

MEMORIA LIBRE - AC2021 C08

ENSAIOS AGRONÓMICOS E CARACTERIZACIÓN XENÉTICA, ESTUDO DA TRAZABILIDADE E DAS APTITUDES PANADEIRAS DE VARIEDADES DE TRIGO AUTÓCTONOS GALEGOS.

1. RESUMO

No proxecto, o CIAM-AGACAL e a USC- Cátedra do Pan e do Cereal do Campus Terra prantexaron a realización de ensaios agronómicos, de calidade de grao e aptitudes panadeiras de sete variedades autóctonas de trigo, a caracterización xenética molecular por microsátélites e estudo de heteroxeneidade de diversos cultivares e liñas melloradas, a trazabilidade de fariñas e trigos autóctonos e o estudo de aptitudes panadeiras das variedades Caaveiro e Callobre e a caracterización nutricional das fariñas a caracterización organoléptica dos pans e das súas propiedades físicas. A continuación, descríbense as actividades realizadas e os resultados obtidos polo CIAM-AGACAL e a USC- Cátedra do Pan e do Cereal do Campus Terra.

2. MATERIALES E MÉTODOLOXÍA DE ANÁLISE

2.1. Ensaio de campo para avaliación agronómica

Os ensaios de campo nas campañas 2021-22 e 2002-23, foron realizados no CIAM, na parcela de Agra de Pardo, Mabegondo (Abegondo). Predios con solos francos e unha altitude de 84 m.s.n.m.

O material usado foron 7 liñas autóctonas, seleccionadas no CIAM durante os últimos anos. Entre eles estiveron as variedades Callobre e Caaveiro, que foron rexistradas nos anos 2006 e 2015; as liñas melloradas 1967-5 (Arzúa), E1ext (Miño), E16L30 (Paderne), que foron en 2023 informadas favorablemente na Comisión Nacional de Evaluación de Cereales (MAPA), para incluílas como variedades de conservación no “Registro de Variedades Comerciales” da OEVV; e por último, as liñas seleccionadas 1910-4 e E1L2.

O material de liñas semi-enanas proven dun traballo de mellora xenética feito no CIAM co obxectivo de conseguir liñas semi-enanas, a partires de liñas autóctonas, mediante a introdución por cruza de un xen de ananismo (*Rht-B1b* ou *Rht-D1b*). Estas liñas foron acadadas logo dunha primeira cruza con variedades comerciais, cinco anos de retrocruzas co parental autóctono (Caaveiro ou Callobre), e dous anos de autofecundacións para conseguir a homocigosidade para o xen de ananismo. Desta maneira, estas liñas contén un 98,4% da xenética do parental autóctono.

2.2. Trazabilidade das liñas autóctonas e liñas semi-enanas

2.2.1. Análise con microsatélites

Material Vexetal: Catorce ecotipos galegos (TRI1, TRI5, TRI8, TRI10, TRI11, TRI13, TRI16, TRI17, TRI19, TRI22, TRI24, TRI30, TRI41, TRI43), 5 liñas élite 1910-4, 1967- 5, E1L2 EXT, E1L2, E16L30, e dous cultivares galegos, 'Caaveiro' Prebase e 'Callobre' Base (Taboa 2).

Material de Referencia: Trece cultivares comerciais (Enebro, Nogal, Rebelde, Ovalo, Valbuena, Montecarlo, Algoritmo, Basilio, Tocayo, Radia, Atomo Trigo Panificar, Grano Sensos, Acorazado Panificar, Alhambra Panificar) e catro referencias galegas 'Caaveiro', 'Ecotipo Carral', T-55 'Trigo Pais Para Panificar (Ecotipo)' e 'Callobre', todos eles avaliados por primeira vez por Ramos-Cabrer et al. (2022).

Marcadores microsatélites: Os marcadores empregados (táboa 1) foron os publicados en: ANA MARÍA RAMOS-CABRER, NEREA FERNÁNDEZ-CANTO, FERNANDO ALMEIDA-GARCÍA, ANA GOROSTIDI, MATILDE LOMBARDEIRO-FERNÁNDEZ, MARIA ÁNGELES ROMERO-RODRÍGUEZ, SANTIAGO PEREIRA-LORENZO. 2022. *Traceability of the local cultivar 'Caaveiro' in flour mixtures used to produce Galician 5 bread by simple sequence repeats and droplet digital polymerase chain reaction technology*. International Journal of Food Science and Technology 2022, 57, 7085– 7098. CiteScore (2021): 5.1, ranking in Q1 (81 of 338) in the category of Industrial and Manufacturing Engineering. Impact factor (2021): 3.612, ranking in Q2 (59 of 143) in the category of Food Science & Technology. Online ISSN:1365-2621. DOI: 10.1111/ijfs.16048. First published: 29 August 2022.

Táboa 1. Número de alelos detectados en diferentes variedades de trigo e fariñas mediante o uso de 18 microsátélites (Ramos-Cabrer et al., 2022). En negra, alelos de 'Caaveiro'; en negra e suliñado, alelos específicos de 'Caaveiro'.

Marker	No. alleles detected	Nº Alleles in previous works in Spain (Ruiz et al., 2012)	Allelic rank	Alleles
Xgwm0148	8	12 (4)	138-164	89,138,140 ² ,142, 144 ^{1,2,3} ,146,160 ^{1,3} ,164
Xgwm0155	6	16 (3)	139-147	139, 141 ^{1,2,3} ,143 ^{1,2,3} ,145 ^{1,2} ,147,149
Xgwm0156	11	20 (4)	283-317	283 ^{1,2,3} ,287 ^{1,2,3} , 289 ^{2,3} , 291 ,293,296,300,312 ^{1,2} ,315 ¹ ,317 ¹ ,319
Xgwm0186	8	28 (15)	117-137	100,117, 119 ¹ ,121 ^{1,2,3} ,123,127 ^{1,2,3} ,129,137 ^{1,2,3}
Xgwm0234	12	19 (9)	198-245	198, 201 ^{1,2,3} ,224, 226 ¹ ,228,230,234,236,238 ^{1,2,3} ,240 ^{1,2,3} ,244
Xgwm0312	27	26 (4)	184-250	184,192 ¹ ,194 ¹ ,196,208 ^{1,2} ,210,212,214 ^{1,2} ,218 ² ,220,222 ^{1,2,3} ,224,226,228,230 ^{1,2} ,232,235,237,239,241,243,245,248, 250 , 252 ,256,258
Xgwm0332	22	20 (4)	190-245	190 ^{1,2,3} ,193 ^{1,2,3} , 195 ³ ,200 ^{1,2} ,204,208 ^{1,2} ,211 ³ ,213,217,219,221,223,225,227, 229 ,231,233,236,241 ¹ ,245,250,256
Xgwm0099	21	11 (3)	105-155	105 ^{1,2,3} ,107, 109 ,111,113,115 ¹ ,122,124, 127 ,130,132, 134 ,136,138,140,142,144, 147 ,149,153,155
Xgwm0570	13	15 (3)	96-159	96 ,106,136 ^{1,2,3} ,138,141,143,145 ¹ ,148 ^{1,3} ,151 ^{1,2,3} ,153,155,157, 159
Xgwm0577	24	41 (15)	128-219	128 ^{1,2} ,130,134 ¹ ,136,138,140,142,147,150,152 ¹ , 155 ,157 ^{1,2} ,159 ^{1,2} ,162 ¹ ,176,203,205,207,209,211,213,215,217,219
Xgwm0060	10	19 (5)	116-138	116, 118 ^{1,2,3} , 122, 126, 128, 130, 132 , 134, 136, 138
Xgwm0088	6	17 (4)	141-151	141, 143 ¹ , 145 ^{2,3} , 147 ^{1,2,3} , 149, 151 ¹
Xgwm0513	17	4 (0)	148-213	148 ^{1,2,3} , 150 ^{1,2,3} , 154 ^{1,2,3} , 160, 162, 174, 184, 188, 189, 194, 200, 203, 205, 207, 209, 211 ^{1,2,3} , 213
Xgwm0389	15	14 (3)	114-151	114, 116 ^{1,2} , 118, 120 ³ , 122, 124, 126, 128, 131, 133 ³ , 135, 137, 139 ¹ , 143 ^{1,2,3} , 151
BARC155	9	11 (4)	180-206	180, 184 ^{1,2,3} , 186, 188, 194, 198, 201 , 203, 206
BARC80	6	17 (6)	101-133	101, 103, 106 ^{1,2} , 109 ^{1,2,3} , 114 ^{1,3} , 133
WMC468	12	5 (1)	129-157	129 ³ , 131, 133 ^{1,2,3} , 135 ¹ , 140, 144, 146 ^{1,2} , 148, 151, 153 , 155, 157 ^{1,2,3}
Xgwm0002	11	4 (0)	116-277	116 ^{1,2,3} , 118 , 120 ^{1,3} , 127, 220 ^{1,2,3} , 222 , 224 ^{1,3} , 231, 255, 257 ^{1,2,3} , 277

2.2.2. Análise por electroforese

As técnicas de electroferese SDS-page e ACID-page, levan tempo utilizándose para caracterización de variedades, detección de mesturas en lotes de sementes o mesturas de fariñas, trazabilidade de gran e fariña, e programas de obtención de novas variedades.

2.2.2.1. Análise de HMW e LMW-GS

Para a caracterización das subunidades de gluteninas de alto peso molecular (HMW-GS) e baixo peso molecular (LMW-GS) das liñas autóctonas de trigo se utilizou a técnica de electroforese en xel de poliacrilamida en presenza de dodecilsulfato sódico (SDS-PAGE). Para la caracterización das HMW-GS empregáronse testigos oficiais, e baseados na nomenclatura do “Catalogue of Gene Symbols of Wheat” (McIntosh *et al.*, 2013 e suplementos).

Analizáronse 20 grans por cada liña, recollidos do material orixinal seleccionado (mostras AC001 a AC140). A técnica comprende dous pasos diferenciados: extracción secuencial das proteínas do endospermo do trigo, e uso da técnica SDS-PAGE para estudar a distinta mobilidade das gluteninas en dichos xeles.

Seguiuse o método proposto por Singh, *et al.* (1991), con lixeiras modificacións. Este método está composto de dous fases, na primeira se extraen as gliadinas en solución acuosa de propanol ó 50% e no segundo se extraen as gluteninas de alto e baixo peso molecular (HMW y LMW, respectivamente), mediante a redución con ditiotreitol e o alquilado con 4-vinilpiridina. Previamente se realiza la moenda individual de medio gran (excluíndo o embrión), depositando parte da mesma en un tubo eppendorf (aprox. 20 g de fariña moída).

2.2.2.2. Análise das gliadinas

Para a caracterización por perfís das gliadinas, se utilizou a técnica de electroforese en xel de poliacrilamida baseado no método de Bushuk, W. and Zillman, R.R. (1978), con algunhas modificacións.

