2012). Sensory, yield and quality differences between organically and conventionally grown winter wheat. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92: 2819-2825 <https://doi.org/10.1002/jsfa.5784>.
- Arzani, A., & Ashraf, M. (2017). Cultivated Ancient Wheats (*Triticum* spp.): A Potential Source of Health-Beneficial Food Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 16: 477-488. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12262>.
- Awika, J. M. (2011). Major Cereal Grains Production and Use around the World. In J. M. Awika, V. Piironen, & S. Bean (Eds.), *Advances in Cereal Science: Implications to Food Processing and Health Promotion*: 1-13. American Chemical Society.
- Bredariol, P., & Vanin, F. M. (2021). Bread baking Review: Insight into Technological Aspects in order to Preserve Nutrition. *Food Reviews International*: 1-18. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1878211>
- Bourn, D., & Prescott, J. (2002). A comparison of the nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 42: 1-34.
- Carcea, M., Salvatorelli, S., Turfani, V., & Mellara, F. (2006). Influence of growing conditions on the technological performance of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *International journal of food science & technology* 41: 102-107. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01422.x>
- Cardoso, R. V., Fernandes, Â., Heleno, S. A., Rodrigues, P., González-Paramás, A. M., Barros, L., & Ferreira, I. C. (2019). Physicochemical characterization and microbiology of wheat and rye flours. *Food Chemistry* 280: 123-129. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.063>.
- Ceseviciene, J., Slepetiene, A., Leistrumaitė, A., Ruzgas, V., & Slepetys, J. (2012). Effects of organic and conventional production systems and cultivars on the

technological properties of winter wheat. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92: 2811-2818. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5675>.

Çetin-Babaoğlu, H., Arslan-Tontul, S., & Akın, N. (2020). Effect of immature wheat flour on nutritional and technological quality of sourdough bread. *Journal of Cereal Science* 94: 103000. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103000>.

Collar, C. (2015). Bread and bakery products. In *Handbook of Mineral Elements in Food*. John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118654316.ch23>.

Crecente-Campo, J., Nunes-Damaceno, M., Romero-Rodríguez, M. A., & Vázquez-Odériz, M. L. (2012). Color, anthocyanin pigment, ascorbic acid and total phenolic compound determination in organic versus conventional strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch, cv Selva). *Journal of Food Composition and Analysis* 28: 23-30. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.07.004>

De Boni, A., Pasqualone, A., Roma, R., & Acciani, C. (2019). Traditions, health and environment as bread purchase drivers: A choice experiment on high-quality artisanal Italian bread. *Journal of Cleaner Production* 221: 249-260. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.261>.

Dewettinck, K., Van Bockstaele, F., Kühne, B., Van de Walle, D., Courtens, T. M., & Gellynck, X. (2008). Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. *Journal of Cereal Science* 48: 243-257. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.01.003>.

Estévez-López, R. D., García-Gómez, B., Vázquez-Odériz, M. L., Ferreiro, N. M., & Romero-Rodríguez, M. Á. (2020). Influence of bread shape on the sensory characteristics of Galician breads: Development of lexicon, efficacy control of the trained panel and establishment of a sensory profile. *LWT - Food Science and Technology* 135: 110024. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110024>.

Fillion, L. & Arazi, S. (2002), "Does organic food taste better? A claim substantiation approach". *Nutrition & Food Science* 32: 153-157. <https://doi.org/10.1108/00346650210436262>

Fliessbach, A., Oberholzer, H. R., Gunst, L., & Mäder, P. (2007). Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 118: 273-284. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.05.022>.

Gilsenan, C., Burke, R. M., & Barry-Ryan, C. (2010). A study of the physicochemical and sensory properties of organic and conventional potatoes (*Solanum tuberosum*) before and after baking. *International journal of food science & technology* 45: 475-481. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02148.x>

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: 989-997. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.08.002>.

Hole, D. G., Perkins, A. J., Wilson, J. D., Alexander, I. H., Grice, P. V., & Evans, A. D. (2005). Does organic farming benefit biodiversity?. *Biological Conservation* 122: 113-130. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.07.018>.

Järvan, M., Lukme, L., Tupits, I., & Akk, A. (2018). The productivity, quality and bread-making properties of organically and conventionally grown winter rye. *Zemdirbyste-Agriculture* 105: 323-330. <https://doi.org/10.13080/z-a.2018.105.041>.

- 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: 67-84. [https://doi.org/10.1016/S0733-5210\(03\)00067-5](https://doi.org/10.1016/S0733-5210(03)00067-5).
- Kihlberg, I., Öström, Å., Johansson, L., & Risvik, E. (2006). Sensory qualities of plain white pan bread: Influence of farming system, year of harvest and baking technique. *Journal of Cereal Science* 43: 15-30. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.04.008>.
- Krejčířová, L., Capouchova, I., Petr, J., Bicanova, E., & Faměra, O. (2007). The effect of organic and conventional growing systems on quality and storage protein composition of winter wheat. *Plant Soil Environ* 53: 499-505.
- Lairon, D. (2010). Nutritional quality and safety of organic food. A review. *Agronomy for sustainable development* 30: 33-41. <https://doi.org/10.1051/agro/2009019>
- Mäder, P., Fliessbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., & Niggli, U. (2002). Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296: 1694-1697. <https://doi.org/10.1126/science.1071148>
- Mazzoncini, M., Antichi, D., Silvestri, N., Ciantelli, G., & Sgherri, C. (2015). Organically vs conventionally grown winter wheat: Effects on grain yield, technological quality, and on phenolic composition and antioxidant properties of bran and refined flour. *Food Chemistry* 175: 445-451. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.138>.
- Mazzoncini, M., Belloni, P., Risaliti, R., & Antichi, D. (2007). Organic vs conventional winter wheat quality and organoleptic bread test. 3rd QLIF Congress, Hohenheim, 1-5.
- Nitika, Punia, D., & Khetarpaul, N. (2008). Physico-chemical characteristics, nutrient composition and consumer acceptability of wheat varieties grown under organic and inorganic farming conditions. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 59: 224-245. <https://doi.org/10.1080/09637480701523249>.
- Nunes-Damaceno, M., Muñoz-Ferreiro, N., Romero-Rodríguez, M. A., & Vázquez-Odériz, M. L. (2013). A comparison of kiwi fruit from conventional, integrated and organic production systems. *LWT-Food Science and Technology* 54: 291-297. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.05.002>
- Orden de 20 de julio de 2020 por la que se aprueba el Reglamento de la indicación geográfica protegida Pan Galego/Pan Gallego y de su Consejo Regulador, y se nombra el Consejo Regulador provisional
- Ordóñez-Santos, L. E., Vázquez-Odériz, M. L., & Romero-Rodríguez, M. A. (2011). Micronutrient contents in organic and conventional tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). *International Journal of Food Science & Technology* 46: 1561-1568. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02648.x>
- Park, E. Y., Baik, B. K., Miller, P. R., Burke, I. C., Wegner, E. A., Tautges, N. E., Morris, C.F. & Fuerst, E. P. (2015). Functional and nutritional characteristics of wheat grown in organic and conventional cropping systems. *Cereal Chemistry* 92: 504-512. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-01-15-0007-R>
- Pontonio, E., Rizzello, C. G., Di Cagno, R., Dousset, X., Clément, H., Filannino, P., Onno, B. & Gobbetti, M. (2016). How organic farming of wheat may affect the sourdough and the nutritional and technological features of leavened baked goods. *International Journal of Food Microbiology* 239: 44-53. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.07.013>.
- Pontonio, E., Arora, K., Dingo, C., Carafa, I., Celano, G., Scarpino, V., Genot, B., Gobbetti, M., & Di Cagno, R. (2021). Commercial Organic Versus Conventional

Whole Rye and Wheat Flours for Making Sourdough Bread: Safety, Nutritional, and Sensory Implications. *Frontiers in Microbiology*, 12, 674413. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.674413>.

Quilez, J., & Salas-Salvado, J. (2012). Salt in bread in Europe: Potential benefits of reduction. *Nutrition Reviews* 70: 666-678. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2012.00540.x>.

Royo, C., Ruíz, M., Villegas D., & Àlvaro F. (2016). Trigo. En: Ruiz de Galarreta, J. I., Prohens, J., & Tierno, R. (Eds.) *Las variedades locales en la mejora genética de plantas*: 101-118. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas, Sociedad Española de Genética. Gobierno Vasco

Sakandar, H. A., Hussain, R., Kubow, S., Sadiq, F. A., Huang, W., & Imran, M. (2019). Sourdough bread: A contemporary cereal fermented product. *Journal of Food Processing and Preservation* 43: 1-15). <https://doi.org/10.1111/jfpp.13883>.

106 Slavin, J. L., Jacobs, D., Marquart, L., & Fulcher, G. (2001). Grain Processing and Nutrition. *Critical Reviews in Biotechnology* 21: 49-66. <https://doi.org/10.1080/10408690091189176>.

Smith, J. P., Daifas, D. P., El-Khoury, W., Koukoutsis, J., & El-Khoury, A. (2004). Shelf Life and Safety Concerns of Bakery Products - A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(1), 19–55. <https://doi.org/10.1080/10408690490263774>.

Yiridoe, E. K., Bonti-Ankomah, S., & Martin, R. C. (2005). Comparison of consumer perceptions and preference toward organic versus conventionally produced foods: A review and update of the literature. *Renewable Agriculture and Food Systems* 20: 193-205. <https://doi.org/10.1079/RAF2005113>.

Wang, J., Chatzidimitriou, E., Wood, L., Hasanaliyeva, G., Markellou, E., Iversen, P. O., Seal, C., Baranski, M., Vigar, V., Ernst, L., Wilson, A., Thapa, M., Barkla, B., Leifert, C. & Rempelos, L. (2020). Effect of wheat species (*Triticum aestivum* vs *T. spelta*), farming system (organic vs conventional) and flour type (wholegrain vs white) on composition of wheat flour—Results of a retail survey in the UK and Germany-2. Antioxidant activity, and phenolic and mineral content. *Food Chemistry* 6: 100091. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2020.100091>.

Woese, K., Lange, D., Boess, C., & Bögl, K. W. (1997). A comparison of organically and conventionally grown foods-results of a review of the relevant literature. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 74(3): 281-293. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199707\)74:3<281::AID-JSFA794>3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199707)74:3<281::AID-JSFA794>3.0.CO;2-Z).

CAPÍTULO 6. ANÁLISE DO CONTEXTO AGROECOLÓXICO DO TRIGO E PAN DO PAÍS EN GALICIA

CHAPTER 6. ANALYSIS OF THE AGROECOLOGICAL CONTEXT OF WHEAT AND BREAD OF THE COUNTRY IN GALICIA

Vázquez-González I¹., Fernández-Ruiz de Gordejuela C.²

¹*Departamento de Economía Aplicada, Escola Politécnica Superior de Enxeñaría de Lugo, Universidade de Santiago de Compostela (USC), 27002 Lugo, España; iban.vazquez.gonzalez@usc.es Tfno: +34 982823224. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5078-0525>*

²*Escola Politécnica Superior de Enxeñaría de Lugo, Universidade de Santiago de Compostela (USC)*

Resumo

As producións de alimentos ecolóxicos, están a incrementar a súa importancia nos últimos anos. Recentemente ca creación da Indicación Xeográfica Protexida (IXP), *Pan Galego*, acrecéntase a necesidade de dispor de variedades autóctonas de trigo, practicamente inexistentes en produción ecolóxica. O obxectivo deste traballo é analizar o contexto agroecolóxico do trigo e pan do país en Galicia, mediante unha diagnose da situación actual, un repaso aos requisitos da *IXP Pan Galego* e os principais obstáculos para a súa consolidación. O material empregado son entrevistas realizadas con expertos representativos dos diferentes elos da cadea de valor (6 produtores, 5 fornos e panaderías, 5 distribución e consumo, e 5 outros), aplicando unha metodoloxía Delphi. A principal debilidade é un descoñecemento dos beneficios do produto; a ameaza é a falta de apoio institucional; a fortaleza é o maior beneficio para a saúde e o medioambiente; e a oportunidade, o aproveitamento da boa imaxe do produto galego. Un 62% dos entrevistados amósase favorable a facer modificacións nos requisitos da IXP, destacando un incremento da porcentaxe de fariña de trigo autóctono. Para que a actividade sexa economicamente rendible deben de pagarse prezos medios polo trigo de 1,2 €/kg ao produtor.

