

Proxectos INOU 2019

Investigación aplicada na provincia de Ourense

Coordinadora:
de Blas Varela, Esther



Vicerreitoría do
Campus de Ourense

Universidade de Vigo

Proxectos INOU 2019.

Investigación aplicada na provincia de Ourense

Coordinadora:

de Blas Varela, Esther

Ourense, 2020

Universidade de Vigo • Campus de Ourense

Proxectos INOU 2019. Investigación aplicada na provincia de Ourense

Autores/as:

Cid Iglesias, Begoña
Gueimonde Canto, Ana Isabel
García Feal, Orlando
Pérez Losada, Fermín Emiliano
Rodríguez Toubes-Muñiz, Diego
Iglesias Sarmiento, Valentín
Ribadas Pena, Francisco José
Laza Fidalgo, Rosalía
Cotos Yáñez, Tomás Raimundo
Rivo López, Elena
Astray Dopazo, Gonzalo

Coordinadora:

de Blas Varela, Esther

Comisión de Avaliación:

Álvarez Díaz, Marcos
Garrote Velasco, Gil
López Periago, José Eugenio
Prada Rodríguez, Julio
Reboiro Jato, Miguel
Sampayo Fernández, José A.

Vicerreitoría do Campus de Ourense-Campus Auga
Universidade de Vigo
Ourense, 2020

Nº de páxinas: 232

ISBN: 978-84-8158-882-8

Edición

Vicerreitoría do Campus de Ourense - Campus Auga

www.uvigo.gal/campus/ourense-campus-auga

© Universidade de Vigo

Maquetación

Rodi Artes Gráficas, S. L.

Reservados todos os dereitos. Nin a totalidade nin parte deste libro pode reproducirse ou transmitirse por ningún procedemento electrónico ou mecánico, incluíndo fotocopia, gravación magnética ou calquera almacenamento de información e sistema de recuperación, sen o permiso previo e por escrito das persoas titulares do copyright.

Índice

Prólogo	7
Indicador composto de valoración do desempeño turístico sustentable dos espazos naturais protexidos (ENP) da provincia de Ourense	9
Análise de inundacións no xacemento arqueolóxico de Aquis Querquennis	37
Documentación, delimitación, estado de conservación e valoración científica e patrimonial do xacemento arqueolóxico de Aquis Querquennis (Baños de Bande, Ourense)	55
Impacto socioeconómico do campamento romano Aquis Querquennis	107
Perfís aritméticos na escola elemental	121
Solución tecnolóxica para PREVIN-MAT	143
Desenvolvemento de ferramentas para apoiar a calidade e a mellora continua no sector hoteleiro ourensán	159
Optimizar os indicadores de circularidade económica mediante a inclusión de factores correctores que non penalicen o sector agroalimentario da provincia de Ourense	189
Establecemento dos balances de materia no sector agroalimentario da provincia de Ourense a fin de optimizar os indicadores de circularidade material	213

PRÓLOGO

Unha das nosas obrigas como universidade é a de poñer en valor os recursos da nosa contorna. Aspiramos a aliñar as actividades do noso campus coas necesidades da nosa bisbarra e nese camiño confluímos a Universidade de Vigo e a Deputación Provincial de Ourense. Únenos o interese común de traballar por mellorar os ámbitos social e económico da nosa provincia, interese do que xorde esta nova convocatoria de proxectos INOU 2019.

Nesta edición quixemos dar un paso máis e propuxémos nos impulsar a interacción entre os grupos de investigación do campus de Ourense. Por iso, e co fin de promover e de garantir as colaboracións interdisciplinarias, este ano quixemos financiar proxectos coordinados nos que participase persoal investigador de diferentes ámbitos de coñecemento. Esta aposta, que semellaba arriscada, foi ben acollida por todos e todas, polo que esperamos e desexamos que sexa semente de futuras sinerxías e colaboracións.

A convocatoria INOU 2019 financiou cinco proxectos de investigación coordinados, composto cada un deles por dous ou tres subproxectos liderados por persoas investigadoras de distintos ámbitos. As súas temáticas abranguen desde o turismo sostible nos espazos naturais protexidos da provincia de Ourense, a potenciación do interese turístico do Complexo Arqueolóxico e Termal de Aquis Querquennis, o desenvolvemento de ferramentas para a mellora continua da calidade do sector hoteleiro ourensán ou a circularidade das actividades económi-

cas da provincia, ata a prevención e a intervención no fracaso escolar en matemáticas dos e das escolares da nosa provincia.

Quero deixar constancia do meu agradecemento a todas as persoas que participaron nas distintas etapas desta 17 edición de proxectos INOU. Os seus esforzos culminaron na publicación desta obra que, sen dúbida, é o resultado da implicación e do bo facer de todas as persoas que con traballo e ilusión nos apoiaron neste novo camiño de colaboración que aquí iniciamos.

Esther de Blas Varela

Vicerreitora do Campus de Ourense-Campus Auga

Indicador composto de valoración do desempeño turístico sustentable dos espazos naturais protexidos (ENP) da provincia de Ourense

M. B. Cid Iglesias,¹ A. Gueimonde Canto,² M. Álvarez Jiménez,³
I. C. Area Carracedo,¹ M. I. Diéguez Castrillón² e N. Rodríguez López²

¹Departamento de Matemática Aplicada II

²Departamento de Organización de Empresas e Márketing

³Departamento de Ecoloxía e Bioloxía Animal

Campus de Ourense, Universidade de Vigo

bego@dma.uvigo.es, agueimonde@uvigo.es, maruxa@uvigo.es, area@uvigo.gal, idieguez@uvigo.es, nrl@uvigo.es

Resumo do subproxecto 1

Na meirande parte de análises de desempeño turístico existentes na literatura defínense indicadores baseándose nunha foto fixa, é dicir, nun intre determinado. Para este tipo de indicadores cómpre dispor de tipos de datos que podemos categorizar en sociais, económicos, patrimoniais e de sustentabilidade. Unha vez definidos os indicadores individuais, o obxectivo deste traballo foi obter un indicador composto de valoración global do desempeño turístico sustentable, xunto con outros indicadores que permiten a valoración parcial das diferentes dimensións dese desempeño. Para obter este indicador composto levouse a cabo unha análise de compoñentes principais (ACP), método estatístico que permite simplificar a complexidade dun espazo mostral con moitas dimensións, pero que á súa vez permite conservar a información.

Partindo dunha mostra de datos de tamaño n con p variables, o método de ACP permite atopar un número de factores $z < p$ que explican aproximadamente o mesmo ca as p variables orixinais. É dicir, onde antes se necesitaban p valores para caracterizar cada individuo da mostra, agora bastan z valores. Cada unha destas z novas variables

recibe o nome de compoñente principal. Este método permite, xa que logo, condensar a información achegada por múltiples variables nunhas poucas compoñentes. Por outra parte, este método de ACP tamén permite a redución de dimensión dun conxunto de datos, eliminando as partes innecesarias. A proposta matemática desenvolvida neste proxecto permite eliminar o efecto subxectivo na construción do índice, achegando unha combinación linear acaída dos distintos indicadores individuais que representan as diferentes dimensións do desempeño turístico sustentable dos espazos naturais protexidos. Deste xeito, introducimos o «gradiente de desempeño turístico sustentable», que permite obter unha ordenación significativa dos espazos.

Palabras clave:

Compoñentes principais, redución, dimensión.