Analizáronse 10 grans por cada liña, recollidos do material orixinal seleccionado (mostras AC141 a AC390).

2.3. Caracterización organoléptica, físico-química e nutricional da fariña e do pan

2.3.1. Mostra de fariñas e panes

Analizáronse 7 mostras de fariña de trigo (*Triticum aestivum* L.) procedentes de variedades locais, liñas élite e ecotipos galegos. Para a obtención das fariñas os grans foron sometidos a moenda polo Grupo Da Cunha.

Na táboa 2 móstrase o ecotipo das fariñas analizadas e o grao de extracción das mesmas.

Táboa 2. Variedades locais, liñas élite e ecotipos galegos analizados e grao de extracción

Ecotipo	Grao de extracción (%)
1967-5	90,8413999
Caaveiro	87,1204604
E16L30	84,1033284
E1 ext	91,7766899
Calobre	91,1656928
1910-4	90,6690141
E1L2	87,0999508

Coas fariñas obtidas o grupo Da Cunha elaborou os pans empregando 3,5 kg de fariña de cada trigo galego, 6,5 g de fariña de Castela, 8 L de auga, 300 g de levadura comercial, 1 L de masa nai e 200 g de sal. Mesturáronse os ingredientes e amasáronse na amasadora de brazos, tras o repouso en bloque, fíxose o boleado e déuselles a forma de bolo e foron cocidas nun forno de soleira refractaria. Elaboráronse en total 7 tipos de pan, sendo a única diferenza entre eles as fariñas procedentes de variedades locais, liñas élite e ecotipos galegos.

2.3.2 Metodoloxía de análise

2.3.2.1. Análise físico-química de fariñas e pan

Nas fariñas e no pan analizáronse a humidade, aw, pH e cor instrumental. Determinouse o contido en humidade por desecación e a actividade de auga e o pH empregando medidores automáticos. Ademais, medíronse os parámetros de cor instrumental segundo o espacio

CIELAB L*a*b. Ademais, na miga do pans realizouse o perfil de textura (TPA) usando un texturómetro TA- XTplus cunha sonda de aluminio cilíndrica (P/50) de 50 mm de diámetro. As mostras foron comprimidas ata un 75% da súa altura inicial cunha velocidade de compresión de 60 mm/min. Determinouse a dureza, adhesividade, mastigabilidade, cohesividade, elasticidade e resiliencia. Tamén se realizou un test de punción na codia (dureza e traballo de penetración).

2.3.2.2. Análise nutricional de fariñas e pan

Leváronse a cabo análises de macronutrientes (proteína, graxa e hidratos de carbono). Ademais, analizáronse azucres sinxelos, fibra, amidón e cinzas tanto en fariña coma en pan. No pan analizáronse as diferentes fraccións de amidón (total, resistente, dixerible, de dixestión rápida e de dixestión lenta). En canto a micronutrientes, fíxose un estudo de minerais (P, K, Na, Mg, Mn, Ca, Zn, Cu, Fe, Se)

Para os minerais seguiu-se o procedemento descrito no artigo FERNÁNDEZ-CANTO, M. N., GARCÍA-GÓMEZ, M. B., BOADO-CREGO, S., VÁZQUEZ-ODÉRIZ, M. L., MUÑOZ-FERREIRO, M. N., LOMBARDERO-FERNÁNDEZ, M., PEREIRA-LORENZO, S. & ROMERO-RODRÍGUEZ, M. Á. (2022). Element content in different wheat flours and bread varieties. *Foods*, 11(20), 3176.

2.3.2.3. Avaliación sensorial dos pans

Os pans foron avaliados polo panel de catadores adestrado da Cátedra do Pan e do Cereal que empregou a ficha de cata desenvolvida polo mesmo para realizar unha análise descritiva cuantitativa (QDA) para obter o perfil sensorial e de xeito paralelo o perfil cualitativo, olfactivo e aromático. O procedemento empregado é o descrito no artigo RICARDO DANIEL ESTÉVEZ-LÓPEZ; M^a BELÉN GARCÍA-GÓMEZ; M^a LOURDES VÁZQUEZ-ODÉRIZ; NIEVES MUÑOZ-FERREIRO; M^a ANGELES ROMERO-RODRÍGUEZ. 2021. 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 <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110024>.

2.3.2.4. Microscopía

Recentemente publicouse o traballo realizado con microscopía (Fernández-Canto et al., 2022) para a rastrexabilidade do trigo galego na produción do 'Pan Gallego'. O uso de microscopía óptica, incluída a microscopía de campo claro e a microscopía polarizadora, permitiron a identificación do amidón do trigo 'Caaveiro', o cal presenta un patrón de birrefrinxencia diferente (asociado a unha maior cantidade de amilosa), unha característica que permite distinguilo da fariña foránea. Repeticións con diferentes porcentaxes de mestura permitíronnos desenvolver un modelo matemático para estimar a porcentaxe de fariña de 'Caaveiro' presente na mestura. As propiedades de birrefrinxencia do amidón permitiron a detección de fariña de trigo 'Caaveiro' en mesturas con fariña de trigo castelá/castelá e determinar as porcentaxes utilizadas en mesturas de fariña aplicando unha liña de calibración ($R^2 = 0,9577$). Este é un método novo para detectar infraccións/infraccións da porcentaxe de fariña de trigo 'Caaveiro', que é simple, eficaz e barato. Fernández-Canto N, Romero-Rodríguez MA, Ramos-Cabrer AM, Pereira-Lorenzo S, Lombardero-Fernández M. 2022. Polarized lixeiro microscopy guarantees the use of autochthonous wheat in the production of flour for the Protected Geographical Indication 'Galician Bread'. Food Control (accepted with minor review). Food Control (Elsevier):JIF (2021)= 6,652,Cite Score= 9,3.

Microscopía e redes neuronais artificiais (RNA): A metodoloxía posta a punto mediante microscopía está a combinarse coas redes neuronais artificiais, de tal maneira que os resultados obtidos permiten obter rectas de calibración con $R^2 > 0.95$, rangos análogos aos obtidos con microscopía. A utilización de RNA permite a cuantificación automática da porcentaxe de amidóns de 'Caaveiro' e, por tanto, a súa rastrexabilidade en mesturas de fariñas. A partir das imaxes obtidas por microscopía, procédese ao adestramento e validación. Xa se configurou que para o conxunto de datos será suficiente con aproximadamente $N = 2000$ imaxes; entre elas, un 80% para datos de adestramento e validación, e un 20% para datos de proba. Aínda que o tamaño da base de datos pode parecer pequeno, os resultados preliminares indican que é un tamaño inicial adecuado. A etiquetaxe de datos é un paso esencial nunha tarefa supervisada de aprendizaxe automática, e a calidade dos datos de adestramento determina o rendemento do modelo adestrado. Convencionalmente, a etiquetaxe de datos é unha tarefa que require un extenso traballo manual utilizando ferramentas como LabelMe, LabelImg, MakeSense, etc. Está a usarse a ferramenta Annotator software MakeSense (<http://makesense.ai>) para anotar os blobs en

cada imaxe e gardalos como arquivos JSON. Como resultado, cárganse estes arquivos como un arquivo ".json" e, por tanto, facilitan o adestramento tendo en conta que cada coordenada da forma do blob é unha instancia de obxecto.

3. RESULTADOS

3.1. Avaliación agronómica de 7 liñas autóctonas

Campaña 2021-22

Coas 7 liñas autóctonas fixéronse dous ensaios de campo (inverno e primavera), cun deseño de bloques completos ó azar. Os dous colleitáronse en agosto de 2022. Colléronse datos agronómicos (enfermidades, altura, data de espigado e madurez fisiolóxica, rendemento, encamado) e datos de calidade de gran (datos alveográficos, contido en proteína, índice de caída, peso específico, glute húmido e seco, e glute index). Parte do gran serviu para facer as tarefas encomendadas á USC.

O **ensaio de inverno** sementouse o 19/11/2021, e se desenvolveu correctamente, con un crecemento e masa foliar moi bo. A afección de enfermidades foi superior para as liñas 1910-4, 1967-5, E1L2, E1ext e Callobre. A maior incidencia de Oidio foi nas liñas 1910-4, Callobre, E1L2, e E1ext, con bastante diferenza sobre Caaveiro e E16L30. A maior incidencia de enfermidade septoria foi en 1910-4, 1967-5, E1ext e Callobre, aínda que as diferenzas non foron moi grandes. Tan só houbo unha leve incidencia de roia amarela en Caaveiro e E16L30, e de roia parda en Caaveiro e 1967-5. A altura de plantas estivo no rango entre 148 cm de 1910-4 e Callobre, a 154 cm de Caaveiro, E16L30 e E1L2 (táboa 3).

O dato do rendemento foi afectado (30-50%) polo ataque de paxaros, o non estar protexido o ensaio, polo que non se mostran os datos.

Táboa 3. Datos o ensaio de inverno. FSIEM, data sementeira; ALT, altura da planta (cm); ENC, encamado (%); FESP, data de espigado; PE, días desde sementeira a espigado; FMAD, data de madurez fisiolóxica; MAD, días de sementeira a madurez; SEPT, septoria (% de severidade); ROY, roia parda (% de severidade); OID, oidio (% de severidade).

LIÑAS	FSIEM	ALT	ENC %	FESP	PE	FMAD	MAD	SEPT %	ROY %	OID %
E16L30	19/11/2021	154	81,2	08/05/2022	170	11/06/2022	204	27,5	0,0	17,5
E1 EXT	19/11/2021	152	82,5	12/05/2022	174	17/06/2022	210	42,5	0,0	40,0
1967-5	19/11/2021	151	72,5	09/05/2022	171	18/06/2022	211	42,5	2,5	35,0
CAAVEIRO	19/11/2021	154	40,0	07/05/2022	169	13/06/2022	206	32,5	7,5	6,2
1910-4	19/11/2021	148	45,0	12/05/2022	174	19/06/2022	212	45,0	0,0	50,0
E1L2	19/11/2021	154	90,0	12/05/2022	174	17/06/2022	210	37,5	1,2	45,0
CALLOBRE	19/11/2021	148	88,7	13/05/2022	175	20/06/2022	213	45,0	5,0	40,0
Promedios		152	71	10/05/2022	172	16/06/2022	209	38,9	2,3	33,4

Con respecto ó **ensaio de primavera**, que se sementou o 27/01/2022, a gran seca deste ano, fixo que o desenrolo do cultivo fora escaso, e con baixo rendemento. As precipitacións en abril e maio estiveron por baixo do 50% de precipitacións medias dos últimos 40 anos.

A maior incidencia de Oidio foi en Callobre e 1910-4, por contra a menor incidencia en septoria foi na liña 1910-4 Non se detectou roia amarela no ensaio. En roia parda o maior ataque o sufriron Callobre e Caaveiro. A maio incidencia de septoria na espiga foi na liña 1967-5 (táboa 4). As liñas con espigado mais temperá foron Caaveiro, seguido de E16L30 e 1967-5, e as mais tardías Callobre e 1910-4.