Abstract

The organic food productions are increasing their relevance in the las years. Recently, with the creation of the protected geographical indication (PGI), *Pan Galego*, is needed to have available more autochthonous wheat varieties, practically inexistent in organic production. The aim of this work is to analyze agroecological context of wheat and bread of the country in Galicia, by mean a diagnose of the current situation, a review of requirements PGI *Pan Galego*, and the main obstacles to their consolidation. The material used are the interviews with representative experts of different stakeholders of the value chain (6 producers, 5 bakeries, 5 distribution, 5 others), applying a Delphi method. The main weakness is the awareness of the product's profits; the threat is the lack of institutional support; the strength is the greatest benefit to health and environment; finally, the main opportunity is to take

advantage of Galician image product. One 62% of those interviewed are in favour to introduce change in PGI requirements, such as an increase in the percentage of autochthonous wheat. To achieve a more profitable activity the average price of wheat paid to producer should be around 1,2 €/kg.

Palabras chave: trigo, pan, método Delphi, ecolóxico, cadea de valor.

Keywords: wheat, bread, Delphi method, organic, value chain.

6.1. Introducción

108

O trigo, xunto co millo e o arroz, é un dos tres grans máis producidos no mundo e tamén o máis consumido polos humanos (Callejo-González, 2002). En Galicia, xunto coa pataca e o millo, é un dos principais cultivos, ademais esencial na nosa cultura, gastronomía e tradicións (malla de cereal), sendo tamén empregados os subprodutos para a alimentación ou mesmo a cama do gando. É un cultivo que se realiza en terras de labor, mais ou menos próximas aos fogares en pequenas explotacións familiares, e ocasionalmente, no monte. Trátase dunha agricultura baseada maioritariamente nun sistema minifundista de autoconsumo (Omil e Merino, 2018).

Ao longo dos séculos de cultivo de trigo, orixináronse unha gran variedade de tipos autóctonos (Belderok e col. 2000). Sen embargo a tendencia actual é considerar unha única especie *Triticum aestivum*, con varias subespecies, incluíndo *spelta* e *vulgare* (Kuspira 1987; Kimber e Sears 1983).

Centrándonos no trigo de variedades autóctonas cultivadas na actualidade en Galicia, descubrimos que dende aproximadamente o 2008 comezou a recuperarse o trigo autóctono sobre o que existía unha seria ameaza de extinción. Actualmente as principais variedades autóctonas cultivadas en Galicia son 'Callobre' e 'Caaveiro', sendo cada vez mais de maior interese polo seu sabor e textura, ademais de ser esenciais para a preparación de pan tradicional galego. A produción actual de trigo 'Caaveiro' en Galicia concéntrase principalmente nas provincias de Coruña, Ourense e Lugo, concretamente en As Mariñas en A Coruña (especialmente en A Laracha, Carballo, Ferrol e Carral), a comarca de Xinzo de Limia en Ourense e as da Terra Chá e Val de Lemos en Lugo.

Un dos principais usos do trigo é para panificación. En España dende o século III a.C., o pan e o seu consumo xeneralizado en toda a poboación xa eran coñecidos. No noso país, cada casa facía a súa masa e levábaa a cocer en fornos públicos logo do pago dunha taxa (Mundopan, 2015). A xeralización da elaboración deste pan galego a base de fariñas nas que se combinan trigo autóctono e foráneo é relativamente recente e produciuse a partir de mediados do século pasado. Como resultado desta tradición, hoxe hai en Galicia multitude de panaderías distribuídas por todo o seu territorio nas que se elaboran pans que, aínda que adoptan diferentes formatos, teñen como nexo común unha determinada forma de produción artesá, así como algúns ingredientes e características específicas de calidade. En Galicia, o

noso pan galego caracterízase por un tempo de fermentación máis longo e unha preparación máis manual, así como un tempo de cocción de aproximadamente unha hora por quilo de pan, preferentemente en fornos de leña.

Unha definición clara de "pan galego" é a que figura no documento "Prego de Condicións da *IXP Pan Galego*" da Xunta de Galicia, onde di que se trata dun pan con codia crocante e dureza variable segundo o formato, esponxoso, miolo alveolado abundante e irregular, que se elabora de xeito artesanal con fariña de trigo brando (*Triticum aestivum*, L.), da que unha parte procede de trigo cultivado na comunidade autónoma de Galicia pertencente a variedades e ecotipos autóctonos galegos (comunmente chamados "trigo do país" ou "trigo galego"). Ademais dos comentados anteriormente, a súa preparación tamén se caracteriza polo uso de masa nai e unha elevada cantidade de auga.

109

A agricultura ecolóxica é considerada po-la Unión Europea (Regulamento UE 2018/848) como un sistema xeral de xestión agrícola e produción de alimentos que combina as mellores prácticas ambientais e climáticas, un alto nivel de biodiversidade, a conservación dos recursos naturais e a aplicación de esixentes estándares de benestar e produción animal baseados en substancias naturais e procesos. Nos últimos anos está a experimentar un gran crecemento, mais intenso na última década (Vázquez e col., 2020a). España é o cuarto país do mundo con maior superficie dedicada a agricultura ecolóxica (Willer e Lernoud, 2019), con aproximadamente 2,2 millóns de ha e 44.282 operadores en 2018 (MAPA, 2019).

Dado o escaso número de produtores que cultivan trigo con variedades autóctonas e que practicamente non existen no caso de utilizar medios de produción ecolóxica, o obxectivo deste traballo é contextualizar o sector agroecolóxico do trigo e do pan en Galicia. Ademais, forma parte dun dos obxectivos do proxecto de investigación do grupo estratéxico USC BIORREDES "Da produción á cocción do trigo galego de 'Caaveiro' no cultivo orgánico fronte ao convencional", relacionado coa análise económica e o contexto agroecolóxico do trigo e do pan no país.

6.2. Material e métodos

A información empregada procede de 21 entrevistas persoais con expertos, de aproximadamente 1 hora de duración, realizadas entre xaneiro e maio do ano 2020, en dúas quendas sucesivas aplicando a metodoloxía Delphi (Domínguez e Gómez, 2013; Landeta, 2002; Olaizola e col., 2012).

Os 21 expertos seleccionados representan os diferentes elos da cadea de valor do pan ecolóxico con variedades autóctonas en Galicia (6 produción, 5 fornos / panaderías, 5 restaurantes / distribución e 5 restantes). Para os produtores tomouse como referencia a lista de operadores do Consello Regulador da Agricultura Ecolóxica (CRAEGA) en Galicia, destacando a práctica ausencia de produtores de variedades autóctonas de trigo certificadas en ecolóxico; ademais, da asociación de produtores de cereal galego. No caso dos expertos forno/panadería, pretendíase que tivesen experiencia na produción de pan tradicional, ecolóxico, baixo unha mención de calidade ou con variedades locais de trigo. No caso de restaurantes / distribución

debían comercializar produtos ecolóxicos e finalmente no resto de expertos hai representación de centros de investigación, do ámbito académico, grupos de panadeiros, produtores de fariña e o CRAEGA.

O cuestionario Delphi foi preguntado aos expertos individualmente en dúas roldas sucesivas de entrevistas, que se estenderon no tempo un pouco máis do desexable debido á irrupción da COVID-19. Unha vez que a información da primeira rolda de entrevista (presencial), foi procesada e analizada conxuntamente, formulouse de novo en segunda rolda (vía telemática) aquelas preguntas non dicotómicas, ofrecendo aos entrevistados información sobre a resposta do grupo (medias e medianas) co fin de reformular a súa resposta na primeira rolda e así obter unha opinión de grupo o máis consensuada posible.

110

O cuestionario da primeira quenda consistiu en 29 preguntas (cuantitativas e cualitativas), con 138 rexistros de información agrupados en 5 bloques: A) Análise DAFO e outras consideracións do sector agroecolóxico do trigo e do pan en Galicia; B) Calidade do pan e opinión da nova IXP “*Pan Galego*”; C) Atractivo do pan para o consumidor; D) Rendibilidade e atractivo do pan ecolóxico con variedades autóctonas de trigo; E) Perfil do entrevistado (Figura 6.1). A segunda rolda contiña un número menor de preguntas (14), agrupadas en 4 bloques con 85 rexistros.

Para o tratamento e obtención da información aplicouse a análise de estatísticos descritivos (medias e agrupación da porcentaxe de resposta por categorías).

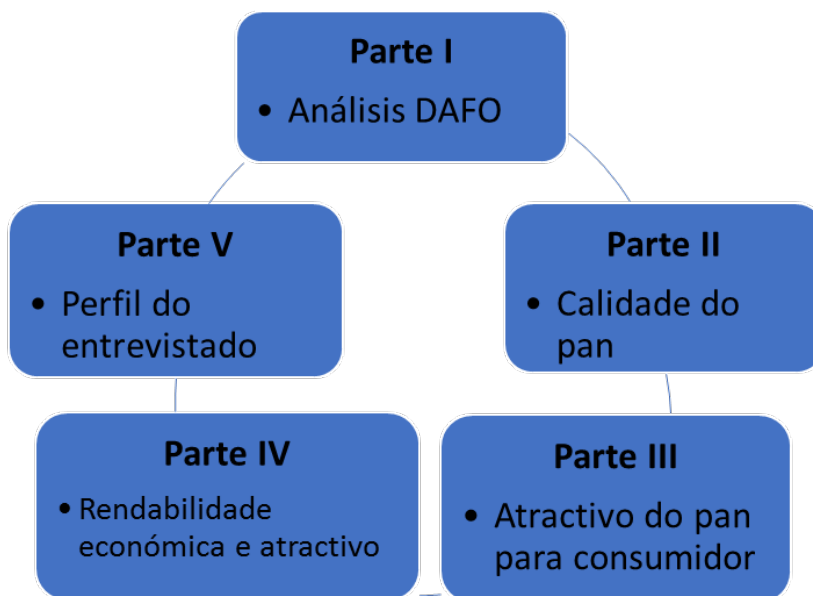


Figura 6.1. Estrutura do cuestionario.

Figure 6.1. Survey structure.

6.3. Resultados e discusión

Os resultados aquí presentados refírense polo xeral á segunda rolda de entrevistas, habendo outras de tipo dicotómico (si ou non) que so se fixeron na primeira rolda. Para cuantificar o grao de importancia das opinións dos expertos, utilizouse unha escala Likert de 5 puntos, sendo 1 Nada importante e 5 moi importante. Noutros casos, para facilitar a comprensión do entrevistado, escolleuse unha escala cunha maior amplitude de 0 a 10 puntos, sendo 0 sen importancia e 10 moi importante. Tamén hai outras preguntas que os expertos tiveron que responder abertamente (modificacións dos requisitos do IGP e obstáculos para que a actividade sexa rendible); estas analizáronse sobre as respostas da 1ª rolda de entrevistas.