Resumo do subproxecto 2

A provincia de Ourense ten unha elevada porcentaxe do seu territorio declarado como espazo natural protexido (ENP). Este feito xustifica a necesidade de dispor de ferramentas que permitan a monitorización do impacto da actividade turística sobre os citados espazos, de cara á súa posta en valor e aproveitamento sustentables. A planificación do desenvolvemento sustentable destes territorios implica ter en conta paralelamente tanto o ámbito medioambiental coma o económico, o social e o cultural, para o que se precisa de información ao respecto.

Neste traballo obtense un indicador composto de valoración global do desempeño turístico sustentable, xunto con catro indicadores compostos para a valoración parcial das diferentes dimensións dese desempeño: benestar económico da poboación, benestar social da comunidade, creación de sentido de comunidade e preservación da natureza. Estes indicadores empréganse para avaliar o desempeño turístico sustentable dos tres parques naturais (PN) e as dúas reservas da biosfera de (RB) Ourense: PN Serra da Enciña da Lastra, RB Área de Allariz, PN O Invernadeiro e PN/RB Baixa Limia-Serra Xurés-Gerês. A análise realízase comparando a posición dos ENP de Ourense co valor medio dunha mostra escollida de 102 ENP de España. Os achados obtidos orientan sobre as dimensións a potenciar por parte de cada ENP a fin de conseguir un desempeño turístico sustentable: desde o ámbito de xestión do PN Serra da Enciña da Lastra deben fortalecerse tanto o benestar social da poboación coma a preservación

da natureza; desde a RB de Allariz, a dimensión económica da sustentabilidade é a que cómpre mellorar e fortalecer; para o PN O Invernadeiro son os aspectos sociais os que é necesario mellorar, xunto coa sustentabilidade medioambiental; o PN/RB do Xurés debe fortalecer os aspectos referidos a todas as catro dimensións de desempeño turístico sustentable.

Palabras clave:

Espazo natural protexido, destino, indicador, sustentabilidade, turismo.

1. Introducción

Nas últimas décadas, os espazos naturais protexidos consolidáronse como destinos turísticos en auxe e de crecemento intenso. De feito, se só se ten en conta a afluencia aos parques nacionais, é dicir, os espazos cun maior valor natural e cultural e menor impacto da actividade humana, os datos indican que o número de visitantes se vén incrementando paulatinamente desde o ano 1991, supera os dez millóns de visitas no ano 2000 e chega aos quince millóns en 2016. Estes datos manifestan non só o interese social que espertan estes espazos naturais, senón tamén a necesidade de compatibilizar a conservación dos seus recursos naturais coa difusión dos valores que encerran, asegurando ao mesmo tempo o gozo por parte da sociedade. Neste marco, a influencia da actividade turística sobre estes espazos tamén está en aumento e créase a necesidade de avaliar as repercusións sociais, medioambientais e económicas da actividade turística sobre os destinos elixidos polos/as visitantes.

A investigación sobre o desempeño dos destinos turísticos e a súa medición constitúe aínda un campo de coñecemento insuficientemente explorado [1-5, 5, 6] Tense teorizado e profundado enormemente sobre os factores que inflúen no desempeño sen antes reflexionar en profundidade e cun enfoque holístico sobre como se valora e a onde conduce o citado desempeño.

O desenvolvemento sustentable do turismo implica deixar de asociar o turismo en exclusiva á actividade económica e considerar as interrelacións entre o ámbito social, medioambiental e económico; e deste modo entender a sustentabilidade como elemento que determina o éxito e a supervivencia dos destinos turísticos.

Este feito é especialmente necesario cando estamos ante destinos complexos, como o caso dos espazos naturais protexidos (ENP). A especial complexidade dos ENP

resulta da variedade de obxectivos e de axentes involucrados na súa custodia, así como da fragilidade social e ambiental que habitualmente os caracteriza [7]. Neste contexto é necesario dispor de ferramentas de medida do desempeño que sexan apropiadas á contorna e que as poidan usar os seus xestores/as para aplicarse na xestión turística e do uso público seguindo unha perspectiva sustentable.

Os obxectivos do presente traballo son:

- (1) Identificar as variables e os indicadores simples que permitan achegarse á conceptualización e á medición do desenvolvemento do desempeño turístico sustentable dos ENP desde diferentes dimensións.
- (2) Elaborar un indicador composto que integre as distintas dimensións que configuran o desempeño turístico sustentable destes destinos (dimensións económica, social e medioambiental), así como indicadores compostos relativos a cada unha das dimensións de desempeño.
- (3) Aplicar de maneira empírica e con datos concretos os indicadores obtidos para medir e cuantificar o actual desempeño dos cinco ENP máis importantes de Ourense, nomeadamente, os tres parques naturais (O Invernadeiro, Serra da Enciña da Lastra e Baixa Limia-Serra do Xurés) e as dúas reservas da biosfera (Área de Allariz e Xurés-Gerês).

Os resultados do proxecto pretenden constituír unha ferramenta de xestión que lles facilite ás administracións dispor de indicadores sintéticos para valorar e monitorizar o potencial de desenvolvemento económico e a dinamización das economías locais dos ENP da provincia de Ourense e da súa contorna. Os principais achados obtidos presentaranse en forma de diagnose de desempeño turístico sustentable relativos aos ENP de Ourense anteriormente citados.

2. Sustentabilidade de destino turístico

A sustentabilidade é un enfoque que está sempre presente, ben de forma explícita ou implícita, cando se adopta unha visión a longo prazo, dinámica, dos destinos turísticos e a súa competitividade, ben cando se recoñecen efectos do turismo sobre os territorios onde se desenvolve e sobre as súas comunidades locais [8,9].

Segundo o Informe Brundlant [10], que proporciona a definición máis popular de sustentabilidade, o concepto de sustentabilidade desenvólvese arredor de tres dimensións: crecemento económico, inclusión social e equilibrio ambiental. Tras a aprobación

pola ONU da Axenda 21, e na secuencia da súa aplicación a diferentes sectores –entre eles o turismo [11]–, refórzase o interese arredor do concepto de sustentabilidade.

Refórzase, por tanto, a importancia concedida á sustentabilidade e, para o caso do turismo, ao entenderse como unha actividade desenvolvida en territorios concretos, tense en conta a necesidade da aplicación de políticas e accións localmente a fin de acadar un desenvolvemento sustentable.

Aínda que a visión do turismo sustentable en ocasións se restrinxe a prácticas turísticas ás que se lles concede a etiqueta *eco*, *green*, ou outras similares (responsable, *alternative*, *soft* ou circular, por exemplo), hoxe en día deféndese que calquera forma de turismo pode e debe ser sustentable [12, 13]. Nesta senda, mesmo xorde unha corrente de traballos que pugna por un turismo de masas compatible coa sustentabilidade [14-17]2011. En concreto, para os ENP, a European Charter for Sustainable Tourism in Protected Areas [7], aprobada en 1995, constitúe a primeira ferramenta de aplicación da nova filosofía de desenvolvemento turístico sustentable.

A paulatina adopción do enfoque de sustentabilidade por parte das políticas de desenvolvemento tamén ten o seu reflexo na progresiva adopción do concepto no ámbito da reflexión teórica sobre o que se debe considerar como desempeño dos destinos turísticos. Tradicionalmente, o desempeño dos destinos turísticos analízase tendo en conta exclusivamente o punto de vista da oferta constrinxido á súa dimensión económica: a competitividade do destino vincúlase á competitividade das súas empresas [18-20] e a xestión dos destinos redúcese a atraer e servir as/os visitantes [21]. No entanto, un amplo número de autores/as vinculan o desempeño dos destinos á consecución do benestar da poboación local, á prosperidade socioeconómica e/ou á mellora do nivel de vida dos/as residentes [19, 21-28]. Así, transcendendo a visión simplista que considera exclusivamente os impactos económicos do turismo, constátase o cambio nas condicións de vida que o turismo xera na comunidade local [29, 30], e nos recursos comunitarios e as infraestruturas [31, 32]. Estas circunstancias inflúen na calidade de vida dos/as residentes [29, 33].