A altura de plantas estivo entre 132 cm de 1910-4, a 143 cm de E16L30, aínda que o encamado foi nulo (táboa 4).

Táboa 4. Datos o ensaio de primavera. FSIEM, data sementeira; ALT, altura da planta (cm); ENC, encamado (%); FESP, data de espigado; PE, días desde sementeira a espigado; FMAD, data de madurez fisiolóxica; MAD, días de sementeira a madurez; SEPT, septoria (% de severidade); ROY, roia parda (% de severidade); OID, oidio (% de severidade); ENFESP, septoria en espiga (nivel de severidade: 1, mínimo; 5, máximo).

LIÑAS	FSIEM	ALT	ENC %	FESP	PE	FMAD	MAD	SEPT %	ROY %	OID %	ENFESP
E16L30	27/01/2022	143	0,0	19/05/2022	112	24/06/2022	148	30,0	2,5	0,0	3
E1 EXT	27/01/2022	138	0,0	20/05/2022	113	26/06/2022	150	30,0	7,5	20,0	3
1967-5	27/01/2022	141	0,0	19/05/2022	112	25/06/2022	149	45,0	20,0	0,0	4
CAAVEIRO	27/01/2022	136	0,0	18/05/2022	111	23/06/2022	147	50,0	35,0	0,0	2
1910-4	27/01/2022	132	0,0	23/05/2022	116	26/06/2022	150	20,0	17,5	30,0	3
E1L2	27/01/2022	136	0,0	20/05/2022	113	26/06/2022	150	40,0	2,5	7,5	3
CALLOBRE	27/01/2022	135	0,0	23/05/2022	116	28/06/2022	152	35,0	35,0	40,0	3
Promedios		137	0	20/05/2022	113	25/06/2022	149	35,7	17,1	13,9	3

O ANOVA de rendementos do ensaio de primavera (figura 1), mostra que existiron diferenzas significativas entre as liñas, e que a media foi 1.716 kg/ha (por causa da seca).

Figura 1. ANOVA de rendementos en kg/ha (RDTO)

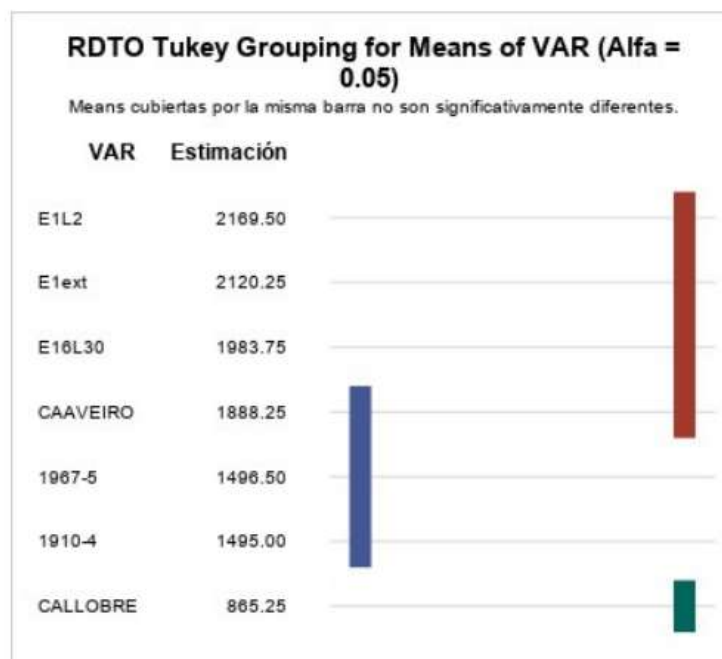
Variable dependiente: RDTO

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	9	6135183.571	681687.063	16.30	<.0001
Error	18	752738.286	41818.794		
Total corregido	27	6887921.857			

R-cuadrado	Var Coef.	Raiz MSE	Media de RDTO
0.890716	11.91060	204.4964	1716.929

Se comportaron mellor as liñas as E1L2, E1ext e E16L30, que superaron ó resto significativamente (figura 2). Ademáis, as liñas 1967-5, 1910-4, e Caaveiro, superaron significativamente a Callobre.

Figura 2. Separación de medias de rendementos (kg/ha), por Tukey



Con respecto a calidade do gran, o peso de mil grans (PMG) amosou diferencias significativas entre as liñas, e un peso medio de 51,6 g (figura 3). Callobre superou significativamente o resto das liñas, e as liñas 1910-4 e E1ext superaron significativamente a E16L30 (figura 4).

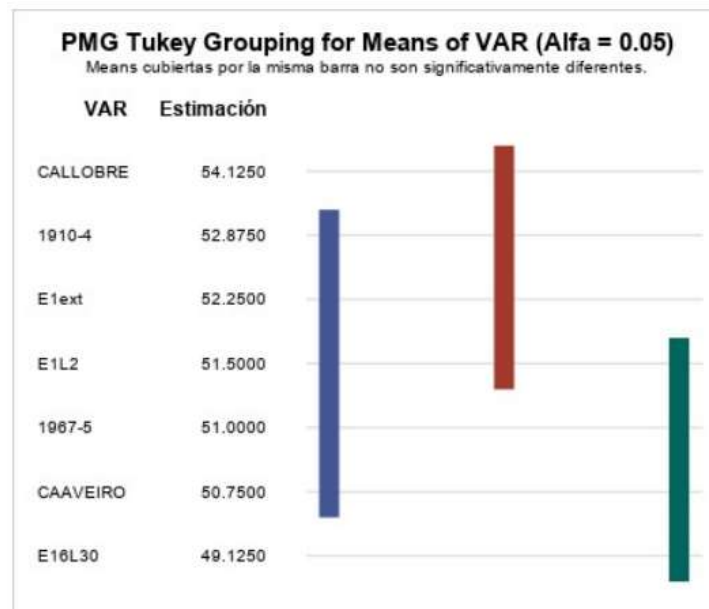
Figura 3. ANOVA de peso de mil grans, en g (PMG)

Variable dependiente: PMG

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	9	92.2053571	10.2450397	6.63	0.0003
Error	18	27.8214286	1.5456349		
Total corregido	27	120.0267857			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de PMG
0.768207	2.406540	1.243236	51.66071

Figura 4. Separación de medias de PMG (g), por Tukey



Campaña 2022-23

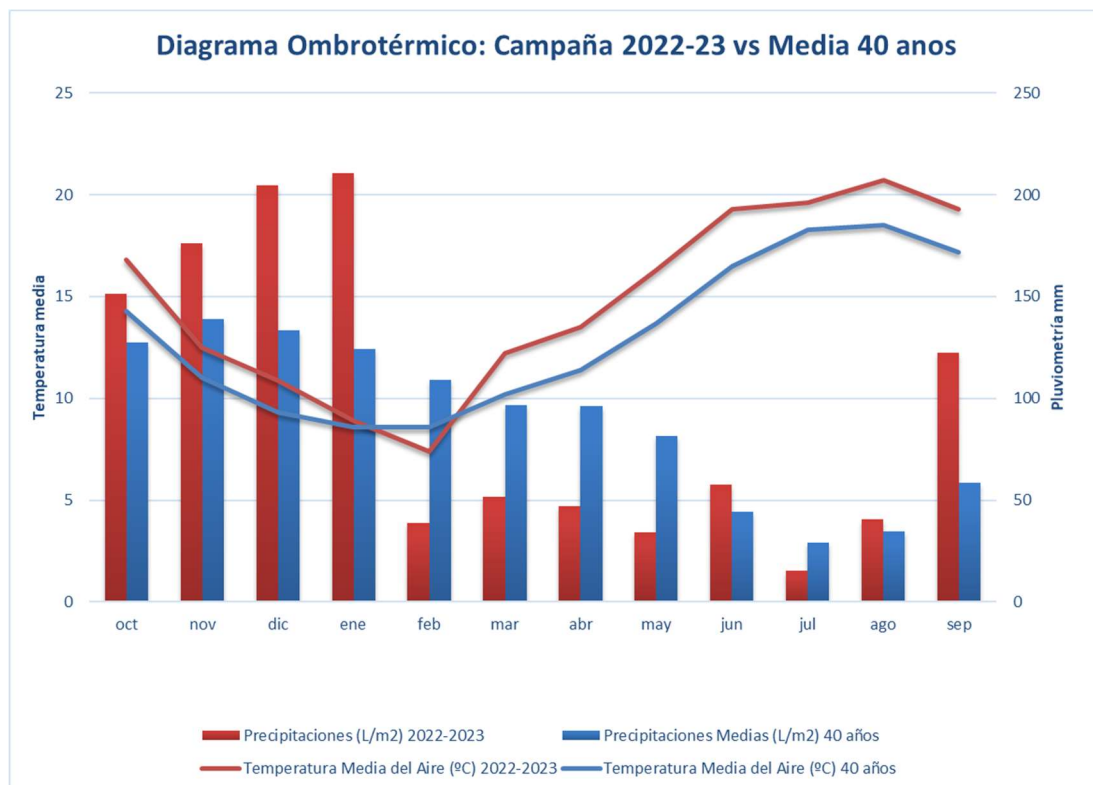
Fíxose un ensaio de primavera, sementado o 1 de febreiro, cun deseño de bloques completos ó azar, coas 7 liñas autóctonas (1910-4, 1967-5, E1L2, E16L30, E1L2ext, Caaveiro e Callobre). Estas liñas de mellora seleccionáronse entre os ecotipos galegos de trigo brando do Banco de Xermoplasma do CIAM, os últimos anos. En outubro de 2023, tres delas (1967-5 (Arzúa), E1L2ext (Miño), E16L30 (Paderne)) foron informadas favorablemente na Comisión Nacional de Evaluación de Cereales (MAPA), para incluílas como variedades de conservación, no “Registro de Variedades Comerciales” da OEVV. No ensaio colléronse

datos agronómicos (enfermidades, altura, data de espigado e madurez fisiolóxica, rendemento, encamado) e datos de calidade de gran (datos alveográficos, contido en proteína, índice de caída, peso específico, glute húmido e seco, e glute index).

Utilizouse gran de 2022 para facer a sementeira, a unha dose de 280 grams/m². No caso de Callobre e Caaveiro, utilizouse semente certificada de 2022. Aplicouse un herbicida o 15/03/2023 para control de malas herbas, e engadeuse abono de cobertura o 27/03/2023 a base de nitróxeno amónico cálcico (130 kg/ha). En canto a outros tratamentos fitosanitarios, aplicouse un insecticida para control da babosilla *Lema melanopa* (12/05/2023), e un funxicida para control de enfermidades foliares (16/05/2023).