6.3.1. Análise DAFO do sector agroecolóxico do trigo e pan en Galicia

111

Debilidades

Os expertos consideran como a debilidade máis relevante a falta de coñecemento dos beneficios do produto (I.1.3) (valor medio 4,2 puntos), sendo considerada polo 57% dos entrevistados como moi importante. Unha maior investigación, difusión e promoción dos efectos beneficiosos destes produtos tanto para a saúde como para o medio ambiente, mellorarían sen dúbida a percepción deles (Neira-Seijo e Neira-Cervera, 2018) (Táboa 6.1).

Debilidades		Valor medio
I.1.1	Debilidade 1- Menor rendemento produtivo	3,7
I.1.2	Debilidade 2- Menor resistencia a pragas/enfermidades	3,0
I.1.3	Debilidade 3- Descoñecemento do beneficio dos produtos	4,2
I.1.4	Debilidade 4- Maiores custos de produción	3,8
I.1.5	Debilidade 5- Maiores coidados no cultivo	3,2
I.1.6	Debilidade 6- Redución no número de produtores	3,9
I.1.7	Debilidade 7- Maior sensibilidade ao encamado	3,3
I.1.8	Debilidade 8- Falta tradición cultivo	2,7
I.1.9	Debilidade 9- Produto máis caro	3,7
I.1.10	Debilidade 10- Pouca oferta de produto no mercado	3,4
I.1.11(+)	Debilidade 11- Peor control de malas herbas	3,6
I.1.12(+)	Debilidade 12- Reducido tamaño das parcelas	4,1
I.1.13(+)	Debilidade 13- Falta información/formación produtores	4,0

Táboa 6.1. Listado de debilidades e puntuación media (2ª rolda).

Table 6.1. Weaknesses list and average punctuation (2nd round).

Unha segunda debilidade importante (valor medio 4,1 puntos), foi o pequeno tamaño das parcelas para o establecemento do cultivo ecolóxico de trigo con variedades autóctonas (I.1.12 (+)). Esta que aparece identificada por un símbolo mais foi recollida de maneira aberta polos expertos, trala 1ª rolda. Polo tanto, vemos como as características particulares da base territorial en Galicia, caracterizadas pola

excesiva parcelación (Corbelle e Crecente, 2008), limitan ou condicionan o establecemento deste cultivo, que poden precisar dunha maior superficie para compensar os menores rendementos do cultivo ecolóxico con variedades autóctonas.

Unha terceira debilidade, tan relevante como a anterior (valor medio 4,1 puntos), é a falta de información e formación dos produtores de trigo ecolóxico (I.1.13 (+)). Nun traballo recente sobre a conversión das explotacións de vacún de leite a ecolóxico en Galicia (Vázquez e col., 2020b), a falta de información antes de iniciar o proceso de conversión considérase como unha das principais limitacións.

Ameazas

Os expertos consideran a falta de apoio institucional como a ameaza máis relevante (valor medio, 4,4 puntos), sendo valorada polo 52% dos entrevistados como moi importante. Inda que dende a administración exista un apoio económico para as produción ecolóxicas, estes consideran que é insuficiente (Táboa 6.2).

Código	Ameaza	Valor medio
I.2.1	Ameaza 1- Competencia con outras variedades de trigo non autóctonas	3,9
I.2.2	Ameaza 2- Competencia co pan convencional industrial	3,6
I.2.3	Ameaza 3- Substitución do trigo por outras materias primas na elaboración de alimentos (legumes...)	3,2
I.2.4	Ameaza 4- Competencia polo uso da terra por outras actividades agroforestais	4,2
I.2.5	Ameaza 5- Consumo de produtos ecolóxicos se ralentice	3,3
I.2.6	Ameaza 6- Incapacidade dos produtos ecolóxicos para alimentar ao planeta	2,4
I.2.7	Ameaza 7- Ataques de fauna salvaxe	3,1
I.2.8	Ameaza 8- Poucas terras dispoñibles debido ao abandono	3,5
I.2.9 (+)	Ameaza 9- Baixa demanda de trigo (ecolóxico e autóctono)	3,8
I.2.10 (+)	Ameaza 10- Falta de apoio institucional	4,4
I.2.11 (+)	Ameaza 11- Plantacións forestais en terreos agrícolas	4,1

Táboa 6.2. Listado de ameazas e puntuación media (2ª rolda).

Table 6.2. Threats list and average punctuation (2nd round).

Unha segunda ameaza en importancia (valor medio 4,2), foi a competencia polo uso da terra por outras actividades agroforestais. Esta se atopa relacionada ca terceira ameaza, como son as plantacións forestais en terreos agrícolas (con un valor medio de 4,1 puntos). Para os expertos especies como o eucalipto, que en Galicia ten una gran presenza, compiten ou desprazan o establecemento de cultivos agrícolas tradicionais como o trigo; ademais, teñen problemáticas asociadas a maior vulnerabilidade fronte os incendios forestais.

Fortalezas

A fortaleza máis relevante e que se trata de produtos máis beneficiosos para a saúde e o medio ambiente (valor medio 4,9 puntos), sendo valorado polo 86% dos

entrevistados como moi importante. Pois inda que a falta de descoñecemento dos beneficios para a saúde se consideraba unha das grandes debilidades do sector, as persoas dedicadas ao sector ecolóxico saben os moitos beneficios que representan estes produtos para as nas nosas vidas. O problema radicaría no descoñecemento da poboación fóra deste sector, polo tanto, debería incentivarse dalgún xeito o interese nelas polo sector agroecolóxico (Táboa 6.3).

Código	Fortaleza	Valor medio
I.3.1	Fortaleza 1- Posibilidade de ofrecer ao consumidor un produto diferenciado	4,8
I.3.2	Fortaleza 2- Menor necesidade de abonos, herbicidas... (máis sostible)	4,1
I.3.3	Fortaleza 3- Pan elaborado de forma tradicional	4,6
I.3.4	Fortaleza 4- Pan con mellores propiedades organolépticas	4,7
I.3.5	Fortaleza 5- Mellor adaptación ás condicións agroclimáticas	4,1
I.3.6	Fortaleza 6- Favorece o dinamismo económico da zona	4,7
I.3.7	Fortaleza 7- Contribúe a conservación do medio natural e a paisaxe	4,6
I.3.8(+)	Fortaleza 8- Produtos máis beneficiosos para a saúde e para o medio ambiente	4,9

113

Táboa 6.3. Listado de fortalezas e puntuación media (2ª rolda).

Table 6.3. Strengths list and average punctuation (2nd round).

Unha segunda fortaleza, practicamente tan importante coma a primeira (valor medio 4,8 puntos, 81% dos entrevistados o considera moi importante), foi a posibilidade de ofrecer os consumidores un produto diferenciado. Unha terceira fortaleza, bastante importante (valor medio de 4,7 puntos e unha valoración do 76% dos entrevistados como moi importante), foi o pan coas mellores propiedades organolépticas. Algunhas das características fundamentais para os consumidores son o intenso sabor do pan, ou mesmo a súa frescura, características moi distinguidas e notables na variedade de trigo autóctono e ecolóxico segundo os resultados obtidos (García-Gómez e Romero-Rodríguez, 2018).

Oportunidades

Os expertos consideran como a principal oportunidade o aproveitamento da boa imaxe do produto galego no exterior (valor medio 4,6 puntos; sendo valorado polo 95% dos entrevistados como bastante ou moi importante). Galicia, destaca pola calidade do sector do pan, que ao longo dos anos permitiu cubrir todo o país coas súas características organolépticas distinguidas. Por outra banda, a nova *IXP "Pan Galego"* se agarda que reforce este recoñecemento no exterior (Táboa 6.4).

Unha segunda oportunidade igual de importante que a anterior (valor medio 4,6 puntos; cunha valoración moi importante / bastante importante segundo o 86% dos entrevistados), é relativo as axudas á produción ecolóxica. Se é certo, que desde hai uns anos aumentaron as axudas ao sector ecolóxico, sen embargo existe un maior potencial de apoio.

Código	Oportunidade	Valor medio
I.4.1	Oportunidade 1- Demanda crecente de produtos ecolóxicos	4,5
I.4.2	Oportunidade 2- Diminución do custo de produción en ecolóxico	3,9
I.4.3	Oportunidade 3- Maiores puntos de venda para o pan (en ecolóxico)	4,0
I.4.4	Oportunidade 4- Aproveitamento das terras abandonadas para o trigo	4,2
I.4.5	Oportunidade 5- Existencia dunha futura IXP "Pan Galego"	4,1
I.4.6	Oportunidade 6- Existencia de axudas para a produción en ecolóxico	4,6
I.4.7	Oportunidade 7- Aproveitamento da boa imaxe do produto galego no exterior	4,6
I.4.8	Oportunidade 8- Mellora na promoción deste tipo de pan (en ecolóxico)	4,3
I.4.9 (+)	Oportunidade 9- Realización de convenios con escolas, colectividades... para potenciar o seu consumo	4,3
I.4.10 (+)	Oportunidade 10- Mellorar con evidencias científicas a imaxe beneficiosa do trigo para a saúde	4,5
I.4.11 (+)	Oportunidade 11- Ofrecer ao consumidor un produto de calidade a un prezo competitivo	4,5
I.4.12 (+)	Oportunidade 12- Mellorar o etiquetado do pan (máis claro, visual...)	4,0
I.4.13 (+)	Oportunidade 13- Mellorar a colocación do pan a hora de comercializalo (separado...)	3,9

Táboa 6.4. Listado de oportunidades e puntuación media (2ª rolda).

Table 6.4. Opportunities list and average punctutation (2nd round).

Existen outras tres oportunidades consideradas de gran importancia (valor medio 4,5 puntos), como son a crecente demanda de produtos ecolóxicos, mellorar con evidencias científicas a imaxe beneficiosa do trigo para a saúde ou ofrecer o consumidor un produto de calidade a un prezo competitivo. Nos últimos anos, a demanda interna de produtos ecolóxicos aumentou significativamente (Vázquez e col., 2020a), grazas entre outros factores a cambios nos hábitos de consumo dos consumidores e os novos estilos de vida máis saudables (Hughner e col., 2007; Olaizola e col., 2012).

6.3.2. Outras consideracións sobre o contexto agroecolóxico do trigo e pan do país en Galicia

As principais consideracións sobre o cultivo de trigo ecolóxico con variedades autóctonas relacionadas coa produción, o seu incentivo ou a alternativa ás especies forestais ou ao abandono, aparecen a continuación. As respostas ás preguntas da táboa 6.5, son de tipo dicotómico (Si ou Non), e só se formularon na primeira rolda de entrevistas.

Código	Consideración	Nº resposta Favorable (Si)
I.5.A	¿A inclusión dunha axuda específica aumentaría a produción de variedades autóctonas de trigo?	19
I.5.B	¿Considera que hai suficiente produción de pan (ecolóxico e con variedades autóctonas de trigo) para o consumo actual?	3
I.5.C	¿Podería ser unha alternativa o cultivo ecolóxico de variedades autóctonas de trigo fronte a plantación forestal de parcelas agrícolas?	17
I.5.D	¿Podería ser unha alternativa o cultivo ecolóxico de variedades autóctonas de trigo fronte o abandono/matogueirización?	19

Táboa 6.5. Listado de cuestións relativas á produción de trigo ecolóxico con variedades autóctonas.