Na actualidade, desde un enfoque dinámico do turismo que pon o acento no benestar percibido e nos efectos a longo prazo [34], o concepto de sustentabilidade turística adquire crecente protagonismo [35]. En concreto, os modelos de desenvolvemento turístico que teñen como destino espazos protexidos salientan a implementación de estratexias de xestión baseadas na sustentabilidade considerando aspectos econó-

micos, sociais e da contorna medioambiental [36, 37]. Así, a noción de sustentabilidade vincúlase co desenvolvemento baixo un enfoque holístico, ao recoñecerse elementos que interactúan afectándose mutuamente e con interrelacións que se deben considerar no momento de valorar calquera tipo de resultado en termos sustentables.

3. Indicadores de medida para a sustentabilidade de destino turístico

Existe consenso en que os indicadores se fan imprescindibles para medir o progreso cara ao desenvolvemento sustentable [38], así como para informar sobre os impactos das prácticas do turismo e determinar se son ou non aceptables [39], e constitúen ferramentas empregadas para a xestión por autoridades locais e rexionais, tanto para cuantificar o grao de sustentabilidade coma para monitorizar este. Neste senso, Butler, hai máis de vinte anos, indicaba que sen a implantación de ferramentas de monitorización «o uso do termo turismo sustentable non tería significado» [40].

Os indicadores de sustentabilidade son recomendados pola Axenda 21 adoptada na Cimeira de Río de Xaneiro de 1992. Aínda que desde principios dos anos noventa se ten traballado na elaboración deste tipo de indicadores, as pautas para a súa elaboración son publicadas en 1995 pola Organización Mundial de Turismo [11] e actualizadas posteriormente en 2005 [41], xunto a unha ampla relación de indicadores. A idea é deseñar os que permitan operativizar o desenvolvemento sustentable en calquera destino turístico [42].

O debate nos inicios sitúase en se os indicadores de sustentabilidade para o turismo deben ter en conta a sustentabilidade deste en si mesmo ou o desenvolvemento do turismo en liña cos principios xerais do desenvolvemento sustentable [40, 43]. Coa chegada do novo século avánzase cara á reconceptualización do termo turismo sustentable e algúns autores/as chegan a formular a inexistencia dun turismo sustentable e a necesidade de tomalo en consideración; e, polo tanto, medir a súa contribución ao desenvolvemento sustentable.

En moitas ocasións fórmase como paradoxal a elaboración e a construción deste tipo de indicadores sen partir dunha definición clara, concreta, precisa e universalmente aceptada do termo turismo sustentable, considerando a falta de consenso existente e as múltiples interpretacións que emerxen. No entanto, recoñécese o valor e a utilidade para identificar e analizar a información relativa a algún dos elementos importantes e comúns das diversas acepcións do concepto, como a consideración da *triple botton*

line coas dimensións medioambiental, económica e social; o mantemento da equidade entre as xeracións actuais e futuras, así como entre seres humanos e natureza; e, por último, a salvagarda das condicións de benestar relacionadas co longo prazo [44]. A utilidade dos indicadores ao ter en conta o turismo no marco dos sistemas económicos e socioecolóxicos é a de configurarse como ferramentas precisas tanto para o deseño e a aplicación de políticas coma para a xestión das estratexias de desenvolvemento sustentable. Así Torres e Saarinen [45] defenden os indicadores como ferramentas esenciais para a sustentabilidade por distintos motivos: monitorizar o desenvolvemento sectorial, facilitar a avaliación das políticas e prácticas turísticas, medir o desempeño sectorial para desenvolver estratexias adecuadas para o futuro e, por último, comunicar coñecemento xerando datos cuantitativos e obxectivos que permiten un completo entendemento do fenómeno turístico nun contexto espacial determinado.

Como resultado da multidisciplinaridade desde a que se trata o tema dos indicadores de sustentabilidade e o turismo, dos múltiples enfoques adoptados, da adscripción aos diferentes paradigmas, da diversidade de metodoloxías empregadas, e dos obxectivos variados formulados para eles, a literatura científica presenta un amplo abano de indicadores. Kristjansdottir *et al.* [42] clasifícanos en función da adhesión aos postulados de diversas escolas de pensamento sobre sustentabilidade identificadas por Saarinen [46]: a baseada nos recursos, a baseada na comunidade e a baseada na actividade. López *et al.* [47] diferencian os indicadores en función da información que conteñen, máis ou menos elaborada e combinada: indicadores simples, sistemas de indicadores compostos e índices de sustentabilidade. Por indicadores simples (tamén denominados básicos, sectoriais, temáticos ou non agregativos) enténdense os que se obteñen de fontes primarias, estatísticas ou directamente da realidade, ou teñen un tratamento de datos simple. No entanto, os índices (tamén chamados indicadores globais, sintéticos, sistémicos, agregados, complexos ou compostos) son medidas adimensionais que xorden de combinar varios indicadores simples mediante un sistema de ponderación que xerarquiza as compoñentes. Entre os dous tipos de indicadores comentados atópase unha situación intermedia, o sistema de indicadores, que consiste nunha recompilación de indicadores simples cuxo resultado se interpreta de forma conxunta. Tanguay *et al.* [48] distinguen os indicadores considerando dous enfoques: o científico e o político. Aínda que desde o primeiro se persigue a obtención de moita información, no caso do segundo enfoque a pretensión é a de condensar a información

dispoñible en indicadores sintéticos comprensibles que poidan dar apoio e soporte a decisións políticas. Para Thield [49] os indicadores poden clasificarse en función da súa finalidade: ben realizar comparación entre destinos, ben a avaliación e o seguimento da sustentabilidade dun destino determinado.

Restrxinxíndonos aos indicadores sintéticos, Franzoni [50] considera indicadores integrados de sustentabilidade turística caracterizados por recoller a relación e o efecto da interconexión e da correlación entre as diversas dimensións ou compoñentes. Para Torres e Saarinen [45] poden considerarse como tales o índice de desempeño sustentable (SPI) de Castellani e Sala [51]; o índice de penetración turística (TPI) de McElroy e Albuquerque [52]; o ST Index de Sánchez e Pulido [53], Pulido e Sánchez [54], e Pulido *et al.* [55]; e o indicador sintético de distancia por compoñentes principais (DCP) de Blancas [56], Blancas *et al.* [57, 58], e Blancas *et al.* [59]. A estes indicadores pódense engadir, por exemplo, o indicador sintético de programación por metas (IPM) de Blancas [56], Blancas *et al.* [58,60] e Lozano-Oyola *et al.* [61]; o índice de sustentabilidade turística (ISOST) de Torres-Delgado [62]; a análise envolvente de datos despois de distancia por compoñentes principais (DEAPC) ou a análise envolvente de datos despois de programación por metas (DEAPM) de Caballero *et al.* [63], Pérez *et al.* [64] e Pérez *et al.* [65]; o índice de desenvolvemento turístico sustentable de Ko [66]; as ferramentas de *benchmarking* de turismo sustentable (STBT) de Cernat e Gourdon [67]; o índice de desempeño sustentable para destinos turísticos (SPITD) de Velázquez [68]; o indicador sintético para destinos costeiros de Croacia de Kozic e Mikulic [69]; e o índice de competitividade de viaxes e turismo (TTCI) de Mazanec e Ring [70].