A diferenza do 2022, o ensaio de primavera tivo un bo desenvolvemento no final de inverno e primavera, grazas a temperaturas medias de 2°C a 3°C superiores á media de 40 anos (figura 5), aínda que a primeiros de maio detectouse algúns síntomas de seca con follas abarquilladas (sobre todo en E1L2, Callobre, E1L2ext), que denotaban falta de humidade, xa que a primavera foi bastante seca (metade da pluviometría normal nos meses de febreiro, marzo, abril e maio).

Figura 5. Diagrama ombrotérmico

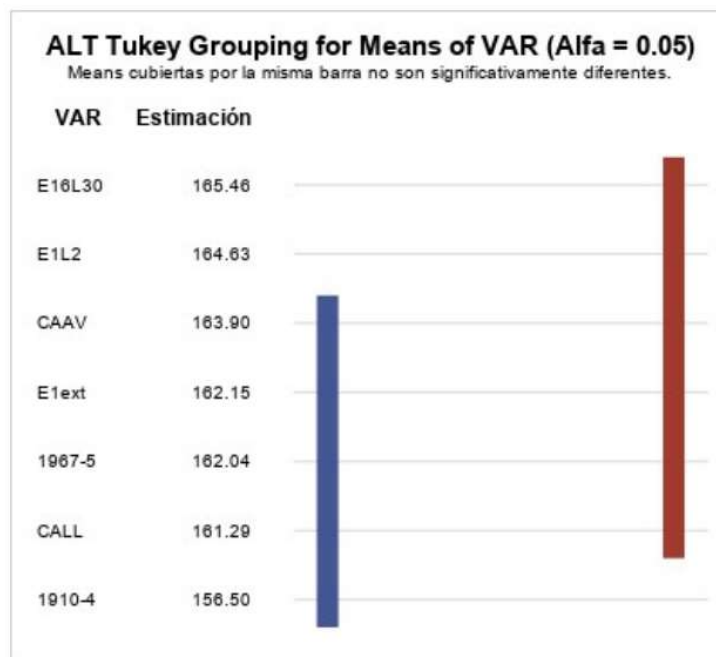


Tomáronse datos das catro enfermidades principais en tres datas, dende o 02/05/2023 ó 02/06/2023. Co respecto a Oidio, a maior severidade da enfermidade atopouse en Callobre e 1910-4, por contra a menor incidencia estivo en E16L30 e Caaveiro. En septoria foi Callobre (40%) a mais perxudicada, seguida de 1910-4 e 1967-5 (táboa 5). Non se detectaron ataques de roia amarela e roia parda.

En canto a fenoloxía (táboa 5), Caaveiro é a variedade co espigado mais temperá, e Callobre o mais tardío, o mesmo co que sucede coa madurez fisiolóxica. O resto das liñas situáanse entre as datas de Caaveiro e Callobre.

Da medición da altura de plantas obtívose unha media de 162,2 cm, e observáronse diferencias significativas entre as de maior talle (E16L30, 165,5 cm; e E1L2, 164,6 cm), e a de menor altura (1910-4, 156,5 cm) (figura 6).

Figura 6. Separación de medias de alturas (cm), por Tukey



Coma no 2022, a maior incidencia de encamado foi nas liñas E1L2, E1L2ext, E16L30 e Callobre (táboa 5). As dous primeiras foron as primeiras en comezar a deitarse, xa que se recolleron datos en tres datas. Ata mediados de xuño case non houbo encamado (co gran

medio formado), agás nas E1L2 e E1L2ext, co que a incidencia do encamado afectou pouco o rendemento.

Táboa 5. Datos do ensaio. FSIEM, data sementeira; ALT, altura da planta (cm); ENC, encamado (%); FESP, data de espigado; PE, días desde sementeira a espigado; FMAD, data de madurez fisiolóxica; MAD, días de sementeira a madurez; SEPT, septoria (% de severidade); ROY, roia parda (% de severidade), RYA, roia amarela (% de severidade), OID, oidio (% de severidade)

LIÑAS	FSIEM	ALT	ENC %	FESP	PE	FMAD	MAD	SEPT %	ROY %	RYA %	OID %
E16L30	01/02/2023	165,5	95,0	15/05/2023	103	25/06/2023	144	25,0	0,0	0,0	12,5
E1 EXT	01/02/2023	162,2	97,5	14/05/2023	102	25/06/2023	144	27,5	0,0	0,0	35,0
1967-5	01/02/2023	162,0	56,3	14/05/2023	102	23/06/2023	142	32,5	0,0	0,0	32,5
CAAVEIRO	01/02/2023	163,9	75,0	11/05/2023	99	20/06/2023	139	22,5	0,0	0,0	22,5
1910-4	01/02/2023	156,5	47,5	16/05/2023	104	23/06/2023	142	32,5	0,0	0,0	40,0
E1L2	01/02/2023	164,6	96,3	13/05/2023	101	23/06/2023	142	27,5	0,0	0,0	27,5
CALLOBRE	01/02/2023	161,3	83,8	17/05/2023	105	25/06/2023	144	40,0	0,0	0,0	47,5
Promedios		162,3	78,8	14/05/2023	102	23/06/2023	142	30	0	0	31

O ensaio colleitouse o 31/07/2023, antes do previsto. Para evitar danos por paxaros, cubriuse todo o ensaio con redes, xa que era necesario recoller datos de rendemento e de calidade do gran.

En canto ó rendemento, e a pesar da seca da primavera producíronse uns rendementos bastante bos, respecto as medias dos últimos anos, con un rango entre 2.667 e 3.678 kg/ha (táboa 6, figura 8). O resultado do análise de varianza (ANOVA) pode verse na figura 7.

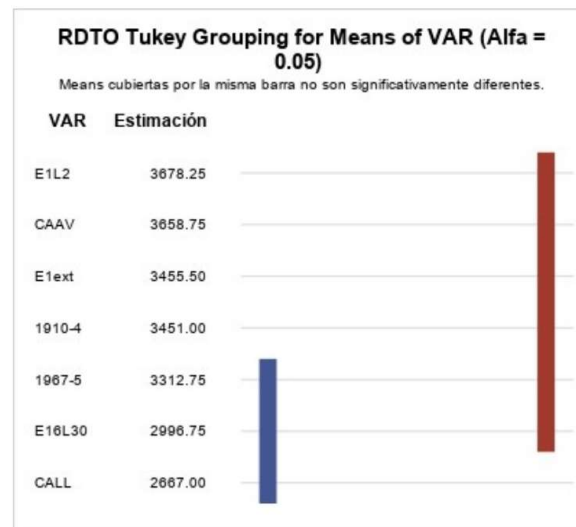
A variedade Caaveiro, E1L2, E1ext e 1910-4, tiveron as maiores medias de rendemento, superando significativamente o Callobre. O resto das liñas non se diferenciaron significativamente do resto (figura 8). As medias do mesmo cor (figura 8) o mesma letra (táboa 6), non ten diferencias significativas.

Figura 7. ANOVA de rendementos (RDTO)

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	9	4418518.000	490946.444	5.31	0.0013
Error	18	1665431.429	92523.968		
Total corregido	27	6083949.429			

R-cuadrado	Var Coef.	Raiz MSE	Media de RDTO
0.726258	9.169865	304.1775	3317.143

Figura 8. Separación de medias de rendemento (kg/ha), por Tukey



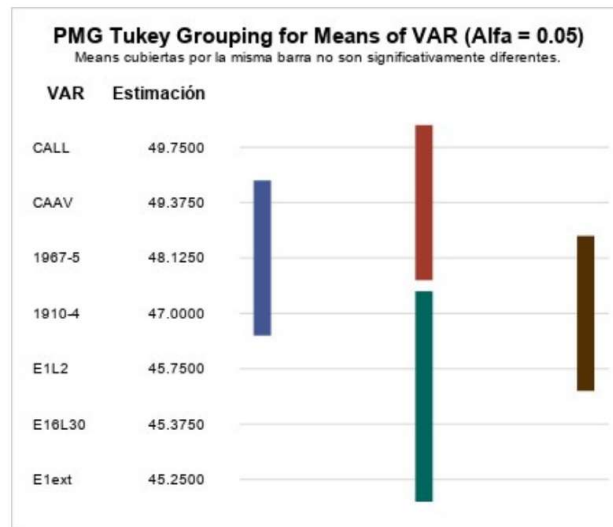
Estos datos están acordes con experiencias previas, nas que as liñas precursoras de Caaveiro e o resto das liñas melloradas, superaban a variedade Callobre. Tamén está acorde cos ensaios agronómicos de 2022. Polo que todos as liñas seleccionadas, posteriores ó rexistro da variedade Callobre (en 2006), son mais produtivas que esta.

Táboa 6. RDTO, rendemento ó 13% de humidade (kg/ha); PMG, peso de mil grans (g)

Promedios	RDTO	PMG
E1L2	3678 a	45,7 cd
CAAVEIRO	3658 a	49,3 ab
E1 EXT	3455 ab	45,2 d
1910-4	3451 ab	47,0 bcd
1967-5	3312 ab	48,1 abc
E16L30	2996 ab	45,3 d
CALLOBRE	2667 b	49,7 a

Co respecto a calidade do gran producido (figura 9, táboa 6), as liñas que mostraron un mellor peso de mil grans (PMG) foron Callobre, Caaveiro e 1967-5, que non amosaron diferenzas entre eles. Ademais, as de menor peso foron E1ext, E1L2 e E16L30. Tras o análise de varianza feito (ANOVA), a separación de medias amosa mesmo color para variedades que non se diferencian estatisticamente.

Figura 9. Separación de medias de PMG, por Tukey



3.2. Avaliación agronómica de 25 liñas semi-enanas

Campaña 2021-2022

O crecemento das liñas semi-enanas foi mas despacio nos primeiros estadios, que as 7 liñas autóctonas. O nivel de afillado, e crecemento posterior foi axeitado. Non houbo moita diferenza no nivel de ataque das diferentes enfermidades foliares entre as 25 liñas semi-enanas. Sen embargo, coa maior densidade de folla, que nas liñas autóctonas, os ataques foron algo maiores. As liñas tiveron unha altura de planta de entre 1,20 e 1,35 m, e non se observou encamado ningún.

A seca de primavera impediu ter uns bos rendementos, e o grao quedou mal enchido, a pesares de ter aboado doses coma nos trigos comerciais.

Ainda que nos se fixeron análises alveográficos, os xeles SDS-page e ACID-page, mostran que a calidade destas liñas será a mesma que a do Caaveiro, xa que mostran as mesmas subunidades nos xeles de electroforese.

As mellores liñas se recolleron para multiplicalas en 2023, para ter suficiente gran para a solicitude de rexistro das mesmas.

No ano 2023, se multiplicaron as mellores liñas testadas en 2022, co obxectivo de seguir avaliando as súas características agronómicas e conseguir semente suficiente para poder solicitar el rexistro dunha variedade nova.