Table 6.5. Questions's list regarding to organic wheat production with autoctonus varieties.

Cas seguintes preguntas de tipo cuantitativo, valoradas en 2ª rolda de entrevistas, puidemos corroborar as opinións das preguntas anteriores (Táboa 6.6).

115

As dúas primeiras cuestións están ligadas á alternativa do cultivo orgánico de variedades autóctonas de trigo fronte á plantación forestal de parcelas agrícolas e fronte ao abandono / matogueira. Son de gran valor para os nosos expertos (valor medio de 4,5 puntos e 4,7 puntos sobre 5).

A terceira e a cuarta cuestións formuladas aos expertos están relacionadas co consumo de produtos ecolóxicos. O primeiro é a evolución do consumo de produtos ecolóxicos nos últimos anos (valor medio 4,4 puntos) e o seguinte, a súa visión de futuro nos próximos 10 anos (valor medio 4 puntos). Vemos que hai unha valoración globalmente positiva do comportamento do consumo de produtos ecolóxicos, algo mais moderada cara o futuro o cal e comprensible pois son comportamentos que aínda non sucederon. Segundo o informe anual presentado por Ecovalia no primeiro trimestre de 2020, o sector orgánico segue aumentando e gaña consumidores. A superficie aumentou en 2019 un 7,8% respecto ao ano anterior e o gasto anual per cápita pasou de 42 a 46,6 euros (Táboa 6.6).

Código	Consideración	Valor medio
I.5.C.1*	Valore o grao de importancia da alternativa do cultivo ecolóxico de variedades autóctonas de trigo fronte á plantación forestal de parcelas agrícolas	4,5
I.5.D.1*	Valore o grao de importancia da alternativa do cultivo ecolóxico de variedades autóctonas de trigo fronte ao abandono/matorralización	4,7
I.5.E-	¿Como valora o consumo de produtos ecolóxicos nos últimos anos?	4,4
I.5.F-	¿Cómo cree que evolucionará o consumo de produtos ecolóxicos nos próximos 10 anos?	4,0

*Grao de importancia: 1 Nada importante, 2 Pouco importante, 3 Importancia media, 4 Bastante importante, 5 Moi importante. - 1 Moita redución, 2 Pouca redución, 3 Estable, 4 Pouco aumento, 5 Moito aumento

Táboa 6.6. Listado de cuestións relativas ao grao de importancia da alternativa de trigo ecolóxico e autóctono, xunto coa evolución do consumo de produtos ecolóxicos.

Table 6.6. Questions's list regarding degree of importance of organic wheat and autoctonus alternative, together the evolution of the consumption of organic products.

6.3.3. Importancia dos requisitos para a comercialización de pan baixo a IXP “Pan Galego”

Dentro do bloque 2 de calidade de pan se preguntou os expertos se consideran necesario facer algunha modificación nos requisitos actualmente impostos para poder comercializar pan baixo a indicación xeográfica protexida (IXP) “Pan Galego”. Os requisitos requiren que teña unha forma específica (hai catro: “fogaza”, “rosca”, “bola” e “barra”), dimensións, pesos determinados, codia e miolo, ademais da proporción de fariña de trigo autóctona na mestura para a súa preparación debe ser igual ou superior ao 25% e que o pan se produza dentro de Galicia. Ademais, non está permitido o uso de lévedos ou aditivos químicos, nin fariñas que os conteñan, empregando só materias primas auga, fariña, masa fermentada, fermento biolóxico comercial (*Saccharomyces cerevisiae*) e sal.

116

O 62% dos entrevistados está a favor de facer algunha modificación ou incluír algún novo requisito. Logo unha porcentaxe similar do 19% non faría ningún cambio ou non respondeu á pregunta, ben porque non queren ou por descoñecemento (Figura 6.2).

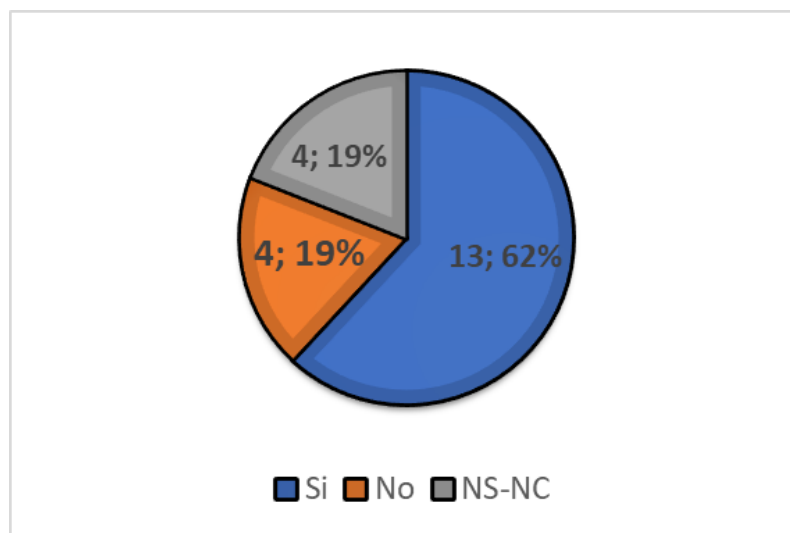


Figura 6.2. ¿Considera necesario realizar modificaciones nos actuais requisitos da IXP “Pan Galego”? (1ª rolda).

Figure 6.2. Is to make changes in the current objectives of the PGI “Pan Galego” necessary? (1st round).

A modificación máis mencionada é aumentar a porcentaxe de fariña de trigo autóctona, que actualmente ten o límite máximo do 25%. Un total de 6 entrevistados, que representan a metade dos que farían modificacións, afirman que este límite é moi baixo, xa que supón un engano para o consumidor e hai trigo autóctono suficiente para elevalo en valores próximos ao 40%. Relacionado con isto, está a proposta de 2 dos entrevistados que propoñen que o resto do trigo que se aporta se produza en Galicia (Táboa 6.7).

Código	Requisitos	Nº de expertos
II.2.1.1	Aumentar % de fariñas de trigo autóctono	6
II.2.1.2	Que o resto do trigo sexa producido en Galicia (etiquetado indicando a orixe do trigo)	2
II.2.1.3	Permitir outros tipos de conservación do pan saudables, para chegar máis lonxe na distribución	3
II.2.1.4	Permitir o emprego de maquinaria que faga máis eficiente e cómodo o proceso produtivo	2
II.2.1.5	Outros requisitos (no límite de pesos, ampliar as variedades de trigo ou reducir a % de trigo autóctono)	3

Táboa 6.7. Modificacións IXP “Pan Galego”

Table 6.7. PGI modifications “Pan Galego”

Outra das modificacións, proposta por 3 expertos, é permitir outros tipos de conservación saudable do pan (como pre-conxelalo), para que vaian así máis lonxe na distribución. Así como, por outra banda, permitir o uso de maquinaria que faga o proceso de produción máis eficiente e cómodo (2 entrevistados).

6.3.4. Rendibilidade e atractivo da actividade trigo/pan autóctono galego ecolóxico

Na primeira rolda de entrevistas, preguntouse aos expertos sobre os obstáculos que ven para que a produción de pan ecolóxico con variedades de trigo autóctono sexa unha actividade economicamente rendible para todos os eslabóns da cadea.

O 90% total dos expertos entrevistados (19) mencionan algún obstáculo, acadando un total de 32 obstáculos (11 expertos declararon 1, 5 expertos 2, 2 expertos 3 e 1 experto 5) que se agruparon en 7 categorías (Figura 6.3, táboa 6.8).

O obstáculo que máis se mencionou (6 entrevistados), polo tanto, o máis relevante son os intermediarios, o considerar que non pagan un prezo xusto polo produto que empregan, o que fai que a oferta deste produto sexa escasa.

O mercado é outro obstáculo importante, xa que 6 dos 21 expertos entrevistados o consideran. Asocian a este obstáculo factores tales como a entrada de trigo ecolóxico de fora, a pouca demanda de este produto unido a reducida oferta de produtores de trigo autóctono ecolóxico, ademais do baixo prezo pagado o produtor. Relacionado con isto último, hai 5 expertos que consideran un obstáculo á baixa rendibilidade do cultivo de trigo, afirmando que hai un rendemento produtivo máis baixo e custes de produción máis altos que finalmente non se compensan co prezo pagado ao produto (Figura 6.3).

Existen outros obstáculos (4 expertos) coma son a mellora da promoción e comunicación das vantaxes do produto con respecto o convencional, o seu etiquetado ou mesmo a adecuada colocación do produto de maneira que permita diferenciarse do convencional (Táboa 6.8).

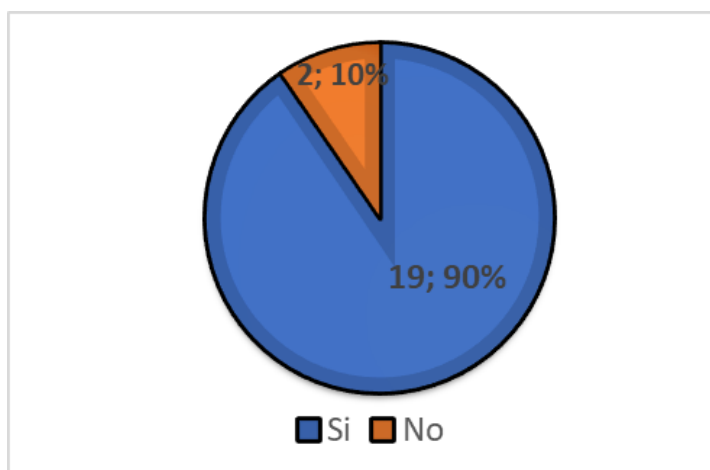


Figura 6.3. Obstáculos a rendibilidade do pan ecolóxico con variedades autóctonas (1ª rolda).

Figure 6.3. Profitability's Obstacles for organic bread with autochthonus varieties (1st round).

Categoría	Descrición	Nº de expertos
1-INTERMEDIARIOS	Fundamentalmente son as panaderías e fariñeiras que pagan pouco aos produtores de trigo e non cobren os custos de produción	6
2-AXUDAS PRODUCTOR	Que se produza en Galicia	3
3-TERRAS	Falta de terras de boa calidade, cun tamaño insuficiente	3
4-BAIXA RENTABILIDADE TRIGO	Maior custo de produción e baixo rendemento	5
5-PROMOCIÓN, ETIQUETADO, COLOCACIÓN	Mellorar a promoción e comunicación do produto con respecto ao convencional, seus etiquetados e colocación	4
6-MERCADO	Entra trigo ecolóxico de fora, pouca demanda de produto, poucos produtores de trigo, pouca oferta de produto e baixo prezo pagado polo consumidor	6
7-OUTROS	Falta de información/formación do produtor, requisitos IXP, danos causados polo xabarín, menor resistencia ao encamado e contaminación	5

Táboa 6.8. Obstáculos a rendibilidade do trigo/pan local ecolóxico galego.

Table 6.8. Profitability's obstacles for organic wheat/bread and local.

Na parte final da entrevista da segunda rolda, hai dúas preguntas que tratan de cuantificar o diferencial de prezo (% de sobreprezo) que os expertos consideran que un produto ecolóxico de variedades autóctonas 'Calobre' ou 'Caaveiro' (kg de trigo ou barra de pan) debe valer máis con respecto a outras variedades comerciais convencionais. Tamén se recolleu de maneira aberta o prezo que deberían ter ambos produtos para ser rendibles economicamente a todos os eslabóns da cadea (Figura 6.4).