Adicionalmente aos indicadores sintéticos de sustentabilidade aplicados ao turismo que se poden recapitular da literatura científica, existen metodoloxías e indicadores aplicables a destinos turísticos por parte de diversos organismos públicos e privados; por exemplo, no ámbito internacional, o Institute of Sustainable Development's Indicators (IISD's) e o UNWTO's Global Sustainable Tourism Criteria (GSTC). No ámbito europeo, o European Tourism Indicators System (ETIS), deseñado pola Unión Europea, pretende ser unha ferramenta de medición para a xestión de destinos sustentables. Para o caso de España, o máis similar pode ser, no ámbito estatal, o sistema de indicadores Monitor de competitividade turística relativa das comunidades autónomas españolas (Monitur), elaborado por Exceltur. O Monitur avalía a través de 82 indicadores obxectivos a capacidade de cada comunidade autónoma de consolidar un posiciona-

mento turístico diferencial e sustentable, no tempo que asegure prosperidade económica, creación de emprego e benestar percibido do turismo no ámbito local, e os concilie coa posta en valor e preservación dos valores identitarios e os recursos naturais, culturais e territoriais. Para o caso de destinos urbanos, Exceltur elabora o Monitor de competitividade turística dos destinos urbanos (Urbantur), coa información das 22 cidades españolas de maior relevancia turística. Urbantur emprega 62 indicadores que reflicten os aspectos máis relevantes que condicionan a súa competitividade turística, entendida como a capacidade de incrementar de forma sustentable a produtividade do sistema turístico a longo prazo.

O principal problema que teñen os indicadores é a dificultade para conseguir datos e información que permitan extrapolar a súa aplicación a todo tipo de destinos turísticos. Así, malia a existencia de todas as iniciativas citadas, ningunha delas permite ser aplicada a espazos naturais protexidos, tanto polo perfil dos indicadores coma pola inexistencia de datos dos destinos que se correspondan cos indicadores.

4. Análise empírica da sustentabilidade de destino turístico nas áreas protexidas de Ourense

4.1. Operacionalización das variables de medida

Como xa deixamos evidenciado, son múltiples os indicadores simples propostos para medir o desempeño turístico sustentable, no relativo tanto á calidade de vida da poboación local coma á sustentabilidade económica, social ou medioambiental. Para este traballo seleccionamos ítems de entre os propostos por Andereck e Nyau-pane [71], Liburd *et al.* [72], Sirgy e Cornwell [73], e Tsauro *et al.* [37]. Escollemos os que cumpran dúas restricións: (1) recoller en boa medida a especificidade do destino da área protexida, e (2) que sobre eles se lles poidan achegar respostas aos/ás informantes cualificados escollidos por nós para responder o cuestionario. Os indicadores empregados preséntanse na táboa 1. Para cada cuestión preguntouse polo impacto do turismo sobre cada unha desas características e pediuse que se valorase sobre unha escala Likert de 1 a 5. Esta escala de medida xa ten sido validada, e a explicación do proceso de validación seguido pode consultarse en Blanco-Cerradelo *et al.* [2]

Dimensións	Indicadores
Dimensión de benestar económico da poboación (BEP)	<ul style="list-style-type: none"> - Diversificación e fortaleza da economía - Suficientes postos de traballo para as/os residentes - Prezos apropiados para os bens e os servizos - Retorno económico/beneficios para a comunidade - Oportunidades empresariais
Dimensión de benestar social da comunidade (BSC)	<ul style="list-style-type: none"> - Preservación da paz e tranquilidade - Seguridade - Aire e auga limpos
Dimensión de creación de sentido de comunidade (CSC)	<ul style="list-style-type: none"> - Participación dos/as residentes na xestión do espazo - Imaxe proxectada pola comunidade - Coñecemento do patrimonio natural e cultural
Dimensión de preservación da natureza (PN)	<ul style="list-style-type: none"> - Preservación da forma de vida - Preservación da natureza

Táboa 1. Escala de medida para o desempeño turístico sustentable das áreas protexidas

4.2. Obxecto e unidade de análise

Ourense conta cunha gran representación de espazos protexidos no conxunto da comunidade autónoma galega, concretamente tres parques naturais, dúas reservas da biosfera, trece espazos incluídos na Rede Natura 2000, tres monumentos naturais, unha paisaxe protexida, tres sitios naturais de interese turístico e un espazo natural de interese local (véxase a táboa 2).

Categoría de protección	Denominación	Superficie (en ha)	Ano de declaración
Parque natural	Baixa Limia-Serra do Xurés	29 345	1993
	O Invernadeiro	5698,72	1997
	Serra da Enciña da Lastra	3151,67	2002
Reserva da biosfera	Reserva de Biosfera Área de Allariz	21 482	2005
	Reserva da Biosfera Transfronteiriza Xurés-Gerês (Ourense e Portugal)	330 874 (62 916 ha en Galicia e 267 958 ha en Portugal)	2009

Categoría de protección	Denominación	Superficie (en ha)	Ano de declaración
Espazos da Rede Natura 2000 Zona de especial protección dos valores naturais (ZEPVN) Lugares de importancia comunitaria (LIC)	Baixa Limia	33 921,45	2004
	Bidueiral de Montederramo	1983,82	2004
	Canón do Sil (A Ribeira Sacra)	5194,12	2006
	Macizo Central	46 985,65	2004
	Pena Veidosa	2321,07	2004
	Pena Maseira	5738,82	2006
	Río Támega	630,46	2004
	Veiga de Ponteliñares	159,75	2004
	Serra do Candán	10 699,06	2004
Zona de especial protección dos valores naturais (ZEPVN) Zonas de especial protección de aves (ZEPA)	Baixa Limia-Serra do Xurés	31 288,32	2004
	A Limia	6939,28	2009
Espazos da Rede Natura 2000 Zona de especial protección dos valores naturais (ZEPVN) Lugares de importancia comunitaria (LIC) Zonas de especial protección de aves (ZEPA)	Serra da Enciña da Lastra	1787,14 (LIC e ZEPA)	2006 (LIC e ZEPA)
	Pena Trevinca	24 896,2 (LIC) 22 511,31 (ZEPA)	2006 (LIC) 2008 (ZEPA)
Monumento natural	Souto de Rozabales	3,4	2000
	Serra de Pena Corneira	1002,3	2008
	A Carballa da Rocha	0,6	2007
Paisaxe protexida	Val do río Navea	692,8	2008
Espazo natural de interese local	Voutureira	183,8	2008
Sitio natural de interese turístico	Lagoa da Serpe	n. p.	n. p.
	Lagoa de Ocelo	n. p.	n. p.

Táboa 2. ENP de Ourense.

Fontes: Plan de ordenación dos recursos naturais (PORN) do PN Baixa Limia-Serra do Xurés; Plan reitor de uso e xestión (PRUG) do PN O Invernadeiro; Plan reitor de uso e xestión (PRUG) do PN Serra da Enciña da Lastra; Rede Española de Reservas da Biosfera; Natura 2000 Standard Data Forms; Banco de Datos da Natureza, Ministerio para a Transición Ecolóxica e o Cambio Demográfico; Dirección Xeral de Patrimonio Natural, Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Vivenda; Turgalicia

Para a obtención e a aplicación inicial do índice de desempeño turístico sustentable, neste traballo óptase por restrinxirse aos tres parques naturais (Baixa Limia-Serra do Xurés, O Invernadeiro e Serra da Enciña da Lastra) e ás dúas reservas da biosfera (Área de Allariz e Xurés-Gerês), que se estenden ao longo de dezaioito concellos e 93 248 hectáreas (véxanse as táboas 2 e 3). Xustifícase a elección destes espazos concretos debido a que:

- Segundo a UICN o turismo pode ser un obxectivo de xestión primario nestas áreas [74], onde se permite un desenvolvemento do turismo en combinación coa preservación do espazo.
- Os parques consolidáronse mundialmente como uns importantes espazos atractivos de turistas [75-78]. Ademais, os tres parques da provincia de Ourense contan con outras categorías de protección como zona especial de protección de aves ou lugar de importancia comunitaria.
- As reservas da biosfera son recoñecidas internacionalmente e designadas pola Unesco. Segundo a Unesco [79] existen 564 reservas da biosfera en 109 países. España ocupa a terceira posición en canto ao número de reservas da biosfera con 40. Ourense conta con dúas das cinco existentes en Galicia.