O crecemento das liñas semi-enanas foi máis despacio nos primeiros estadios, que as liñas autóctonas. O nivel de afillado, e crecemento posterior foi axeitado. Non houbo moita diferenza no nivel de ataque das diferentes enfermidades foliares entre estas liñas semi-enanas, e as liñas autóctonas. A roia amarela non se detectou, e a roia parda con unha severidade moi baixa (5%). Onde houbo algo de diferenza nas liñas semi-enanas foi na distinta severidade de oidio e septoria, como pasa nas liñas autóctonas.

As liñas tiveron unha altura de planta de entre 1,03 e 1,31 m, e non se observaron encamados. O día de espigado estivo entre o 15 de maio a máis temperá, e o 23 de maio a máis tardía, polo tanto un pouco máis tardíos que as liñas autóctonas.

A seca de primavera impediu ter uns bos rendementos, e o grao quedou mal enchido (coma no 2022), a pesares de ter aboado coma nos trigos comerciais. A posible diferenza no rendimento e enchido do gran, con respecto a liñas autóctonas, podería estar no menor crecemento observado das raíces das liñas semi-enanas. Aínda que non se ten datos estatísticos, isto observouse tanto nestas liñas melloradas coma nalgúns trigos comerciais sementados na mesma parcela. Este menor crecemento da raíz está citado na literatura coma un posible efecto dalgúns xenes de ananismo. Polo que, aínda que se abonou o triplo que as liñas autóctonas, non conseguiron render máis (non se superaron os 3.600 kg/ha). E aínda algúns non chegaron os 1.000 kg/ha.

Realizouse unha experiencia con diferentes aboados de cobertura (70, 120 e 180 UFN) na mesma parcela, con tres liñas semi-enanas, e non se conseguiron diferenzas significativas entre as mesmas. Esta falta de resposta, crese que foi causada por falta de humidade na época da primavera, que non permitiu absorber o exceso de abono, por causa aparente de ter estas liñas unhas raíces menos profundas que as das liñas autóctonas.

3.3. Trazabilidade xenética de 7 liñas autóctonas e 25 liñas semi-enanas

3.3.1. Análise das gluteninas e das gliadinas

No CIAM realizáronse xeles electrofóreticos SDS-page, para coñecer as gluteninas, e xeles de Acid-page, para coñecer as gliadinas presentes en cada variedades o liña autóctona, e nas liñas semi-enanas. Tanto as gluteninas, como as gliadinas, forman parte do glute e por tanto da calidade fariñeira dos trigos, aínda que son as primeiras as que determinan en maior medida a calidade reolóxica.

A técnica SDS-page, aínda que se observan menos bandas, permite acadar a diferenca entre 6 liñas melloradas autóctonas, aínda que a liña E1L2 e E1ext presentan o mesmo perfil de gluteninas. Sempre se encontra algunha banda distinta, ou na zona das gluteninas de alto peso molecular (HMW-GS) ou, sobre todo, na zona das gluteninas de baixo peso molecular (LMW-GS). Todas as 20 mostras por liña autóctona analizada, deron o mesmo perfil de gluteninas (figura 10), polo que se mostra que son liñas totalmente homoxéneas (AC001 a AC140). Algunha vez, pode verse difuminada algunha das ultimas bandas segundo a cantidade de proteína que ten o gran (menor o maior intensidade).

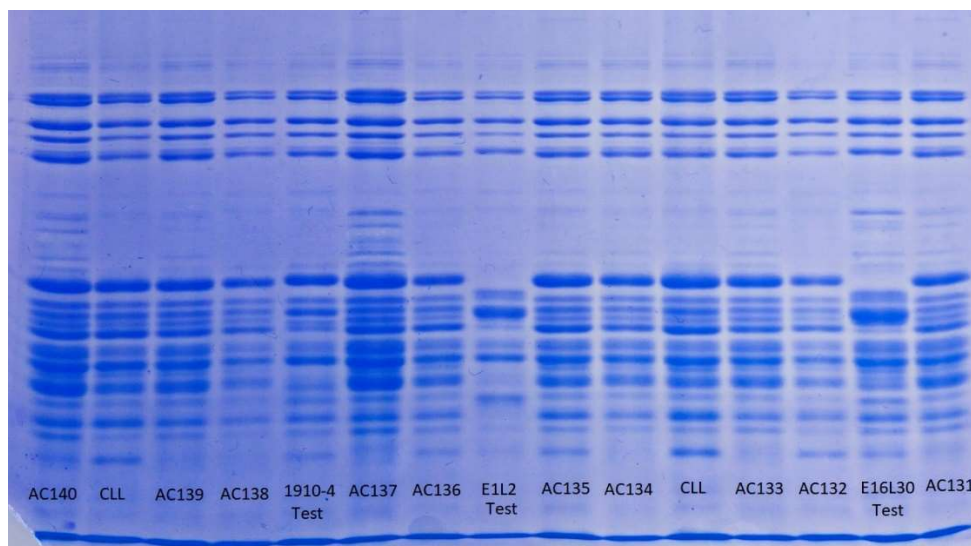


Figura 10. Gel SDS-page de AC131 a AC140 (Calobre), con liñas 1910-4, E1L2, e E16L30.

Pola técnica Acid-page, se visualizan moitas mais bandas (gliadinas), e tamén permitiron acadar a diferenca entre 6 liñas melloradas autóctonas co gran recollido en agosto de 2021, aínda que a liña E1L2 e E1ext presentaron mesmo perfil de gliadinas (figura 11).

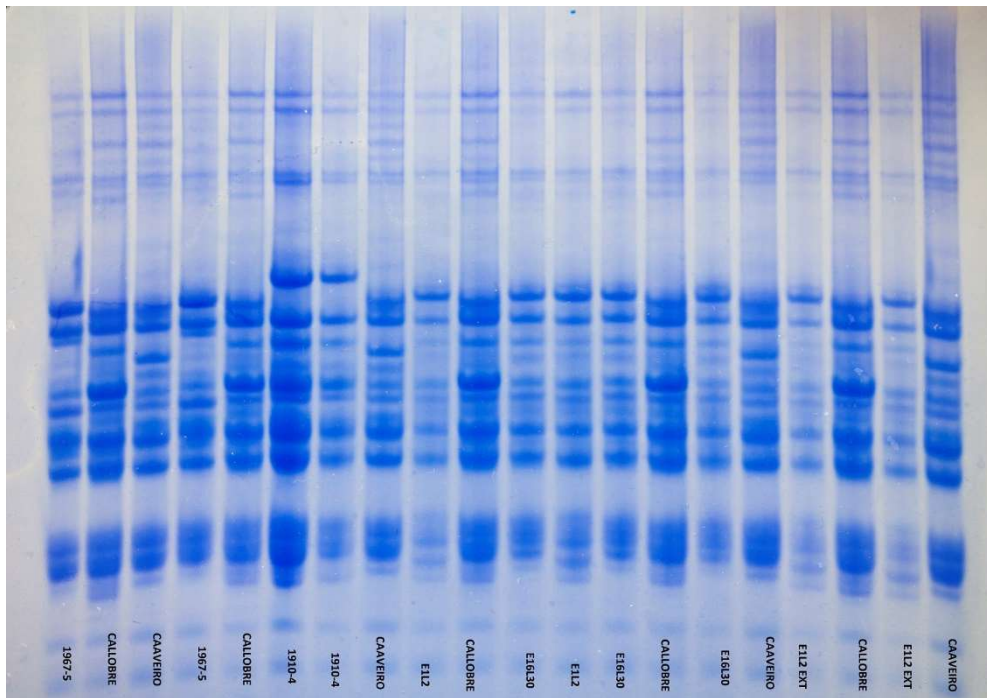


Figura 11. Gel Acid-page de liñas autóctonas

O perfil de gluteninas e gliadinas é o seguinte:

Liñas	<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>	Perfil <i>Glu-LMW</i>	Perfil Gliadinas
E1L2	2••	13+16	2+10	Identicas a E1ext	Identicas a E1ext
E1 Ext	2••	13+16	2+10	Identicas a E1L2	Identicas a E1L2
E16L30	2••	13+16	2+10	Casi identico a E1L2	Diferentes ó resto
1910-4	2••	13+16	2+12	Mínimas diferencias a Callobre	Diferentes ó resto
1967-5	2••	13+16	2+12	Casi identico a E1L2 e E16L30	Diferentes ó resto
Caaveiro	2••	13+16	2+12	Diferentes ó resto	Diferentes ó resto
Callobre	2••	13+16	2+12	Diferentes ó resto	Diferentes ó resto

Con respecto as 10 mostras recollidas de 25 liñas semi-enanas (AC141 a AC390), 23 procedentes do parental Caaveiro e 2 procedentes de Callobre, tamén mostrouse a total homoxeneidade das mostras de cada liña, segundo o seu perfil SDS-page. E ademáis, este perfil de HMW-GS e LMW-GS, era idéntico (excepto nunha liña) ó do parental do que procedía a liña por retrocruza. E dicir, o perfil de gluteninas das liñas semi-enanas que proveñen de Caaveiro, son igual que o perfil de Caaveiro (figura 12). E o mesmo sucede, coas dous liñas semi-enanas provenientes de Callobre.

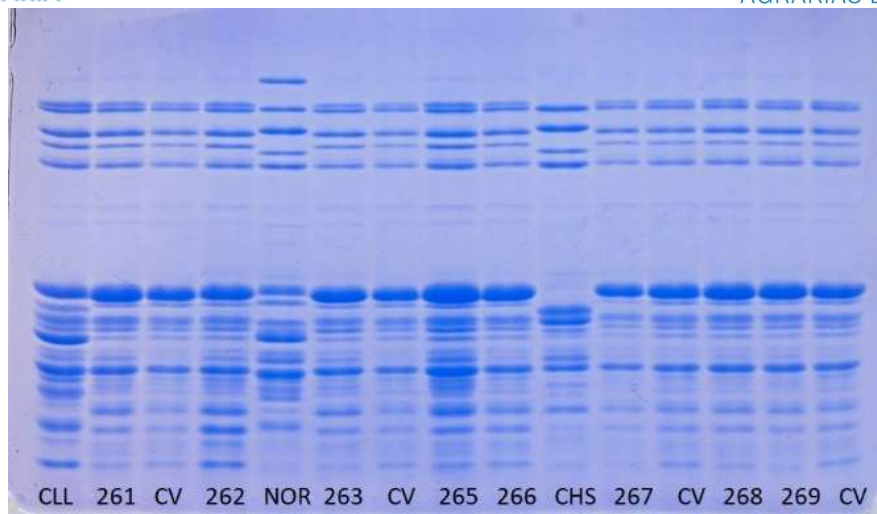


Figura 12. Gel SDS-page de AC261 a AC269, con Caaveiro e Callobre

Os xeles feitos pola técnica Acid-page, permitiron mostrar que os liñas retrocruzadas tiñan as mesmas bandas que Caaveiro ou Callobre. Na foto 13 mostrase catro das 25 liñas semi-enanas (HM71, HM85, HM125 e HM143), que representan parte das mostras AC141 a AC39, e proveñen dun cruce con Caaveiro, e teñen o mesmo perfil de gliadinas.