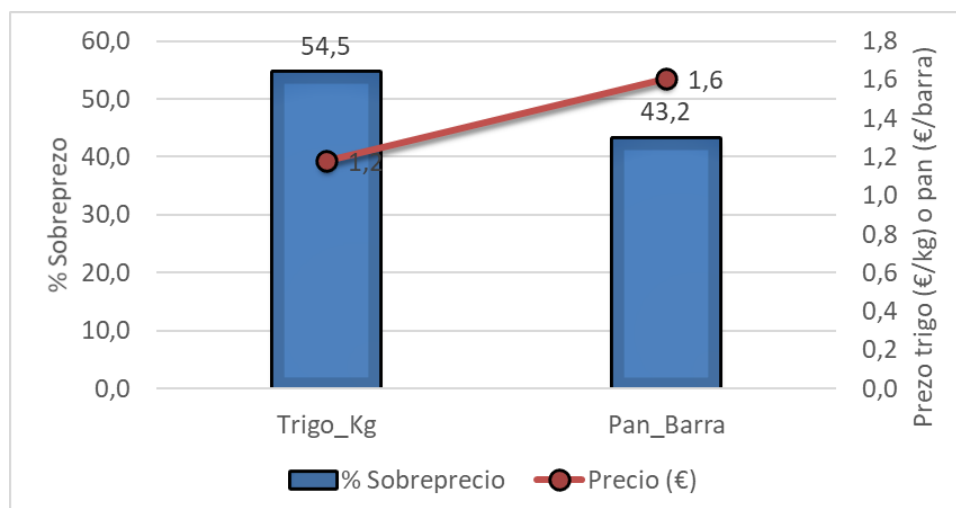


Figura 6.4. Valoración do sobreprezo trigo/pan ecolóxico con variedades autóctonas con respecto ao convencional.

Figure 6.4. Overprice assessment of organic wheat/bread with autochthonous varieties with respect to conventional ones.

A práctica totalidade dos entrevistados (entre 17 e 19) responde a estas preguntas. O sobreprezo medio que consideran que debería ter o trigo ecolóxico con variedades autóctonas é do 54,5% sobre a convencional. Non hai consenso, xa que hai unha gran variación nas respostas (desviación típica elevada), por iso que estes datos deberán interpretarse con cautela. O mesmo ocorre no valor medio que os expertos consideran que debería valer 1 kg de trigo, de media 1,2 €.

O sobreprezo que debería acadar unha barra de pan coas especificacións anteriores é algo menor (43%), ao igual que a variación nas respostas. Tamén é maior o grao de consenso do valor medio que debería de acadar unha barra de pan ecolóxica con variedades autóctonas de trigo (1,6 € barra).

6.4. Bibliografía

- Belderok, B., Mesdag, H., & Donner, D. A. (2013). *Bread-making quality of wheat: a century of breeding in Europe*. Springer Science & Business Media.
- Callejo González M. J. (2002). *Industrias de cereales y derivados*. 1ª edición. Tecnología de alimentos. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid – España
- Corbelle, E., & Crecente, R. C. (2008). El abandono de tierras: concepto teórico y consecuencias. *Revista Galega de Economía*, 17(2): 1-15.
- Domínguez-Torreiro, M., & Gómez-Rodríguez, F. (2013). Pagos agroambientales y productores agrarios: un análisis Delphi de las percepciones y demandas de los ganaderos beneficiarios de los programas de ayudas. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 236, 81-118.
- Eurostat (2020). Corina land cover. Año 2015. Disponible en <https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do> [xullo, 2021].

- García Gómez, M.B. & Romero Rodríguez, M.A. (2018). ¿Qué nos dicen nuestros sentidos sobre el pan? En: Romero, M.A y Pereira, S. (coordinadores). Respostas as preguntas sobre o pan e o cereal galego. Monografías do Ibader – Serie Recursos Alimentarios 1. Ibader. Universidade de Santiago de Compostela. Lugo
- Hughner, R.S, McDonagh, P., Prothero, A., Shultz, C.J. & Stanton, J. (2007). Who are organic food consumers? A compilation and review of why people purchase organic food. *Journal of Consumer Behaviour* J.Consumer Behav,6: 94–110. <https://doi.org/10.1002/cb.210>
- Kerby, K., & Kuspira, J. (1987). The phylogeny of the polyploid wheats *Triticum aestivum* (bread wheat) and *Triticum turgidum* (macaroni wheat). *Genome*, 29(5), 722-737. <https://doi.org/10.1139/q87-124>.
- Kimber, G. & Sears, E.R. (1983). Evolution in the genus *Triticum* and the origin of cultivated wheat. Pp: 154-164 in *Wheat and Wheat Improvement*. Am. Soc. Agron, Monograph No. 13. ASA. Madison. Wisconsin.
- Landeta J (2002). El método Delphi. Una técnica de previsión del futuro. Ariel, España, 223 pp.
- MAPA (2019). Agricultura ecológica, estadísticas 2018. Servicio de publicaciones del MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), Madrid, 2019.
- Mundopan (2015). El origen del pan y su historia hasta nuestros días. Disponible en: <https://mundopan.es/el-origen-del-pan-y-su-historia-hasta-nuestros-dias-cereal/> [Xullo, 2021]
- Neira Seijo, X. y Neira Cervera, M. (2018). ¿Por qué cultivo ecológico de cereales? En: Romero, M.A y Pereira, S. (coordinares). Respostas as preguntas sobre o pan e o cereal galego. Monografías do Ibader – Serie Recursos Alimentarios 1. Ibader. Universidade de Santiago de Compostela. Lugo
- Olaizola, A., Bernués, A., Blasco, I., & Sanz, A. (2012). Perspectivas de una carne de calidad diferenciada: análisis exploratorio para la carne de vacuno “Serrana de Teruel”. *Información Técnica Económica Agraria*, 108, 1-17.
- Omil, B. y Merino, A. (2018). Con los pies en la tierra, ¿Cuál es la calidad de los suelos para cultivar cereales? En: Romero, M.A y Pereira, S. (coordinadores). Respostas as preguntas sobre o pan e o cereal galego. Monografías do Ibader – Serie Recursos Alimentarios 1. Ibader. Universidade de Santiago de Compostela. Lugo
- Vázquez González, I. V.; Argul Saavedra, V.; Díaz Hernández, M.B. (2020a). Hábitos De Consumo De Los Productos Ecológicos En La Provincia De Lugo (España). *Brazilian Journal of Agroecology and Sustainability*, 2 (2). <https://doi.org/10.52719/bjas.v2i2.3754>.
- Vázquez González, I.V.; Rojo Pombo, C.; Pérez Fra, M.M; Pouliquen Kerlau, X. (2020b). Análisis del proceso de reconversión a ecológico de las explotaciones de vacuno de leche en Galicia. A agricultura e os desafíos secietais para o período 20-30. Actas IX Congreso da Associação Portuguesa de Economía Agraria.
- Willer, H., & Lernoud, J. (2019). The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2019 (pp. 1-336). Research Institute of Organic Agriculture FiBL and IFOAM Organics International.

CAPÍTULO 7. ANÁLISE ECONÓMICA COMPARATIVA DA PRODUCCIÓN DE TRIGO ECOLÓXICO FRONTE Á CONVENCIONAL

CHAPTER 7. COMPARATIVE ECONOMIC ANALYSIS OF ECOLOGICAL WHEAT PRODUCTION AGAINST CONVENTIONAL

Vázquez-González I¹, Martínez-García D².

¹Departamento de Economía Aplicada, Escola Politécnica Superior de Enxeñaría de Lugo, Universidade de Santiago de Compostela (USC), 27002 Lugo, España; iban.vazquez.gonzalez@usc.es Tfno: +34 982823224 Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5078-0525>

²Escola Politécnica Superior de Enxeñaría de Lugo, Universidade de Santiago de Compostela (USC)

Resumo

O obxectivo deste traballo é realizar unha análise económica comparativa da produción de trigo autóctono galego (variedade 'Caaveiro') en cultivo ecolóxico fronte o convencional. O material empregado son os resultados técnico-económicos obtidos do ensaio experimental descrito no capítulo 2. Realízase unha análise económica comparativa (€/ha) sobre os rendementos medios das 4 repeticións e con dous índices de prezos do trigo (ideal e real). Tamén se empregan as técnicas de análises de inversión custe-beneficio e determínanse valores limiares e análises de sensibilidade. Os resultados confirman que a produción ecolóxica xera unha maior marxe neta ca convencional. O beneficio é de 160,7 €/ha superior no caso de establecer os prezos ideais e de 11,9 €/ha en condicións reais. Nestas condicións a produción ecolóxica é menos beneficiosa ca convencional se se producen incrementos do prezo do trigo e do rendemento superiores o 12% e baixadas dos custes totais por riba do 10%.

Abstract

The aim of this work is to carry out a comparative economic analysis of Galician autochthonous wheat ('Caaveiro' variety), between organic and conventional. The material used are technical-economic results obtained from an experimental test, described in chapter 2. A comparative economic analysis is carried out, using the average's yields of 4 repetitions and 2 prices index (ideal and real). Also, cost-benefit analysis investment techniques are used, and threshold values and sensitive analysis are performed. The results confirm that organic production generate an economic net margin superior to conventional. The net margin is 160,7 €/ha higher in the case of ideal prices, and of 11,9 €/ha in real conditions. Under these conditions, organic production is less profitable than conventional, if there are increments in wheat's price and yields greater than 12% and reductions in the cost of production greater than 10%.

Palabras chave: Análise custe-beneficio, sustentabilidade económica, ecolóxico, convencional, trigo 'Caaveiro'

Keywords: cost-benefit analysis, economic sustainability, organic, conventional, trigo 'Caaveiro'

7.1. Introducción

A orixe do trigo remóntase a Mesopotamia (Siria, Iraq, Xordania, Turquía) hai aproximadamente 10.000 anos en Oriente Medio, nas concas dos ríos Tigris, Éufrates e Xordania (Sahuquillo & Fraga, 1991). Durante o transcurso do tempo, se foi estendendo o resto do mundo, habendo constancia da súa incorporación en Galicia en épocas próximas o século IV a.C. (Téllez & Ciferri, 1954).

122

En Galicia o trigo é esencial na cultura, gastronomía e tradicións. O longo da historia se produciron unha gran variedade de tipos autóctonos; sen embargo, a tendencia actual é a considerar unha única especie (Kerby e Kuspira, 1987), de maneira que nas últimas catro décadas o cultivo de trigo autóctono galego diminuíu nun 50%, chegando a existir unha seria ameaza de desaparición. Neste sentido foron verdadeiramente importantes as investigacións levadas a cabo polo Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo, para a recuperación e conservacións de variedades autóctonas de trigo (87 variedades locais procedentes de 44 municipios) no seu banco de xermoplasma. As principais variedades autóctonas cultivadas en Galicia son 'Callobre' e 'Caaveiro', de destacada relevancia polo seu sabor, textura e adecuación para a preparación de pan tradicional galego. Recentemente ca aprobación da IXP "Pan Galego", logo de 20 anos de traballo e trámites burocráticos, se abre novas oportunidades para a produción de trigo destas variedades autóctonas (Friol-Camilo, 2020).