Nome	Concello
Parque Natural Baixa Limia-Serra do Xurés	Bande, Lobeira, Entrimo, Lobios, Muíños, Calvos de Randín
Parque Natural O Invernadeiro	Vilariño de Conxo
Parque Natural Serra da Enciña da Lastra	Rubiá
Reserva de Biosfera Área de Allariz	A Bola, Allariz, Rairiz de Veiga, Vilar de Santos
Reserva da Biosfera Transfronteiriza Xurés-Gerês (Ourense e Portugal)	Bande, Calvos de Randín, Entrimo, Lobeira, Lobios, Muíños (Ourense). Arcos de Valdevez, Melgaço, Montalegre, Ponte da Barca e Terras de Bouro (norte de Portugal)

Táboa 3. Ámbito territorial dos parques naturais das reservas da biosfera de Ourense

Fontes: Plan de ordenación dos recursos naturais (PORN) do PN Baixa Limia-Serra do Xurés; Plan reitor de uso e xestión (PRUG) do PN O Invernadeiro; Plan reitor de uso e xestión (PRUG) do PN Serra da Enciña da Lastra; Rede Española de Reservas da Biosfera

4.3. Obtención de datos

Recompiláronse datos dos indicadores simples escollidos para cada dimensión realizando traballo de campo. A opción pola que se optou consistiu nunha mostra representativa de espazos naturais estatais.

Así, para a nosa análise, e a fin de facer comparativas e valoracións sobre o nivel de desempeño dos ENP de Ourense respecto a outros ENP, incorporamos os espazos de Ourense dentro dunha mostra de 102 espazos de todo o territorio español. Esta mostra está integrada por catro parques nacionais, 62 parques naturais (entre os que se inclúen o do Invernadeiro e o da Serra da Enciña da Lastra), 11 reservas da biosfera (entre as que se inclúe a de Allariz) e 25 espazos que contan con máis dunha categoría de protección (aquí incluímos o espazo do Xurés, protexido tanto como parque natural coma reserva da biosfera).

Esta mostra de 102 espazos extráese (mediante o método de mostraxe estratificada en poboacións finitas e seguindo o criterio de afixación proporcional) da poboación total de áreas protexidas existente en España (6 parques nacionais, 97 parques naturais e 18 reservas da biosfera, e 39 con máis dunha das anteriores categorías). O universo poboacional é de 160 áreas protexidas.

Estrato	N_h	n_h
Parque nacional	6	4
Parque natural	97	62
Reservas da biosfera	18	11
Áreas protexidas con máis dunha categoría	39	25
	N = 160	N = 102

Táboa 4. Mostraxe estratificada co criterio de afixación proporcional da mostra

Diriximos o cuestionario elaborado ás persoas encargadas da xestión do destino (xestores/as, directores/as ou técnicos/as do espazo protexido). Procuramos, deste xeito, tal como apuntan Enright e Newton [80], e Gomezelj e Mihalič [81], acudir a informantes que teñen un coñecemento relevante e o máis aprehensivo posible sobre o destino turístico.

A información foi recollida vía correo electrónico após arranxos previstos por conversación de teléfono. Nunha etapa preliminar, diriximos varios pretests para detectar fracasos posibles na enquisa desde un ambiente académico experto exterior.

Elaborouse unha base de datos coa información dos 102 elementos da mostra dentro da que se atopan os ENP de Ourense. Incorporouse a información individualizada de cada indicador simple válido para a construción do indicador composto de desempeño.

4.4. Análise

A fin de obter medicións sintéticas do desempeño turístico sustentable, a partir dos datos recompilados utilizouse a técnica de análise de compoñentes principais (ACP). Esta técnica utilízase para describir un conxunto de datos en termos de novas variables («compoñentes») non correlacionadas. As compoñentes ordénanse pola cantidade de varianza orixinal que describen, polo que é útil para reducir a dimensionalidade dun conxunto de datos.

Así pódese converter un conxunto de observacións de variables posiblemente correlacionadas nun conxunto de valores de variables sen correlación linear chamadas compoñentes principais.

En termos matemáticos isto pasa por calcular os autovalores e os autovectores asociados á matriz de covarianza dos datos. Os autovalores e os autovectores existen en pares: cada autovector ten un autovalor correspondente. O autovector é un vector e indica unha dirección. O autovalor é un número que indica «canta» varianza hai nos datos nunha dirección. O autovector asociado ao autovalor máis alto é, polo tanto, a compoñente principal.

Por outra parte, esta técnica de ACP pódese utilizar para reducir as dimensións dun conxunto de datos. A redución de dimensións consiste en reducir os datos ás súas compoñentes básicas, eliminando calquera parte innecesaria.

No conxunto de datos estudado téñense considerado os autovalores maiores ca 0,9 posto que son os máis representativos da mostra. Os autovectores correspondentes aos citados autovalores indican as dimensións nas que hai moita información, os autovectores correspondentes ao resto de autovalores non terán moita información, polo que podemos descartalos para simplificar o conxunto de datos.

A proposta matemática desenvolvida trata de eliminar o efecto subxectivo na construción do índice, procurando determinar unha combinación linear acaída dos distintos indicadores individuais que representan as diferentes dimensións do desempeño turístico sustentable dos espazos naturais protexidos. Deste xeito, introducimos o que denominamos «gradiente de desempeño turístico sustentable». Unha vez normalizado este vector, permitiunos ordenar os datos dos 102 espazos naturais considerados segundo a súa contribución. Posteriormente, fixéronse agrupamentos por distintas categorías dos datos ou grupos representativos de cada dimensión do constructo.

Obtívose, deste xeito, un indicador sintético global do desempeño turístico sustentable (DTS), así como catro indicadores sintéticos parciais referidos a cada unha das dimensións do desempeño turístico sustentable consideradas: benestar económico da poboación (BEP), benestar social da comunidade (BSC), creación de sentido de comunidade (CSC) e preservación da natureza (PN).

Para interpretar os resultados faise preciso considerar que os índices obtidos non teñen límite inferior ou superior. Por este motivo, non se pode tratar de maneira absoluta a sustentabilidade ou insustentabilidade turística dos destinos, e é oportuno referirse a esta en termos comparativos no marco da mostra considerada de 102 ENP.

Neste senso, considérase por unha parte o lugar de cada ENP nas clasificacións, tanto na clasificación de DTS, entendido como constructo integrado por catro dimensións, coma nas clasificacións correspondentes a cada dimensión identificada. Nestas clasificacións, o ENP con mellor resultado ocupa o lugar 1 e o de peor resultado o 102, coa excepción da clasificación elaborada a partir dos valores da dimensión PN, xa que debido ás características dos datos só se atoparon 11 valores diferentes (neste caso varios ENP ocupan o mesmo lugar na clasificación, manténdose o lugar 1 para os ENP que presenten mellor resultado e o número 11 para os de peor resultado).