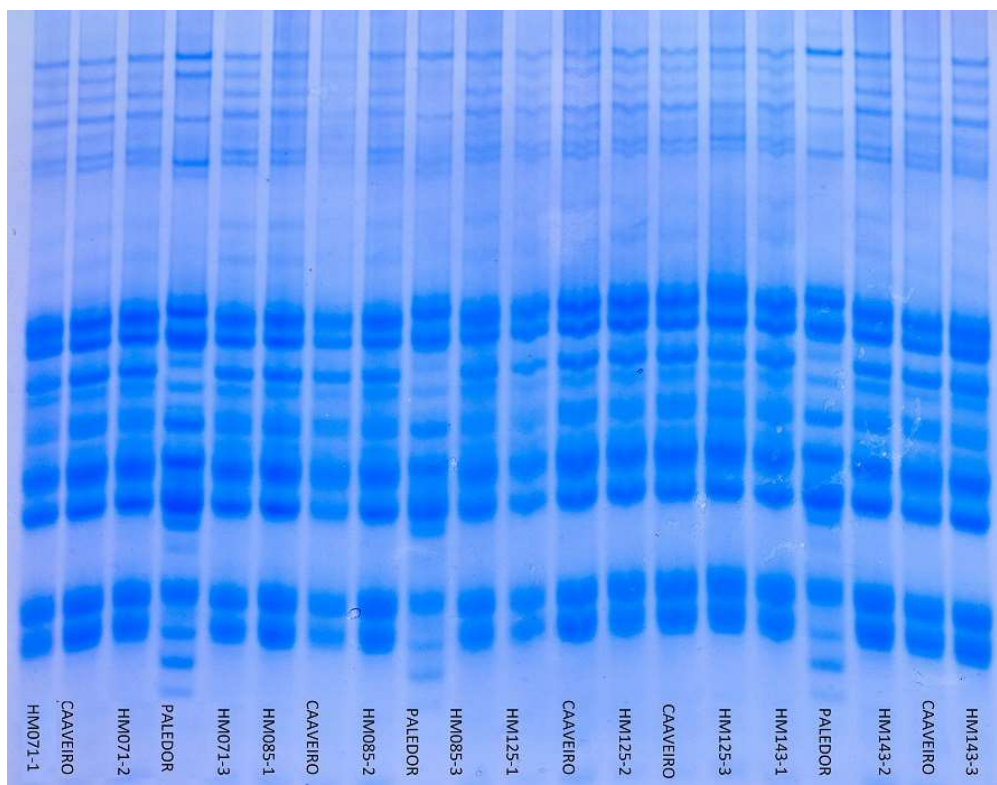


Foto 13. Gel de Acid-Page. Mostran as bandas de gliadinas das liñas semi-enanas HM71, HM85, HM125 e HM143, e os testigos Paledor e Caaveiro.

Como resultado, amosase que as liñas autóctonas E1L2 e E1ext, son idénticas en gliadinas e gluteninas. As demais liñas se poden trazar polas dúas técnicas de electroforese (SDS-page, Acid-page), tanto en fariña como en gran, xa que presentan diferenzas entre elas, e polo tanto será posible detectar fraudes na IXP Pan Galego. Aínda que estas técnicas non serven para trazar mostras de pan feito.

Con respecto as liñas semi-enanas, o ter cada unha delas o 98,5% da xenética do parental Caaveiro ou Callobre, mostrase nos análises que conteñen as mesmas gliadinas e gluteninas, que o seu parental autóctono, polo que non se poderán diferenciar deles.

3.3.2. Análise xenética dos trigos autóctonos

Diversidade xenética

Detectáronse un total de 156 xenotipos únicos, 13 deles os cv. comerciais e os outros 143 de cultivares e poboacións locais.

Os perfís xenéticos para a prebase 'Caaveiro' e 'Caaveiro' (semente utilizada con fins de certificación), 'Callobre' e 'Callobre prebase', E16L30 e 1910-4 foron uniformes, pero as liñas élite E1L2 e 1967-5 (en proceso para ser rexistrados como cvs. comerciais locais) mostraron variacións para sete e un SSRs, respectivamente, e unha mostra mal clasificada como prebase 'Caaveiro', que resultou ser 'Callobre' pero mostrando alelos de 'Caaveiro' en dous dos 17 SSRs. Todas as poboacións locais mostraron máis dun perfil xenético. Foron as poboacións 8, 11 e 22 as que mostraron o menor número de xenotipos (oito) e 1, 5, 10, 16, 17, 19, 24 e 30 cun máximo (dez). Por tanto, a clonalidade variou do 0-20%, cunha media do 6,4%.

Estrutura xenética, PCA e relacións xenéticas

Realizouse unha análise bayesiana usando o software Estrutura (Pritchard, 2000a) usando 17 SSRs para determinar a estrutura xenética entre 156 xenotipos únicos. $K = 2$ foi a estimación máis probable, o que correspondía a unha forte diferenciación en dous grupos principais de xenotipos, un con cvs. comerciais e 2 poboacións (41 e 43 de Folgoso do Caurel,

Lugo) e unha segunda con 125 xenotipos incluíndo só cvs., liñas de elite e poboacións locais. A diferenciación xenética entre cultivares comerciais e locais debeuse aos alelos específicos de ambos os grupos. A maioría das poboacións galegas mostraron variación, pero maioritariamente para 41 e 44 en RPP1 (cvs comerciais.), as que se atoparon en Lugo. En Lugo tamén se atoparon algunhas das poboacións locais (RPP2) e, polo tanto, foi a provincia con maior variabilidade xenética no estudo, pero tamén a única con introgresantes de cvs comerciais modernos. Pola contra, Pontevedra e Ourense mostraron a menor variación xenética, tamén relacionadas cun menor número de entradas destas provincias neste estudo. A maior parte das adhesións de cada poboación foron asignadas a un RPP específico pero con algunhas adhesións clasificadas como “admixed”; é dicir, poboacións como as 11 e 19 de Pontevedra.

3.4. Caracterización físico-química das fariñas

Tras a determinación da humidade, aw e pH nos 7 ecotipos de trigo, aplicouse un ANOVA dun factor (ecotipo/variedade local). Na táboa 7 amósanse os valores do estatístico F e p-valor para os parámetros de humidade, aw e pH.

Os valores de **humidade** das mostras están entre o 12.68% e o 13.48%, presentando a variedade E1Ext o valor máis baixo sen diferenzas significativas con Callobre, 1910-4 e E1L2. Pola contra, E16L30 presenta a maior humidade, sen diferenzas estatisticamente significativas con E1L2, 1967-5, Caaveiro e Callobre.

O **pH** das mostras de fariña está entre 6.13 e 6.58. A variedade E16L30 presentou o valor de pH significativamente máis baixo (sen diferenzas significativas con Callobre e 1910-4), mentras que E1Ext presentou o máis elevado (sen diferenzas significativas con 1967-5).

En canto a **aw** (0.54-0.57), en E1Ext observouse a menor aw, sen diferenzas estatisticamente significativas cas outras mostras, excepto con E16L30. E16L30 presentou o valor máis alto, sen diferenzas significativas con ningunha das mostras excepto con 1910-4.

Táboa 7. Valores do estatístico F e p-valor do Anova 1 factor para os parámetros de humidade, aw e pH nos 7 ecotipos de fariña

Variable	F	p-valor
Humidade	11.43	0.002
aw	3.25	0.015
pH	29.09	0.000

Na táboa 8 amósanse os valores do estatístico F e p-valor do Anova 1 factor para os parámetros de cor instrumental dos 7 ecotipos de fariña analizados.

Os valores do parámetro **L*** (luminosidade) está no rango 64.34-69.42. A mostra 1967- 5 presentou o valor máis baixo (sen diferenzas estatisticamente significativas con Caaveiro). En E1Ext observáronse os valores mais altos (sen diferenzas significativas con E16L30).

Os valores de **a*** (2.91-3.22) foron máis baixos en E16L30 (sen diferenzas estatisticamente significativas con E1L2, 'Callobre' e E1Ext). Os valores máis altos observáronse en 1967-5 (sen diferenzas significativas con E1ext, 'Callobre', 'Caaveiro' e 1910-4).

O parámetro **b*** (5.77-7.36) foi máis baixo en E16L30 (sen diferenzas estatisticamente significativas con 'Caaveiro', E1L2 e 1967-5), mentras que en Callobre obtivéronse os valores máis altos (sen diferencias significativas con E1ext e con 1910-4).

Táboa 8. Valores do estatístico F e p-valor do Anova 1 factor para os parámetros de cor instrumental nos 7 ecotipos de fariña.

Parámetro	F	p-valor
L*	9.13	0.000
a*	6.06	0.000
b*	11.11	0.000

En resumo:

- E1ext: destaca por pH elevado.
- O resto de ecotipos non destacaron especificamente en ningún parámetro fisicoquímico.

3.5. Análise nutricional das fariñas

3.5.1. Análise de macronutrientes

Na táboa 9 amósanse os valores do estatístico F e p-valor para os macronutrientes (proteína, graxa, carbohidratos, azucres sinxelos, glute, amidón e cinzas). Os valores de proteína están entre o valor máis baixo de 1967-5 (10.55%) e o valor máis alto de Callobre (13.32%), con diferencias significativas entre si e co resto de ecotipos. Sen embargo, nos carbohidratos o menor valor é do 70.67% de Callobre (sen diferencias significativas con Caaveiro e con E16L30) e 73.01% de 1967-5 (sen diferencias significativas con E1L2). A graxa está entre o 1.47% de E16L30 (sen diferencias significativas con 1967-5, Callobre e E1L2) e o 2.23% de 1910-4. No relativo os azucres sinxelos as porcentaxes en xeral son moi baixas, aínda que lixeiramente máis elevadas na sacarosa. O valor máis baixo de sacarosa obtívose en E16L30 (0.45%) e o máis alto en Caaveiro (1.31%) sen diferencias significativas con 1967-5, Callobre e 1910-4. Na glicosa os valores situáronse entre o 0.18% de 1967-5 (sen diferencias significativas con Caaveiro e Callobre) e 0.35% de E16L30 (sen diferencias significativas con E1ext e E1L2). O valor máis baixo de frutosa foi 0.02%, sen diferencias significativas co resto de ecotipos, excepto con E1ext (0.11%). O glute seco sitúase entre un 8.00% en E1L2 (sen diferencias significativas con 1910-4 e 1967-5) e un 10.64% en E16L30 (sen diferencias significativas con Callobre e E1ext). O glute húmido, como é lóxico, presenta valores maiores, obtivéronse os valores máis baixo en 1967-5 e E1L2 (21.16%), sen diferencias significativas co resto de mostras, agás con Callobre (28.56%). O amidón total variou dende 64.21% (1910-4) (sen diferencias significativas co resto de mostras, excepto con E1L2 e 1967-5, sendo este último ecotipo o que mostrou maiores valores (sen diferencias significativas con E1L2). As cinzas estiveron por debaixo do 1.5% en tódolos casos. O valor máis baixo foi o de E16L30 (1.25%) e o máis alto foi o de E1ext (1.55%). No houbo diferencias significativas entre E16L30, Callobre e E1L2, nin entre E1ext e 1910-4, Caaveiro e 1967-5.