A agricultura ecolóxica, que se basea nunha serie de principios e obxectivos para minimizar o impacto do home sobre o medioambiente (Mateos e col., 2014), experimentou un notable crecemento nos últimos anos (Vázquez e col. 2020a), grazas entre outros factores a cambios nos hábitos de consumo dos consumidores e os novos estilos de vida máis saudables (Hughner e col. 2007; Olaizola e col. 2012). A pesar deste importante crecemento existen algunhas limitacións na produción ecolóxica como a falta de información, formación, alternativas o emprego de agroquímicos, o maior prezo de venda en comparación os produtos convencionais, os menores rendementos produtivos ou os maiores custes de produción (Vázquez e col., 2020b). Neste sentido o traballo que aquí presentamos pretende aportar coñecemento sobre se a produción de trigo ecolóxico con variedades autóctonas é unha alternativa viable en termos económicos fronte a produción en convencional.

O obxectivo deste traballo que forma parte do proxecto de investigación da agrupación estratéxica BIORREDES da USC "dende a produción á panificación do trigo galego 'Caaveiro' en cultivo ecolóxico vs. convencional" é realizar unha análise económica comparativa da produción de trigo autóctono galego (variedade 'Caaveiro') en cultivo ecolóxico fronte o convencional.

7.2. Material e métodos

O material empregado son os resultados técnico-económicos obtidos dun ensaio experimental realizado, entre decembro de 2019 e xullo de 2020, nunha finca localizada no termo municipal de Carral (A Coruña) (Referencia Catastral: 15021A001003320000RR) pertencente o grupo panadeiro Da Cunha. O deseño experimental da finca é o descrito no capítulo 2.

Un Enxeñeiro Agrónomo do grupo Da Cunha (Fernando Almeida), foi o encargado de subministrar a información técnico-económica resultante do ensaio. Ademais, na parte económica se recorreu a diferentes fontes públicas para a avaliación de custes (MAPA, 2021a,b), ingresos (Clickgasoil, 2021), e o resultado económico (marxe neta) (ECREA, 2016).

As actuacións realizadas, e os equipos empregados nas parcelas de ensaio durante o período de establecemento do cultivo son:

1) **PREPARACIÓN DO TERREO** (convencional e ecolóxico): **Arado Chisel** (2,5 m ancho traballo e 0,4 m profundidade; rendemento 0,5 h/ha; custe amortización 0,75 €/ha; custe mantemento 1,10 €/ha). **Grade de refino** (3 m ancho traballo e 0,2 m profundidade; rendemento 0,5 h/ha; custe amortización 1,8€/ha; custe mantemento 0,75 €/ha). **Tractor Massey Ferguson 7480 Dyna VT**, 150 CV (empregado con arado chisel e grade de refino) (custe amortización 16,52 €/ha; custe gasóleo 13,42 €/ha; custe mantemento 4,46 €/ha; custe man obra 6,75 €/ha; seguro 0,4 €/ha).

2) **SEMENTEIRA** (convencional e ecolóxico): **Semente** de TRIGO ‘Caaveiro’ (140 Kg/ha (custe 0,70 €/kg)). **Grade rotativa + sementadora pneumática** (3 m de ancho de traballo; rendemento 0,85 h/ha; custe amortización 7,65 €/ha; custe mantemento 3,7 €/ha). **Tractor** (custe amortización 14,03 €/ha; custe gasóleo 11,39 €/ha; custe mantemento 3,79 €/ha; custe man de obra 5,73 €/ha; custe seguro 0,34 €/ha).

3) **TRATAMENTO HERBICIDA PREEMERXENCIA** (Convencional): **Herbicida** (PENDIMETALINA 40% p/v. Doses 4 L/ha (coste 11,2 €/L) + SC: ROUNDUP Plus, Monsanto GLIFOSATO 36% (Sal isopropilamina) p/v. Doses 3 L/ha e custe 3,5 €/L) (coste herbicida preemerxencia 55,3 €/ha)). **Pulverizador hidráulico** (jarmet 600 L Lemken Sirius 1900; rendemento 0,15 h/ha; custe amortización 0,54 €/ha; custe mantemento 0,54 €/ha). **Tractor** (custe amortización 2,476 €/ha; custe gasóleo 2,01 €/ha; custe mantemento 0,669 €/ha; custe man de obra 1,01 €/ha; custe seguro 0,06 €/ha).

4) **TRATAMENTO HERBICIDA POST-EMERXENCIA** (Convencional): **Herbicida trigo** (BISONTE, Massó, PROSULFOCARB 80% (Sal isopropilamina) p/v. UL (doses 3 L/ha; coste 9,25 €/L) + MOHICAN, Sapec, DIFLUFENICAN 50% p/v. SC (doses 0,150 L/ha; coste 9,18 €/L) + GLEAN, Dupont, CLORSULFURON 75% (doses 0,015 Kgr/ha; coste 49,90 €/0,1Kg) (custe herbicida post-emerxencia (36,612 €/ha)). **Pulverizador hidráulico** (jarmet 600L Lemken Sirius 1900; rendemento 0,15 horas/ha; custe amortización 0,54 €/ha; custe mantemento 0,54 €/ha). **Tractor** (custe

amortización 2,476 €/ha; custe gasóleo 2,01 €/ha; custe mantemento 0,669 €/ha; custe man de obra 1,01 €/ha; custe seguro 0,06 €/ha).

5) COLLEITA (Convencional e ecolóxico): **Colleitora autopulsada deuf 10.080** (rendemento 1,25 h/ha; custe amortización 4,82 €/ha; custe mantemento 11 €/ha; custe gasóleo 13,72 €/ha; custe man de obra 8,437 €/ha; custe seguro 0,21 €/ha).

Contéplase outro tipo de custes como son o arrendamento da terra (127 €/ha) (Agader, 2021) ou mesmo o seguro dos cultivos (7,85 €/ha) (Ruiz Díez, 2015).

Para a análise económica comparativa (trigo ecolóxico *versus* trigo convencional), empréganse as técnicas de análises de inversión tipo custe-beneficio ou presupostos parciais (Olaizola e col. 1996). A partir da información técnico-económica xerada, determínanse os beneficios da alternativa escollida (Opción A- produción ecolóxica) (aumento de ingresos ecolóxico (Ia) e redución de custes convencional (Cb)) e os custes da situación de partida (Opción B- produción convencional) (redución de ingresos convencional (Ib) e aumento dos custes ecolóxico (Ca)) para o valor promedio dos rendementos produtivos (Táboa 7.1, Ecuación 7.1). Se o beneficio supera o custe, a alternativa (Opción A en Ecolóxico) ten un maior interese económico.

	R1	R2	R3	R4	Promedio
Trigo produción convencional (Kg)	9,5	9,8	13,8	3,6	9,2
Rto. Kg/ha	1583,3	1633,3	2300,0	600,0	1529,2
Trigo produción ecolóxica (Kg)	5,9	7,6	8,7	2,6	6,2
Rto. Kg/ha	983,3	1266,7	1450,0	433,3	1033,3

Táboa 7.1. Produción (kg) e rendementos produtivos (kg/ha).

Table 7.1. Production (kg) and productive yields (kg/ha).

$$\blacktriangle Ia + \blacktriangledown Cb > \blacktriangledown Ib + \blacktriangle Ca$$

Ia- aumento de ingresos ecolóxico; Cb- redución de custes convencional; Ib- redución de ingresos convencional; Ca- aumento dos custes ecolóxico

Ecuación 7.1. Fórmula análise custe-beneficio.

Equation 7.1. Formula of analysis cost-benefit.

Ademais, se determinan os resultados económicos (Marxe neto-MN), diversos ratios (% MN s. Ingresos; I/C; MN/C; MN/kg trigo), límite de rendibilidade (rendemento produtivo mínimo, prezo trigo mínimo) e diferentes análises de sensibilidade con simulacións (+25%) nos custes totais, prezo do trigo ou rendementos produtivos.

7.3. Resultados e discusión

7.3.1. Estrutura de custes

Na táboa 7.2 se recóllese de maneira sintética os custes produtivos por principais partidas, seguindo para elo a agrupación proposta nos informes ECREA (2016). Os custes do ensaio experimental, foron extrapolados a gran parcela (€/ha).

Estructura custes (€/ha) (MET. ECREA)		Convencional	Ecolóxico	Diferencia (Conv-Eco)
VARIABLES	Semente	98,0	98,0	0,0
	Fertilizantes	0,0	0,0	0,0
	Directos Fitosanitarios-Herbicidas	91,9	0,0	91,9
	Seguros cultivo	7,9	7,9	0,0
	SUBTOTAL Directos	197,8	105,9	91,9
	Combustible	42,6	38,5	4,0
	Maquinaria Mantemento	27,2	24,8	2,4
	Man de obra	22,9	20,9	2,0
	SUBTOTAL Maquinaria	92,7	84,2	8,5
	Seguros maquinaria	1,1	1,0	0,1
FIXOS	Indirectos Canon arrendamento	127,0	127,0	0,0
	SUBTOTAL indirectos	128,1	128,0	0,1
	SUBTOTAL AMORTIZACIÓNS	51,6	45,6	6,0
TOTAL CUSTES		470,1	363,6	106,5

125

Táboa 7.2. Estrutura resumida de custes unitarios (€/ha).

Table 7.2. Summarized structure of unitary costs (€/ha).

O custe total, comprende a suma dos custes directos (sementes, fertilizantes, fitosanitarios e seguros do cultivo), de maquinaria (combustible, mantemento e man de obra), dos indirectos (seguros maquinaria e canon arrendamento) e as amortizacións técnicas. No caso da parcela convencional os custes totais ascenderon a 470,1 €/ha, sendo os custes directos a principal partida cun 42,1% dos custes totais, seguidos polos de tipo indirecto (27,3%). O custe total da parcela ecolóxica ascende a 363,6 €/ha, un 22,65% inferior o da convencional (-106,5 €/ha). Isto se debe principalmente os menores custes directos, da orde da metade (-91,9 €/ha), o non precisar de fitosanitarios/herbicidas. En comparación cos resultados doutros traballos (Ruiz Díez, 2015), os nosos custes son superiores (64,9% no caso de convencional e 52% en ecolóxico). Isto pode estar condicionado polo feito de que Ruiz Díez (2015), fixo a súa análise económico comparativa nunha finca 52 ha de cultivo de trigo ecolóxico en condición reais na localidade de Berdejo (Zaragoza), durante a campaña 2014; lle sae un custe total de produción en convencional de 285 €/ha e en ecolóxico un 16,1% inferior (239,25 €/ha). En relación, a publicación ECREA (2016) o subtotal de custes en convencional para o trigo branco, que

ascenden a 566,99 €/ha, son un pouco superiores os nosos (20,6%); isto pode deberse a que no noso caso non consideramos custes de fertilización, nin cargas sociais, nin contribución, impostos e intereses polo capital invertido.

7.3.2. Estrutura de ingresos e marxe económica

Para a determinación dos ingresos unitarios (€/ha) se considera unicamente os ingresos da venda de trigo. A diferenza do que sucede noutros estudos, non se consideran nin subvencións que poida haber asociadas os cultivos, nin calquera tipo de axuda a producións ecolóxicas (Ruiz Díez, 2015). Os ingresos se calculan multiplicando o rendemento medio das 4 repeticións do ensaio (1529 kg/ha en convencional e 1033 kg/ha en ecolóxico) por dous posibles escenarios de prezos unitarios do trigo: un de tipo ideal, obtido dun estudo DELPHI (capítulo anterior desta monografía) para que a actividade sexa rendible a todos os eidos da cadea (1,2 €/kg en ecolóxico e 0,78 €/kg en convencional); outro real, en función do valor de mercado considerado en 2020 polo grupo panadeiro Da Cunha por trigo da variedade 'Caaveiro' (0,5 €/kg en ecolóxico e 0,4 €/kg en convencional).