Adicionalmente estúdase o diagnóstico tomando como referencia o valor 100 que reflicte a media da mostra dos 102 ENP. Para cada ENP considérase o valor do índice en termos de distancia á media.

4.5. Resultados

A combinación dos valores do indicador de desempeño turístico sustentable e os valores correspondentes ás catro dimensións de desempeño consideradas permítenos

perfilar o posicionamento competitivo en termos de desempeño sustentable dos ENP de Ourense.

Os principais achados obtidos preséntanse en forma de diagnose de desempeño turístico sustentable relativa aos catro ENP de Ourense anteriormente citados. Así a aplicación do índice construído presenta unha situación na que se manifesta a vantaxe competitiva relativa en dous deles, tanto no caso do PN Serra da Enciña da Lastra como na RB Área de Allariz, mentres que no PN O Invernadeiro e no PN/RB Baixa Limia-Serra Xurés se detecta a desvantaxe competitiva relativa; esta é máis acusada no último dos citados ENP ourensáns.

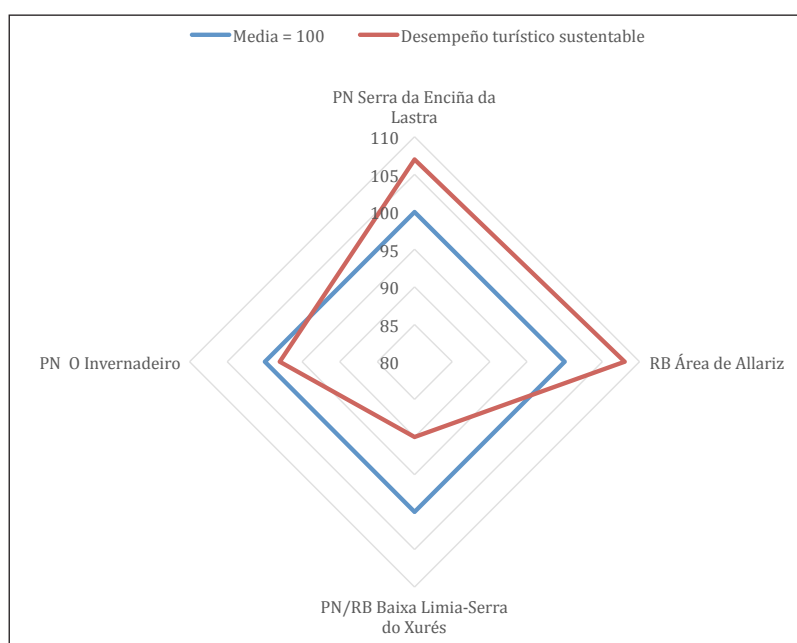


Figura 1. Índice de desempeño turístico sustentable-posicionamento competitivo dos ENP ourensáns

A análise dos datos correspondentes ás catro dimensións de desempeño sustentable dos ENP permítenos achegar conclusións diferenciadas no que respecta aos resultados en termos de benestar económico da poboación, benestar social, creación de sentido da comunidade e preservación da natureza dos ENP.

En relación á dimensión de benestar económico da poboación, destaca a vantaxe competitiva do PN O Invernadeiro, aínda que o PN Serra da Enciña da Lastra tamén presenta resultados positivos en termos relativos. Os outros dous ENP ourensáns conside-

rados teñen un comportamento similar, así ambos presentan unha lixeira desvantaxe respecto á media.

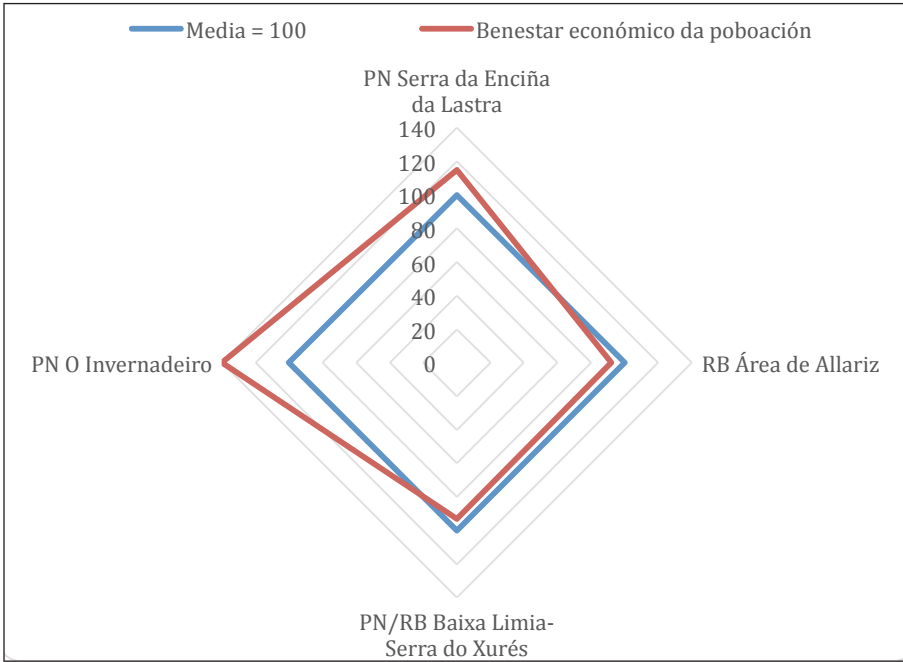


Figura 2. Dimensión de benestar económico da poboación-posicionamento competitivo dos ENP ourensáns

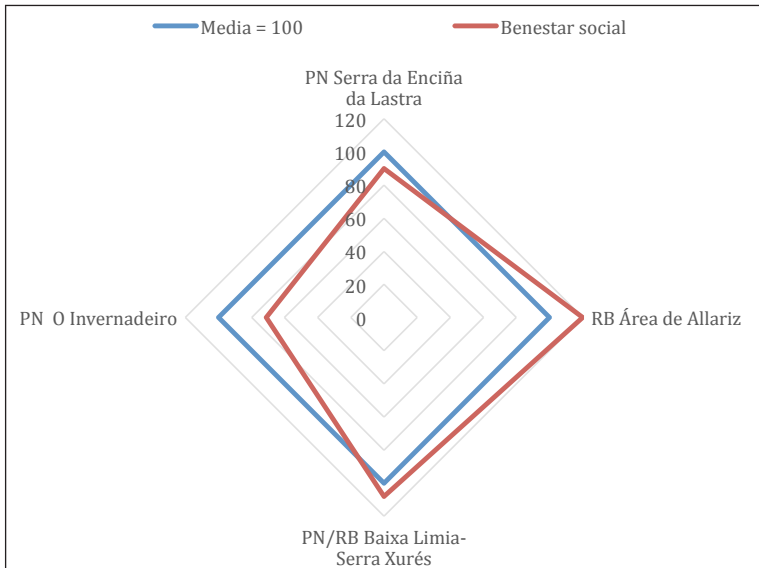


Figura 3. Dimensión de benestar social-posicionamento competitivo dos ENP ourensáns

En relación á dimensión de benestar social, a situación é a inversa á manifestada para a dimensión económica, xa que tanto a RB Área de Allariz coma o PN/RB Baixa Limia Serra do Xurés están ben posicionadas en termos relativos, mentres que tanto o PN Serra da Enciña da Lastra coma o PN O Invernadeiro amosan unha situación de desvantaxe competitiva.

En canto á creación do sentido da comunidade, tres dos catro ENP presentan unha posición vantaxosa en termos relativos, unicamente o PN O Invernadeiro amosa desvantaxe competitiva.