En resumo:

- 1967-5: menor contido proteína e maior en carbohidratos (sen diferenzas neste último respecto a E1L2).
- E16L30: menor contido en sacarosa
- Callobre: maior contido en proteína e glute e baixo contido en graxa (sen diferenzas respecto a 1967-5 e E1L2), carbohidratos totais e amidón
- 1910-4: maior contido en graxa.
- Resto de ecotipos: non destacaron en concreto por ningún parámetro da análise nutricional.

Táboa 9. Valores do estatístico F e p- valor do Anova 1 factor para os macronutrintes fariña

Parámetro	F	p-valor
Proteína (g/100g)	376,900	0,000
Graxa (g/100g)	25,580	0,000
Carbohidratos (g/100g)	54,180	0,000
Sacarosa (g/100g)	59,490	0,000
Glicosa (g/100g)	26,420	0,000
Fructosa (g/100g)	6,560	0,010
Glute seco (g/100g)	12,170	0,000
Glute húmido (g/100g)	4,638	0,004
Amidón total (g/100g)	17,270	0,000
Cinzas (g/100g)	16,500	0,000

3.5.2. Análise de minerais

Na táboa 10 amósanse os valores do estatístico F e p-valor para os minerais. Observanse diferenzas estatisticamente significativas entre as mostras para todos os minerais.

Os minerais máis abundantes foron o K e o P.

En resumo:

- 1967-5: menor contido en Zn e maior en Ca
- E16L30: menor contido en Ca e Cu
- E1ext: maior contido en Mg e K
- Callobre: maior contido en Zn, Fe e Cu



- 1910-4: maior contido en Ca e K
- Resto de ecotipos: non destacaron por contido en ningún mineral dos estudados.

Táboa 10. Valores do estatístico F e p-valor do Anova 1 factor para os minerais nas fariñas.

Parámetro	F	p-valor
Na (mg/100g)	12,690	0,000
P (mg/100g)	52,390	0,000
K (mg/100g)	178,700	0,000
Mg (mg/100g)	107,800	0,000
Ca (mg/100g)	108,300	0,000
Mn (μ g/100g)	242,300	0,000
Zn (μ g/100g)	30,610	0,000
Fe (μ g/100g)	269,700	0,000
Cu (μ g/100g)	452,900	0,000
Se (μ g/100g)	17,240	0,000

3.6. Análise físico-química dos pans

Na táboa 11 amósanse os valores do estatístico F e p-valor do Anova 1 factor para os parámetros de humidade, aw e pH dos pans elaborados cos 7 ecotipos/variedades locais de fariña.

A **humidade** dos pans estivo no rango 36.06-44.80%. O pan Calobre presentou a humidade significativamente máis baixa, mentras que nos pans E1ext e 1910-4 obtivéronse os valores significativamente máis altos.

No rango 0.92-0.95 situouse a **aw**, sendo o pan Calobre e E1L2 os que presentaron o valor mais baixo e mais alto, respectivamente, con diferenzas estatisticamente significativas entre eles pero sen diferenzas estatísticas cos restantes pans.

O **pH** (5.43-5.64) foi significativamente máis baixo no pan E16L30. Os valores significativamente mais altos obtivéronse nos pans 1910-4 e E1ext.

Táboa 11. Valores do estatístico F e p-valor do Anova 1 factor para os parámetros de humidade, aw e pH nos 7 pans.

Variable	F	p-valor
Humidade	93.850	0.000
aw	2.597	0.040
pH	57.220	0.000

Na táboa 12 amósanse os valores do estatístico F e p-valor do Anova 1 factor para os parámetros de cor instrumental na codia e no miolo dos pans elaborados cos 7 ecotipos de fariña.

En canto a **cor instrumental**, observouse un rango de luminosidade (L) na codia entre 50.604 e 93.837. Non se observaron diferenzas estatísticamente significativas entre as mostras de pan. No miolo, o rango de L estivo en 55.01-62.58. O valor máis baixo observouse en Caaveiro (sen diferenzas significativas con 1910-4, Callobre, E16L30 e E1 ext). Pola contra, E1L2 presentou o valor smáis alto, aínda que sen diferenzas significativas con E1ext nin con 1967-5.

Os valores do **parámetro a** na codia situáronse entre 7.35 e 11.30. Os valores máis baixos observouse na mostra E1L2 (sen diferenzas con Caaveiro nin con 1967-5). Pola contra, os valores estatísticamente máis altos observouse en E1ext, sen diferenzas significativas con Caaveiro, 1967-5, Callobre e E16L30. No miolo, o parámetro a (2.24- 3.00) foi máis baixo en Callobre, mentras que 1910-4 presentou os valores significativamente altos, observáronse diferenzas significativas entre estas mostras pero non co resto de mostras.

En canto o **parámetro b** na codia, con valores no rango 14.25-22.44, observouse o valor máis baixo en E1L2 (sen diferenzas significativas con E16L30 e 1967-5). Os valores máis altos atopáronse nas mostra E1ext (sen diferenzas significativas con Caaveiro, Callobre, E16L30 e 1967-5). No miolo, b os valores situáronse no rango 11.79-15.18. O valor máis baixo presentouno E16L30 (sen diferenzas significativas con Callobre) e o máis alto observouse en E1L2 (sen diferenzas significativas con E1ext, Caaveiro, 1967- 5 nin con 1910-4).

Táboa 12. Parámetros de cor instrumental na codia e no miolo dos pans elaborados cos 7 ecotipos de fariña

Parámetro	F	p-valor
L codia	1.021	0.420
a codia	6.514	0.000
b codia	6.898	0.000
L miolo	5.590	0.000
a miolo	2.823	0.017
b miolo	8.530	0.000

Na táboa 13 amósanse os valores do estatístico F e p-valor do Anova 1 factor para os parámetros de textura instrumental na codia (test de punción) e no miolo (TPA) dos pans elaborados cos 7 ecotipos de fariña.

Na **dureza** da codia, con valores entre 592.35-817.98 g, aínda que o p-valor do Anova mostra diferenzas estatisticamente significativas, na comparación por parellas co test de Tukey non se observaron diferenzas estatisticamente significativas entre as mostras de pan.

O rango observado no traballo de **penetración** na codia foi de 2965.66-4186.20 g.s, pero na mesma liña que na dureza da codia, non se observaron diferenzas estatisticamente significativas entre as mostras analizadas.

No **miolo**, observouse una dureza no rango 2051.02-4675.80 g. O valor máis baixo observouse en Calobre (sen diferenzas significativas con Caaveiro, E1L2 e 1967-5). Pola contra, a mostra 1910-4 mostrou o valor máis alto (sen diferenzas significativas con E16L30).

Na **adhesividade** do miolo non se observaron diferenzas estatisticamente significativas entre as mostras analizadas.

A **mastigabilidade** do miolo presentou valores entre 1091.06 e 2152.24. A mostra de pan Calobre presentou os valores máis baixos (sen diferenzas significativas con Caaveiro, 1967-5 E1L2 e E1ext). Os valor máis altos observouse en 1910-4 (sen diferenzas significativas con E1ext e E16L30).

En canto a **cohesividade** do miolo (0.45-0.53), en E1L2 observouse a menor cohesividade (sen diferenzas significativas con 1967-5, Caaveiro, 1910-4 e E16L30). Calobre presentou o valor máis alto, aínda que sen diferenzas significativas con Caaveiro nin con E1ext).

A **elasticidade** do miolo observada nas mostras estivo no rango 0.63-0.85. A mostra 1910-4 presentou o valor significativamente máis baixo. Os valores máis altos observáronse en Caaveiro e Calobre, sen diferenzas significativas con 1967-5 e E16L30.

No que se refire a **resilencia** do miolo (0.150-0.191), na mostra E1L2 observouse o valor máis baixo, pero sen diferenzas significativas con 1910-4, 1967-5 e E16L30. O valor máis alto observouse en Calobre (sen diferenzas significativas con 1967-5, Caaveiro, E1ext).

Táboa 13. Parámetros de textura instrumental na codia (test de punción) e no miolo (TPA) dos pans elaborados cos 7 ecotipos de fariña.

Parámetro	F	p-valor
Dureza da codia (g)	2.299	0.039
Traballo de penetración codia (g.s)	1.866	0.092
Dureza miolo (g)	9.375	0.000
Adhesiveness miolo (g.s)	1.768	0.124
Masticabilidade miolo	6.660	0.000
Cohesividade miolo	6.947	0.000
Elasticidade miolo	20.12	0.000
Resilencia miolo	6.753	0.000

En resumo:

- Calobre: baixa humidade.
- E16L30: alta humidade e baixo pH
- E1ext: alta humidade e alto pH.
- 1910-4: alta humidade, alto pH, alta dureza do miolo e baixa cohesividade.
- O resto de ecotipos non destacaron en ningún parámetro físico-químico.

3.7. Análise nutricional dos pans

3.7.1. Análise de macronutrintes

Na táboa 14 recóllense os valores do estatístico F e p-valor do Anova 1 factor para os parámetros os parámetros nutricionais estudados nos pans elaborados cos 7 ecotipos de fariña.

Os valores de **proteína** nos pan variaron de 8.28% (1967-5) (sen diferenzas significativas con E16L30, E1ext e 1910-4) a 9.58% (E1L2) (sen diferenzas significativas con Callobre).

A **graxa** situouse entre 0.93% (1967-5) e 1.28% (Callobre). O pan do ecotipo 1967-5 unicamente mostrou diferenzas significativas con Callobre, mentras que Callobre mostrou valores significativamente superiores ca calquera dos outros ecotipos.

Os menor valor de **carbohidratos** obtívose para 1967-5 (47.99%), sen diferenzas significativas con ningún ecotipo agás con E1L2 e Callobre, presentando éste o valor significativamente máis alto (87.66%).

En canto a **azucres simples**, na sacarosa o valor máis baixo observouse en E1ext e 1910-4 (0.01%), sen diferenzas significativas con ningún ecotipo agás con E16L30 (0.16%) que presentou o valor máis alto, que a súa vez so presentou diferenzas significativas con E1ext e 1967-5. A análise de glicosa mostrou valores entre 0.90% en Caaveiro (sen diferenzas significativas con E16L30) e 1.07% en 1967-5 (sen diferenzas significativas con ningún ecotipo, agás con Caaveiro e E16L30). Na frutosa observáronse valores de 0.33% a 0.52% en E16L30 e E1ext, respectivamente. En E16L30 so se observaron diferenzas significativas con E1ext, Callobre e 1910-4.