No noso estudo cabe destacar o inferior rendemento produtivo (un 32,4% menos) das producións ecolóxicas fronte as convencionais. Isto é algo que se confirma en diversos traballos coma o Mateos e col., (2014) que obteñen un rendemento produtivo de gran de trigo en ecolóxico (832 kg/ha) un 42,3% inferior a convencional. Ruiz Díaz (2015), sinala un rendemento produtivo tamén inferior en ecolóxico, inda que neste caso é só dun 4% menos. No caso de Galicia se estima para o ano 2018 un rendemento do trigo ecolóxico de 2,09 t/ha (MAPA, 2019), fronte os 2,65 t/ha en convencional (MAPA, 2020), rendemento que sería un 21,1% inferior en ecolóxico.

En relación os ingresos se ven moi condicionados polo prezo do trigo. Así no escenario 1 (prezo trigo obtido método Delphi), máis favorable e de tipo ideal, os ingresos totais ascenden a 1186 €/ha en convencional e 1240 €/ha en ecolóxico. No caso do escenario 2 (prezo trigo mercado grupo Da Cunha), máis realista, se sitúan en 612 €/ha en convencional e con 516,7 €/ha en ecolóxico; neste caso, a pesar dun sobreprezo do trigo ecolóxico un 25% respecto o convencional, o inferior rendemento produtivo (-32,4%) condiciona os menores ingresos (Táboa 7.3).

O resultado económico da actividade se determina mediante o marxe neto (MN), que é a diferenza de ingresos menos custes (ECREA 2016). Para os dous escenarios de prezos (Delphi e Da Cunha) o MN é positivo en ambas producións (convencional e ecolóxico), se ben é certo que en condicións reais de mercado o MN é bastante inferior (141 €/ha en convencional e 153 €/ha en ecolóxico), así como a diferenza existente entre ambas producións (11,5 €/ha máis en ecolóxico). Díez (2015), reporta un maior MN de 357,7 €/ha no seu traballo, baixo un prezo unitario do trigo ecolóxico de 0,3 €/kg, debido a consideración das subvencións (384 €/ha) nos ingresos.

Coma se pode ver nos ratios analizados, en valores de mercado do trigo, a porcentaxe de marxe neto sobre os ingresos, as relacións IT/CT, MN/CT e o MN unitario (€/kg) son inferiores. Outra segunda lectura é que os ratios,

independentemente do escenario de prezo do trigo (Delphi ou Da Cunha), son mais elevados na produción ecolóxica o que da idea que nas condicións analizadas e mais sustentable dende o punto de vista económico as producións en ecolóxico.

	Estudo DELPHI			Valores Mercado Da Cunha		
	Conv	Eco	Dif (Conv-Eco)	Conv	Eco	Dif (Conv-Eco)
Rendemento (kg/ha)	1529	1033	496	1529	1033	496
Prezo (€/kg)	0,8	1,2	-0,4	0,4	0,5	-0,1
Ingresos totais (IT)	1187	1240	-53	612	517	95
Custes totais (CT)	470,1	363,6	106,5	470,1	363,6	106,5
Marxe Neto (MN) (€/ha)	716,5	876,4	-159,9	141,5	153,0	-11,5
%MNs.IT	60,4	70,7	-10,3	23,1	29,6	-6,5
IT/CT	2,52	3,41	-0,89	1,30	1,42	-0,12
MN/CT	1,52	2,41	-0,89	0,30	0,42	-0,12
MN unitario (€/kg)	0,47	0,85	-0,38	0,09	0,15	-0,06

127

Táboa 7.3. Ingresos unitarios, marxe neta e ratios (€/ha).

Table 7.3. Unit income, net economic margin and ratios (€/ha).

7.3.3. Límite de rendibilidade e análise de sensibilidade

O límite de rendibilidade, defínese como aquel parámetro produtivo (rendemento mínimo) ou económico (prezo trigo mínimo) que permite acadar un MN positivo. Ante valores de mercado reais (grupo Da Cunha) de prezo do trigo de 0,4 €/kg en convencional e 0,5 €/kg en ecolóxico, o rendemento produtivo mínimo que garante un MN positivo e de 1175 kg/ha en convencional (un 76,8% do rendemento medio acadado no ensaio) e 727 kg/ha en ecolóxico (70,4% do rendemento medio acadado no ensaio); ambos valores son inferiores os rendementos obtidos no estudo de Díez e col. (2014) (1456 kg/ha en convencional y 832 kg/ha en ecolóxico). No caso de pagarse prezos ideais (Delphi) os rendementos mínimos que permiten acadar un MN positivo son moi baixos (39,6% en convencional e 29,3% en ecolóxico do rendemento medio acadado no ensaio). Polo tanto, independentemente do escenario de prezos escollido, dende o punto de vista do rendemento e mais doado acadar o límite de rendibilidade en ecolóxico (menor porcentaxe).

Con respecto o prezo mínimo do trigo compatible cun MN positivo, establecendo os rendementos medios do ensaio e os custes totais, saen en ambos escenarios de 0,31 €/kg en convencional e 0,35 €/kg en ecolóxico. Isto serían 9 e 15 céntimos por debaixo do valor de mercado (grupo Da cunha) o que da mostra de que a produción en ecolóxico aguantaría un maior % de baixada de prezos en ambos sistemas produtivos (Táboa 7.5).

Na táboa 7.4 faise unha simulación da repercusión que tería no resultado económico (MN por ha) posibles variacións (+/-25%) no prezo do trigo, rendemento produtivo ou

custes, de tal maneira que se estudan 6 alternativas (S1 a S6). No escenario de prezos ideal (Delphi) os seis análises realizados confirman que a produción en ecolóxico xera unha maior rendibilidade económica (representado na táboa en cor verde), que vai dende un máximo de 187 €/ha mais ante un incremento dos custes de produción do 25% (S5) e un mínimo de 146 €/ha no caso de reducirse un 25% o prezo ou os rendementos do trigo (S2 e S4). No escenario de prezos real (Da Cunha) a vantaxe comparativa da produción ecolóxica fronte a convencional, non é tan clara e en todo caso moito mais reducida. Obteríase un beneficio ca produción ecolóxica en 3 das alternativas estudadas relativas a unha redución do prezo do trigo do 25% (S2) e do rendimento do 25% (S4), ademais dun incremento dos custes totais nun 25% (S5). Pola contra un incremento do prezo do trigo do 25% (S1), do rendimento do 25% (S3) e redución dos custes totais do 25% (S6) beneficiaría a produción en convencional. Inda así se podería considerar mais beneficiosa a produción en ecolóxico, pois o MN diferencial acumulado das alternativas que favorecen a produción ecolóxica (S2, S4 e S5), que ascende a 108 €/ha, supera os da produción convencional (S1, S3 e S6) de 39€/ha.

Límite de rendibilidade (MN>0)	Estudo DELPHI			Valores mercado Da Cunha		
	CONV	ECO	DIF (CONV-ECO)	CONV	ECO	DIF (CONV-ECO)
Rendimento (kg/ha) mínimo	606	303	303	1175	727	448
Prezo trigo (€/kg) mínimo	0,31	0,35	-0,04	0,31	0,35	-0,04
Análise de sensibilidade (MN €/ha)						
S1-Inc. Prezo trigo +25%	1013	1186	-173	294	282	12
S2-Red. Prezo trigo -25%	420	566	-146	-11	24	-35
S3-Inc. Rend. trigo +25%	1013	1186	-173	294	282	12
S4-Red. Rend. trigo -25%	420	566	-146	-11	24	-35
S5-Inc. Custes totais +25%	599	786	-187	24	62	-38
S6-Red. Custes totais -25%	834	967	-133	259	244	15

Os valores en vermello indican que ante ese escenario o MN unitario (€/ha) obtido en produción ecolóxica é inferior o obtido en produción convencional.

Táboa 7.4. Límite de rendibilidade e análise de sensibilidade.

Table 7.4. Profitability threshold and sensitivity analysis.

7.3.4. Beneficio económico

A aplicación da metodoloxía de presupostos parciais sobre os beneficios da opción A (Alternativa-produción ecolóxico) fronte os custes da opción B (Situación de partida- produción en convencional), da como resultado un beneficio positivo en ambos escenarios de prezos de trigo considerados (159,8 €/ha en Delphi e 11,5 €/ha en Da cunha), que son os mesmos que os valores de MN acadados na táboa 7.5. A opción A (produción ecolóxico) se considera máis interesante dende o punto de vista económico, se ben o beneficio que ten sobre a produción convencional é moi reducido en situacións reais de mercado (Da cunha) de tan só 11,5 €/ha.

Na determinación do límite de rendibilidade (Táboa 7.5), calculamos o rendemento e prezo mínimo de A compatible cun beneficio da expresión (1+2-3-4) positivo, permanecendo os termos 2,3 e 4 constantes. Hai pouco marxe de manobra, e o prezo mínimo de A (ecolóxico) compatible cun beneficio sería de 1,05 €/kg (Delphi) ou 0,49 €/kg (Da cunha). En relación os rendementos estes tamén están moi próximos o rendemento medio acadado de 1033 kg/ha. Nesta parte tamén quixemos determinar a porcentaxe a partir da cal nos escenarios de evolución planificados na táboa 7.4, non compensa economicamente unha produción en ecolóxico (vermello). Estes son do 12% de incremento do prezo do trigo (S1) e do rendementos (S3) e unha redución do 10% dos custes totais (S6) (Táboa 7.5).

	Estudo DELPHI	Valores mercado Da Cunha
1-Incremento de Ingresos A	1240,0	516,7
2-Reducción custes B	470,1	470,1
3-Reducción ingresos B	1186,7	611,7
4-Incremento custes A	363,6	363,6
Beneficio (1+2-3-4) (€/ha)	159,8	11,5
Límite de rendibilidade (Beneficio >0)		
Mín. Ingresos A (1-Beneficio)	1080,2	505,1
Prezo mín. A (€/kg)*	1,05	0,49
Rendemento mín. A (Kg/ha)*	900,2	1010,3
S1-% Incr. máximo prezo trigo**	Non condiciona	12,0%
S3-% Incr. máximo rendemento**	Non condiciona	12,0%
S6-% Red. custes totais **	Non condiciona	-10,0%

*Estimados para obter o mínimo de ingresos de A para beneficio >0

**Son as alternativas da táboa 4 con MN (€/ha) inferior en ecolóxico

Opción A-Alternativa, produción ecolóxica

Opción B-Situación inicial, produción en convencional

Táboa 7.5. Cálculo do beneficio (análise de presupostos parciais) e límites de rendibilidade.

Table 7.5. Benefit calculation (partial budget analysis) and profitability threshold.