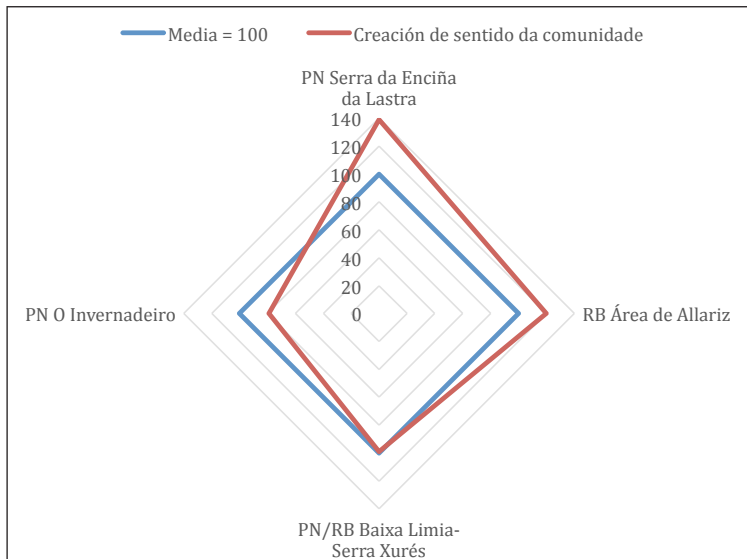


Figura 4. Dimensión de creación de sentido de comunidade-posicionamento competitivo dos ENP ourensáns

En canto á dimensión de preservación da natureza, en todos os ENP, excepto na Reserva da Biosfera de Allariz, obtéñense valores do índice que evidencian desvantaxe competitiva.

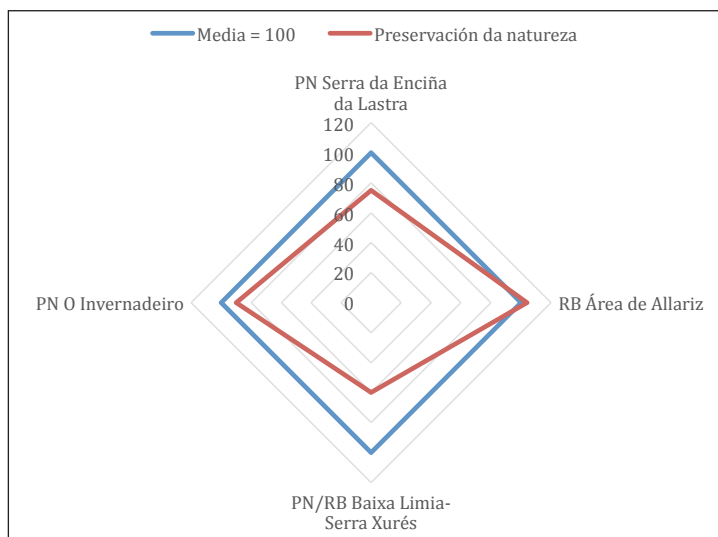


Figura 5. Dimensión de preservación da natureza-posicionamento competitivo dos ENP ourensáns

Espazo natural protexido	Posición na clasificación				
	DS	BEP	BSC	CSC	PN*
Parque Natural Serra da Enciña da Lastra	34	34	65	10	9
Reserva da Biosfera Área de Allariz	31	59	17	46	6
Parque Natural/Reserva da Biosfera Baixa Limia-Serra do Xurés	71	58	38	73	10
Parque Natural O Invernadeiro	55	15	89	80	7

*No caso da dimensión PN, a clasificación consta de 11 posicións

Táboa 5. Resumo de posicionamento competitivo con valores dos 102 ENP

Espazo natural protexido	Valores referenciados á media = 100				
	DS	BEP	BSC	CSC	PN
Parque Natural Serra da Enciña da Lastra	109	115	90	119	75
Reserva da Biosfera Área de Allariz	108	92	120	120	104
Parque Natural/Reserva da Biosfera Baixa Limia-Serra do Xurés	90	93	108	99	60
Parque Natural O Invernadeiro	98	140	71	79	90

Táboa 6. Resumo de posicionamento competitivo con valores referenciados á media = 100

5. Conclusións

A crecente importancia do turismo nas consideradas áreas protexidas, constituídas estas como destinos turísticos, e a necesidade de xestionar os ENP desde unha perspectiva sustentable, xustifican a necesidade de elaborar un indicador sintético que se poida empregar como ferramenta de xestión para valorar e monitorizar o desempeño sustentable neste tipo de destino.

Aínda que non exista un concepto unívoco da sustentabilidade faise preciso contar con ferramentas que permitan achegarse á operativización do desenvolvemento sustentable cunha perspectiva holística, que vaia máis lonxe da consideración en exclusiva da sustentabilidade da actividade turística, tendo en conta a sustentabilidade do destino turístico. Así, débese considerar o carácter multidimensional da sustentabilidade dos destinos turísticos a través de múltiples dimensións como a económica, a social e a medioambiental.

O deseño e a aplicación de indicadores sintéticos ou compostos para achegarse á medición e á operativización do desenvolvemento sustentable ou sustentabilidade dos destinos turísticos permite proporcionar información para a súa xestión e xerar coñecemento sobre a situación na que se atopan para deseñar estratexias futuras. Por tanto, constitúen ferramentas que poden ser empregadas polos decisores/as públicos e privados para a planificación e a xestión. O principal obstáculo ao desenvolvemento e á aplicación deste tipo de ferramentas asóciase á escaseza de datos. Normalmente están dispoñibles no ámbito territorial, o que imposibilita aplicar para todo tipo de destinos os sistemas de indicadores compostos deseñados por investigadores/as e organismos públicos para contornos non turísticos e/ou para destinos con especificidades concretas.

Para avaliar e tratar o desempeño sustentable dos espazos naturais protexidos, entendidos estes como destinos turísticos, neste traballo empregamos un indicador composto que incorpora as dimensións de benestar económico da poboación, benestar social da comunidade, preservación da natureza e creación de sentido da comunidade. A súa aplicación aos ENP ourensáns que están baixo as figuras de protección reserva da biosfera e parque natural permítenos identificar a través do seu posicionamento competitivo os puntos fortes e débiles en canto a desempeño sustentable, así como determinar concretamente cara a cal ou cales das dimensións da sustentabilidade se deberían orientar os esforzos para poder avanzar cara a un desenvolvemento sustentable deles.

O PN Serra da Enciña da Lastra presenta un desempeño turístico sustentable que se sitúa por enriba da media da mostra escollida para a análise. Isto explícase por un elevado sentido da comunidade xerado na poboación local vinculada, así como por un aceptable benestar económico da poboación respecto á media de ENP considerados. Porén, tanto o benestar social da poboación, vinculado á consecución de maiores estándares en calidade de vida, como tamén á dimensión de preservación da natureza, deben ser aspectos que se deben mellorar e potenciar nas actividades turísticas para conseguir a través delas un maior desempeño do territorio.

Non obstante, é diferente a diagnose que podemos realizar sobre a RB de Allariz. Mostra tamén un desempeño turístico sustentable situado por enriba da media da mostra escollida para a análise. A comunidade poboacional vencellada a esta reserva goza dun benestar social destacable, un considerable sentido de pertenza a unha comunidade diferenciada, así como uns valores para a dimensión de preservación da natureza que a sitúan en liña coa media de ENP españois avaliados. É, porén, a dimensión económica da sustentabilidade a que cómpre mellorar e fortalecer a fin de chegar a lograr un desempeño global equilibrado e durable.