En canto o **amidón total**, os resultados variaron do 46.44% (E1ext) e 57.00% (E16L30). No valor de E1ext no se observaron diferenzas significativas con 1910-4 nin con E1L2, e pola outra banda, os valores de E16L30 non diferiron significativamente de 1967-5, Caaveiro ou Callobre. No amidón dixerible so se observaron diferenzas estatisticamente significativas entre E1 ext, 1910-4, E1L2 e E16L30. O valor mais baixo obtívose en 1910-4 (39.17%) e o

mais alto en 1967-5 (42.35%). Pola contra, no amidón resistente os valores estiveron entre 7.16% (E1ext) (sen diferenzas significativas con E1L2) e 10.84% (1967-5) (sen diferenzas significativas con Callobre e 1910-4). Dentro do amidón dixerible, non se observaron diferenzas significativas entre os ecotipos nos valores de amidón de dixestión rápida, pero si no amidón de dixestión lenta. No amidón de dixestión lenta os valores obtidos variaron de 38.64% a 43.83% para E1 ext e Caaveiro, respectivamente. En E1ext non se observaron diferenzas significativas con E1L2 nin con 1910-4. Do mesmo xeito, Caaveiro non mostrou valores significativamente diferentes a 1967-5, E1630 ou Callobre.

O contido en **fibra** estivo no intervalo 3.56%-5.07%, para Caaveiro e 1910-4, respectivamente. O valor obtido en 1910-4 foi significativamente maior que para calquera ecotipo, pola contra o valor máis baixo de Caaveiro non diferiu significativamente de E16L30 nin de Callobre.

O contido en **cinzas** situouse entre 1.73% (1967-5) (sen observarse diferenzas significativas con Caaveiro, Callobre e 1910-4) e 1.95% (E1L2) (sen observarse diferenzas significativas con E1ext re E1L2).

Táboa 14. Macronutrintes (proteína, graxa, carbohidratos, azucres sinxelos,fraccións de amidón, fibra e cinzas dos pans elaborados cos 7 ecotipos de fariña.

Parámetro	F	p-valor
Proteína (g/100g)	22,170	0,000
Graxa (g/100g)	6,589	0,013
Carbohidratos (g/100g)	758,000	0,000
Sacarosa (g/100g)	5,893	0,017
Glucosa (g/100g)	36,090	0,000
Fructosa (g/100g)	9,370	0,004
Amidón total (g/100g)	12,900	0,002
Amidón dixerible (g/100g)	10,030	0,003
Amidón resistente (g/100g)	26,900	0,000
Amidón de dixestión rápida (g/100g)	0,898	0,544
Amidón de dixestión lenta (g/100g)	13,740	0,001
Fibra (g/100g)	61,350	0,000
Cinzas (g/100g)	7,824	0,002

3.7.2. Análise de minerais

Na táboa 15 poden observarse os valores do estatístico F e p-valor do Anova 1 factor para os parámetros nutricionais estudados nos pans elaborados cos 7 ecotipos de fariña.

O contido en sodio (**Na**) no pan é maior ca na fariña debido o sal engadida no proceso de elaboración. O valor máis baixo foi o do pan do ecotipo 1910-4 (465.76 mg/100g), aínda que sen diferencias significativas con E1ext. Pola contra, o valor máis alto foi para o pan de ecotipo Callobre (555.93 mg/100g), ademáis con diferencias significativas co pan do resto de ecotipos.

O contido en fósforo (**P**) variou entre os 108.75 mg/100g de 1910-4 (valor significativamente menor ca o obtrido en calquera dos outros ecotipos) e os 134.31 mg/100g de Callobre (sen diferenzas significativas con 1967-5).

O potasio (**K**) situouse entre 136.72 mg/100g de 1910-4 (sen diferenzas significativas con Caaveiro) e 166.02 mg/100g de 1967-5 (sen diferenzas significativas con Callobre).

O contido no resto de minerais foi menor. Os valores de magnesio (**Mg**) 27.29 mg/100g (1910-4) e 32.60 mg/100g (1967-5) (sen diferenzas significativas con E1ext e Callobre). O calcio (**Ca**) situouse entre 17.00 mg/100g (1910-4) (sen diferenzas con E1ext e Caaveiro) e 21,41 mg/100g (Callobre) (sen diferenzas con 1967-5 e E16I30). Os valores de manganeso (**Mn**) variaron entre 0.82 mg/100g (1910-4) e 1.36 mg/100g (Callobre); o valor de Mn en Callobre foi significativamente maior que calquera outro ecotipo, pola contra, 1910-4 non mostrou diferenzas significativas con E1L2. Os valores de zinc (**Zn**) foron de 0.78 mg/100g (1910-4) (sen diferenzas significativas con ningún ecotipo, agás con Caaveiro) a 2.18 mg/100g (Caaveiro). Observáronse baixos contidos en cobre (**Cu**) de Caaveiro, E1ext e E1L2 (0.16-0.19 mg/100g) respecto os outros ecotipos (0.22-0.24 mg/100g). No Se os valores foron mois baixos en tódolos ecotipos.

Táboa 15. Minerais dos pans elaborados cos 7 ecotipos de fariña

Parámetro	F	p-valor
Na (mg/100g)	43,530	0,000
P (mg/100g)	55,040	0,000
K (mg/100g)	97,220	0,000
Mg (mg/100g)	28,190	0,000
Ca (mg/100g)	20,640	0,000
Mn (µg/100g)	219,100	0,000
Zn (µg/100g)	5,212	0,001
Fe (µg/100g)	212,100	0,000
Cu (µg/100g)	48,700	0,000
Se (µg/100g)	2,635	0,032

En resumo:

- Callobre: maior contido en carbohidratos, glicosa (sen diferenzas con E1ext, 1910-4 e E1L2), Fe, Mn e Na
- E16L30: maior contido en sacarosa e menor en glicosa
- E1ext: maior contido en glicosa (sen diferenzas con Callobre, 1910-4 e E1L2) e menor en amidón resistente e Na (sen diferenzas con 1910-4)
- 1910-4: maior contido en glicosa e fibra e menor en P e Na (sen diferenzas con E1ext).
- Caaveiro: menor contido en glicosa (sen diferenzas con E16L30).
- E1L2: maior contido en glicosa (sen diferenzas con Callobre, E1ext e 1967) e menor en amidón resistente (sen diferenzas con E1ext).
- 1967: maior contido en glicosa (sen diferenzas con Callobre, E1ext e E1L2).

3.8. Análise sensorial dos pans

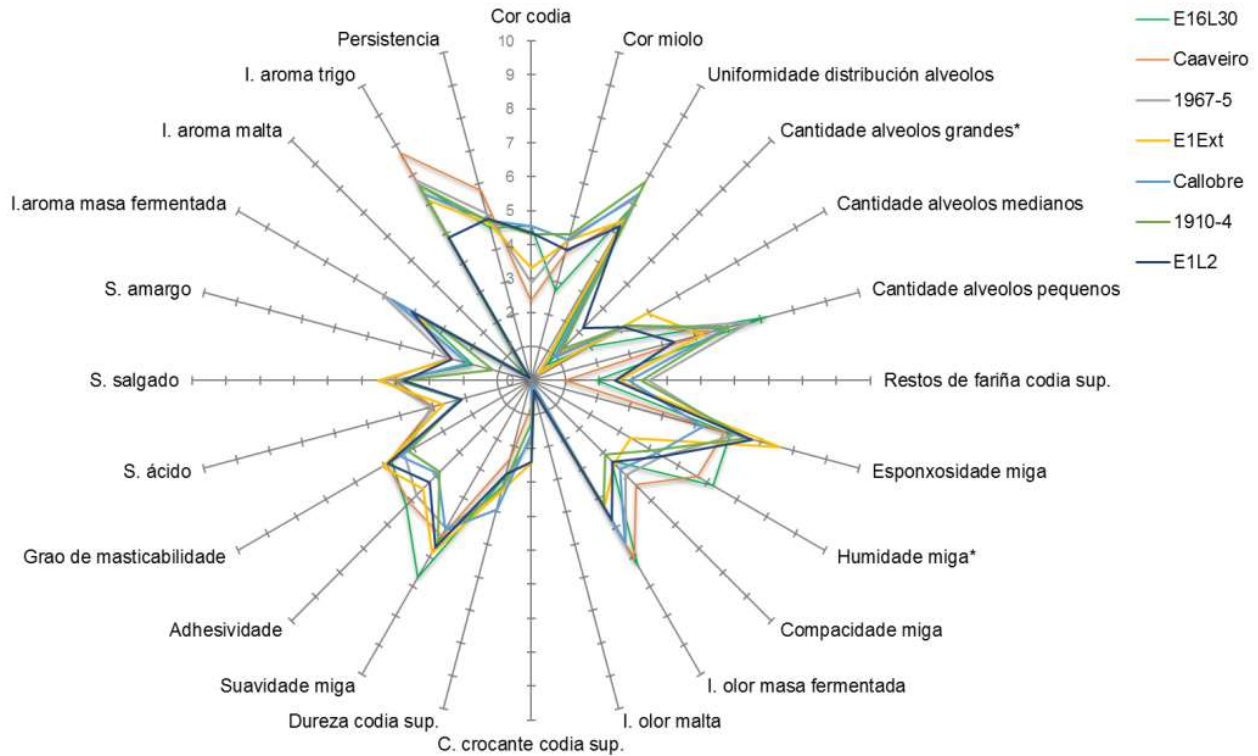
Na táboa 16 amósanse os valores do estatístico F e p-valor do Anova 1 factor para os parámetros sensoriais avaliados polo panel de catadores adestrado da Cátedra do Pan e do Cereal dos pans elaborados cos 7 ecotipos de fariña.

Táboa 16. Estadístico e nivel de significación do ANOVA de 1 factor (ecotipo).

Descriptor	F	p-valor
Cor codia	1.235	0.312
Cor miolo	0.537	0.776
Uniformidade distribución alveolos	0.238	0.961
Cantidade alveolos grandes	2.399	0.048
Cantidade alveolos medianos	1.176	0.371
Cantidade alveolos pequenos	1.939	0.102
Restos de fariña codia superior	0.900	0.506
Esponxosidade miga	0.559	0.760
Humidade miga	2.395	0.048
Compacidade miga	0.423	0.852
Intensidade olor a masa fermentada	0.355	0.902
Intensidade olor a malta	0.472	0.825
Carácter crocante codia sup.	0.532	0.780
Dureza codia superior	0.359	0.900
Suavidade miga	0.428	0.855
Adhesividade	0.504	0.801

Na figura 14 pode observarse o perfil sensorial de cada un dos pans analizados, incluído os valores dos descritores sensoriais avaliados.

Figura 14. Perfil sensorial dos pans elaborados cos 7 ecotipos de fariña



Abegondo, a 31 de outubro de 2023

Fdo.- Luis Urquijo Zamora
 Dr. Ingeniero Agrónomo do CIAM