7.4. Bibliografía

- Friol Camilo (2020). El trigo del país doblara su producción con la IGP Pan Galego. Campo Galego, xornal dixital agrario. Consultado 28/04/2021 en <https://www.campogalego.es/aumenta-la-produccion-de-trigo-autoctono-por-la-demanda-de-las-panaderias-que-apuestan-por-la-diferenciacion/> [Xullo, 2021]
- Clickgasoil (2021). Evolución del precio del gasoleo agrícola promedio Galicia año 2020. Consultado el 28/04/2021 en <https://www.clickgasoil.com/> [Xullo, 2021]
- Díaz, M. J. V. (2001). Valor nutritivo de las distintas fracciones del trigo en conejos. In *XXVI Symposium de cunicultura de ASESCU* (pp. 145-155). Asociación Española de Cunicultura (ASESCU).
- EC (2021). JRC MARS Bulletin Vol. 29 No 4 - Crop monitoring in Europe, April 2021. Consultado 28/04/2021 en <https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/jrc-mars-bulletin-vol29-no4.pdf> [Xullo, 2021]

- ECREA (2016). Estudio de costes y rentas de explotaciones agrarias. Cultivos herbaceos, año 2016. Servicio de publicaciones del MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación). https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/ecrea_herbaceos_2016_tcm30-542620.pdf [Xullo, 2021]
- Hughner, R.S, McDonagh, P., Prothero, A., Shultz, C.J. & Stanton, J. (2007). Who are organic food consumers? A compilation and review of why people purchase organic food. *Journal of Consumer Behaviour* J.Consumer Behav,6: 94–110. <https://doi.org/10.1002/cb.210>.
- Kerby, K., & Kuspira, J. (1987). The phylogeny of the polyploid wheats *Triticum aestivum* (bread wheat) and *Triticum turgidum* (macaroni wheat). *Genome*, 29(5), 722-737. <https://doi.org/10.1139/q87-124>.
- Mateos, I., García, M. J. R., Higuera, C. S., Riocerezo, C. P., Díaz, A., Mediavilla, M. L. T., & Travieso, M. D. C. (2014). Estudio comparativo entre el cultivo convencional y ecológico de trigo para alimentación animal. *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*, (27), 98-131.
- MAPA (2019). Agricultura ecológica, estadísticas 2018. Servicio de publicaciones del MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), Madrid, 2019. Disponible en <https://www.oemv.es/mapa-estadisticas-de-agricultura-ecologica-2018> [Xullo, 2021].
- MAPA (2020). Anuario de estadística agraria 2019. Servicio de publicaciones del MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), Madrid, 2020. Disponible en <https://www.mapa.gob.es/estadistica/pags/anuario/2019/anuario/AE19.pdf> [Abril, 2021]
- MAPA (2021a). Metodología para el cálculo de costes de operación de tractores y máquinas agrícolas (año 2008). Servicio de publicaciones del MAPA (Ministerio de agricultura, pesca y alimentación). Disponible en https://www.mapa.gob.es/en/ministerio/servicios/informacion/MetodologiaCalculoCostes_tcm38-58577.pdf [Abril, 2021]
- MAPA (2021b). Indices y salarios agrarios (noviembre 2020). Servicio de publicaciones del MAPA (Ministerio de agricultura, pesca y alimentación). Disponible en <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/economia/precios-percibidos-pagados-salarios/salarios-agrarios/default.aspx> [Abril, 2021]
- Olaizola, A. M., Manrique, E., Jal, A. B., & Rubio, M. T. M. (1996). Incidencia de programas de abandono de la producción lechera sobre explotaciones de vacuno. *Investigación agraria. Economía*, (2), 355-376.
- Olaizola, A., Bernués, A., Blasco, I., & Sanz, A. (2012). Perspectivas de una carne de calidad diferenciada: análisis exploratorio para la carne de vacuno “Serrana de Teruel”. *Información Técnica Económica Agraria*, 108, 1-17.
- Ruiz Díez, (2015). Comparación de la rentabilidad económica y del proceso de cultivo del trigo ecológico y convencional en secano. Trabajo fin de grado administración y dirección de empresas. Universidad de Zaragoza.
- Sahuquillo, E., & Fraga, M. I. (1991). Trigos de cultivo tradicional en Galicia: caracterización botánica y agronómica. Consellería de Agricultura, Gandería e Montes. Xunta de Galicia. Colección Investigación y Desarrollo, (3), 97.
- Téllez, R. e Ciferri, F. (1954). Trigos arqueológicos de España. Publicación del Ministerio de Agricultura. 26-27; 46-47.

- Vázquez González, I. V.; Argul Saavedra, V.; Díaz Hernández, M.B. (2020a). Hábitos De Consumo De Los Productos Ecológicos En La Provincia De Lugo (España). *Brazilian Journal of Agroecology and Sustainability*, 2 (2). <https://doi.org/10.52719/bjas.v2i2.3754>
- Vázquez González, I.V.; Rojo Pombo, C.; Pérez Fra, M.M; Pouliquen Kerlau, X. (2020b). Análisis del proceso de reconversión a ecológico de las explotaciones de vacuno de leche en Galicia. A agricultura e os desafíos secietais para o período 20-30. Actas IX Congreso da Associação Portuguesa de Economía Agraria.

CONCLUSIÓN

As conclusións obtidas cos estudos incluídos nesta monografía son as seguintes:

➤ **Avaliación agronómica:**

- O cultivo do trigo 'Caaveiro' ten un rendemento medio algo superior aos 1000 kg/ha en condicións ecolóxicas, ao redor dun 30% inferior ao obtido en cultivo convencional debido a dificultade no control de malas herbas e a limitación das restricións ás aplicacións de fertilizantes e fitosanitarios; estas perdas, estiveron compensadas, en parte, por un menor requirimento de insumos.

➤ **Avaliación da biodiversidade:**

- Existe unha maior abundancia de especies bacterianas no inicio que no fin do ensaio, en convencional fronte a ecolóxico (aínda que a diversidade foi semellante en ambas datas e manexos), cunha maior abundancia e diversidade de especies nos compartimentos de solo e rizosfera.
- Na fauna epiedáfica, as parcelas de cultivo convencional presentaron unha maior abundancia de especies pero índices de diversidade menores que as de ecolóxico.
- Detectouse unha baixa presenza de entomofauna aérea.
- Sería preciso realizar máis estudos para dilucidar os efectos sobre a biota no cultivo de trigo Caaveiro en convencional vs. ecolóxico.

➤ **Avaliación das fariñas:**

- Trazabilidade xenética: as ferramentas xenéticas permiten a identificación do trigo galego e a súa pureza, tanto na produción da semente como da fariña. Os trigos galegos presentan unha pegada xenética única e diferenciabile doutros trigos, que reflexa un proceso de selección independente dos traballos de mellora xenética que deron lugar aos trigos comerciais de amplo uso. Esta pegada xenética singular se corresponde con outros valores dos trigos galegos que se salientan neste traballo.
- Características físico-químicas e nutricionais: o sistema de cultivo inflúe sobre estas características, presentando as fariñas procedente do cultivo ecolóxico menor contido en sólidos totais, cinzas, glúcidos totais, amidón, azucres sinxelos, calcio, cobre e cinc e maior contido en sodio.

- Características microbiolóxicas: os resultados mostran unha axeitada calidade microbiolóxica das fariñas procedentes de ambos sistemas de cultivo.

➤ **Avaliación dos pans:**

- Características físico-químicas e nutricionais: parte das diferenzas observadas nas fariñas mantéñense nos pans elaborados a partires de elas (contido en azucres sinxelos, calcio e sodio), se ben o procedemento de elaboración tende a eliminar a maioría das diferenzas significativas atopadas nas fariñas.
- Características sensoriais: o perfil sensorial dos pans elaborados con dous tipos de fariñas (ecolóxica e convencional) son moi similares, xa que unicamente existen diferenzas significativas no carácter crocante.

➤ **O contexto agroecolóxico:**

- As debilidades máis importantes do sector agroecolóxico do trigo e do pan en Galicia son o descoñecemento dos beneficios do produto, o que require máis investigación, difusión e promoción dos seus efectos benéficos tanto para a saúde como para o medio ambiente. Outras debilidades, tamén importantes, son o pequeno tamaño das parcelas para o establecemento do cultivo, que é algo característico da base territorial galega, ademais da falta de información e formación dos produtores de trigo ecolóxico, antes de iniciar o proceso de conversión.
- A ameaza máis relevante é a falta de apoio institucional para fomentar a expansión do cultivo, ao que se unen outros relacionados coa base territorial como a competencia polo uso da terra con outras actividades agrícolas e plantacións forestais.
- As fortalezas máis relevantes son o maior beneficio destes produtos para a saúde e o medio ambiente, a posibilidade de ofrecer ao consumidor un produto diferenciado ou as mellores propiedades organolépticas do pan galego agroecolóxico con variedades autóctonas de trigo.
- A oportunidade máis importante para mellorar o contexto agroecolóxico é aproveitar a boa imaxe do produto galego no exterior, xunto co aumento e mantemento das axudas á produción ecolóxica e aproveitar a crecente demanda de produtos ecolóxicos.
- Case todos os expertos están a favor de incluír unha axuda específica para a produción de trigo ecolóxico con variedades autóctonas 'Callobre' e 'Caaveiro' (90,5%). Esta medida permitiría aumentar a produción de trigo e, en consecuencia, a de pan, xa que hai un 86%

dos expertos que consideran que non hai suficiente pan ecolóxico con variedades autóctonas.

- Valórase positivamente a evolución recente do consumo de produtos ecolóxicos, así como a súa evolución futura, aínda que en menor medida. Non obstante, os expertos consideran que o consumo de trigo ecolóxico non terá a mesma proxección positiva se non se limitan as debilidades / ameazas anteriores e se melloran os seus puntos fortes / oportunidades.
- Máis da metade dos entrevistados (62%) consideran que se deberían modificar os requisitos actuais do IXP "Pan Galego". As máis relevantes son que a porcentaxe de fariña de trigo autóctona aumenta, chegando ao 40% fronte ao 25% indicado pola IXP. Outras modificacións menos relevantes son permitir outros tipos de conservación saudable do pan para ir máis lonxe na distribución.
- Case todos os entrevistados (90%) cren que hai obstáculos para que a produción de pan ecolóxico con variedades autóctonas de trigo sexa unha actividade rendible economicamente para todos os elos da cadea. Un dos obstáculos máis importantes son os intermediarios, xa que consideran que non pagan un prezo xusto. Outro obstáculo importante relacionado co anterior é o mercado, en alusión á baixa rendibilidade do cultivo de trigo, afirmando que hai un rendemento produtivo menor, maiores custos de produción que finalmente non se compensan co prezo pagado polo produto.
- Os expertos consideran que para que a actividade de trigo-pan ecolóxico con variedades autóctonas sexa unha actividade rendible para todos os eslabóns da cadea debe pagarse un sobreprezo con respecto o convencional. No caso do trigo este se sitúa nun 54,5% (1,2 € por kg) e por unha barra de pan nun 43% (1,6 € barra).

135

Polo tanto, e como **CONCLUSIÓN XERAL**, esta monografía permite ampliar os coñecementos asociados ao efecto do sistema de cultivo a diferentes nivel nun campo cada vez mais demandado como é o de produtos de proximidade e ecolóxicos. En base aos resultados obtidos, pódese potenciar a produción en ecolóxico, xa que ao realizar o cultivo de cereais de forma mais sostible, conséguense optimizar todas as variables que deberían preocupar á sociedade como son a alimentación, a saúde, o medioambiente, a economía e o consumo.

AGRADECEMENTOS

Esta monografía foi posible grazas á concesión dun proxecto de investigación concedido pola Agrupación Estratéxica BioReDes da Universidade de Santiago de Compostela no Campus de Lugo e que foi financiada pola Xunta de Galicia (referencia ED431E 2018/09).

O noso maior recoñecemento ao Grupo Da Cunha e ao seu xerente, Manuel Da Cunha, poñendo a disposición do grupo de traballo as sementes empregadas, as parcelas, ao enxeñeiro agrónomo e colega encargado das mesmas, Fernando Almeida, e todo o seu empeño previo para que en Galicia existira un grupo de estudo multidisciplinar do trigo dende o campo á mesa.