Pola súa parte, o PN O Invernadeiro mostra un desempeño turístico sustentable lixeiramente inferior á media. Esta situación de desvantaxe non se pode asociar a maiores dificultades respecto á sustentabilidade económica da poboación, pois nesta dimensión puntúa por riba da media. Son os aspectos sociais, relativos á calidade de vida da poboación e ao sentido de pertenza a unha comunidade, os que cómpre fortalecer. A maior sustentabilidade medioambiental é tamén unha dimensión que se debe potenciar para os xestores/as da actividade turística, a fin de evitar que se converta nunha clara desvantaxe do seu desenvolvemento.

Finalmente, o territorio vencellado ao Xurés, que dispón da dupla protección a través das figuras de parque natural e de reserva da biosfera, experimenta un desempeño turístico sustentable moi por debaixo da media. É, de feito, o que presenta un valor máis baixo no índice global, entre os catro espazos considerados. E é que nas catro dimensións de desempeño turístico sustentable cómpre focalizarse para acadar un desenvolvemento turístico do territorio que sexa equilibrado, duradeiro e beneficioso para todos os axentes involucrados na práctica turística, e moi en especial para a poboación local (quizais en menor medida no benestar social, pois é onde os valores están lixeiramente por riba da media).

Ao longo deste traballo presentáronse os resultados iniciais da aplicación dos indicadores compostos deseñados. No entanto, a ferramenta ten múltiples funcionali-

dades que se poderían implementar no futuro. Así pode utilizarse para a realización de *benchmarking*, ao permitir sinalizar os ENP mellor posicionados, e tamén se pode aplicar ao longo do tempo, o que posibilitaría realizar a monitorización dos avances.

6. Referencias

- [1] Abreu Novais, M., Ruhanen, L., and Arcodia, C. (2018) Destination competitiveness: A phenomenographic study. *Tourism Management*. 64 324–334.
- [2] Blanco-Cerradelo, L., Gueimonde-Canto, A., Fraiz-Brea, J.A., and Diéguez-Castrillón, M.I. (2018) Dimensions of destination competitiveness: Analyses of protected areas in Spain. *Journal of Cleaner Production*. 177 782–794.
- [3] Croes, R. and Kubickova, M. (2013) From potential to ability to compete: Towards a performance-based tourism competitiveness index. *Journal of Destination Marketing & Management*. 2 (3), 146–154.
- [4] Croes, R.R. (2005) Value as a measure of tourism performance in the era of globalization: Conceptual considerations and empirical findings. *Tourism Analysis*. 9 (4), 255–267.
- [5] Drakulić Kovačević, N., Kovačević, L., Stankov, U., Dragičević, V., and Miletić, A. (2018) Applying destination competitiveness model to strategic tourism development of small destinations: The case of South Banat district. *Journal of Destination Marketing & Management*. 8 114–124.
- [6] Hanafiah, M.H., Azman, I., Jamaluddin, M.R., and Aminuddin, N. (2016) Responsible Tourism Practices and Quality of Life: Perspective of Langkawi Island communities. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 222 406–413.
- [7] Europarc Federation (2010) European Charter for Sustainable Tourism in Protected Areas. Europarc Federation, Germany.
- [8] Hall, C.M. and Lew, A.A. (1998) Sustainable tourism: A geographical perspective. Addison Wesley Longman, London.
- [9] Priestley, G.K., Edwards, J.A., and Coccossis, H. (1996) Sustainable tourism? European experiences. CAB International, Oxford.
- [10] Brundtland, G.H. (1987) Informe Brundtland. World Commission on Environment & Development (WCED), .
- [11] World Tourism Organization (1997) Agenda 21 for the Travel & Tourism Industry: Towards Environmentally Sustainable Development. WTO, Madrid.
- [12] Clarke, J. (1997) A framework of approaches to sustainable tourism. *Journal of Sustainable Tourism*. 5 (3), 224–233.

- [13] Liu, Z. (2003) Sustainable tourism development: A critique. *Journal of Sustainable Tourism*. 11 (6), 459–475.
- [14] Budeanu, A., Miller, G., Moscardo, G., and Ooi, C.-S. (2016) Sustainable tourism, progress, challenges and opportunities: an introduction. *Journal of Cleaner Production*. 111 285–294.
- [15] Tepelus, C.M. (2005) Aiming for sustainability in the tour operating business. *Journal of Cleaner Production*. 13 (2), 99–107.
- [16] Weaver, D.B. (2012) Organic, incremental and induced paths to sustainable mass tourism convergence. *Tourism Management*. 33 (5), 1030–1037.
- [17] Weaver, D.B. (2014) Asymmetrical dialectics of sustainable tourism: Toward enlightened mass tourism. *Journal of Travel Research*. 53 (2), 131–140.
- [18] Claver-Cortés, E., Molina-Azorín, J.F., and Pereira-Moliner, J. (2007) Competitiveness in mass tourism. *Annals of Tourism Research*. 34 (3), 727–745.
- [19] Dwyer, L. and Kim, C. (2003) Destination competitiveness: determinants and indicators. *Current Issues in Tourism*. 6 (5), 369–414.
- [20] Rodríguez-Díaz, M. and Espino-Rodríguez, T.F. (2008) A model of strategic evaluation of a tourism destination based on internal and relational capabilities. *Journal of Travel Research*. 46 (4), 368–380.
- [21] Ritchie, J.R.B. and Crouch, G.I. (2003) *The Competitive Destination: A Sustainable Tourism Perspective*. CABI, .
- [22] Bahar, O. and Kozak, M. (2007) Advancing destination competitiveness research: comparison between tourists and service providers. *Journal of Travel & Tourism Marketing*. 22 (2), 61–71.
- [23] Bordas Rubies, E. (2001) Improving public-private sectors cooperation in tourism: a new paradigm for destinations. *Tourism Review*. 56 (3/4), 38–41.
- [24] Buhalis, D. (2000) Marketing the competitive destination of the future. *Tourism Management*. 21 (1), 97–116.
- [25] Cho, D.-S. (1998) From national competitiveness to bloc and global competitiveness. *Competitiveness Review: An International Business Journal*. 8 (1), 11–23.
- [26] Crouch, G.I. and Ritchie, J.R.B. (1999) Tourism, competitiveness and societal prosperity. *Journal of Business Research*. 44 (3), 137–152.
- [27] Dwyer, L., Mellor, R., Livaic, Z., Edwards, D., and ChulWon, K. (2004) Attributes of destination competitiveness: a factor analysis. *Tourism Analysis*. 9 (1/2), 91–101.
- [28] Kim, C., Yŏn'guwŏn, T.K.C., and Wiwŏnhoe, H.T.K.H. (2000) *A Model Development for Measuring Global Competitiveness of the Tourism Industry in the Asia-Pacific Region*. Korea Institute for International Economic Policy, .

- [29] Uysal, M., Perdue, R., and Sirgy, M.J. (2012) Handbook of Tourism and Quality-of-Life Research: Enhancing the Lives of Tourists and Residents of Host Communities. Springer, Dordrecht, Netherlands.
- [30] Uysal, M., Woo, E., and Singal, M. (2012) The tourist area life cycle (TALC) and Its effect on the Quality-of-Life (QOL) of destination community. in: M. Uysal, R. Perdue, M.J. Sirgy (Eds.), Handb. Tour. Qual.--Life Res. Enhancing Lives Tour. Resid. Host Communities, Springer, Dordrecht, Netherlandspp. 423–443.
- [31] Crouch, G.I. and Ritchie, J.B. (2012) Destination competitiveness and its implications for host-community QOL. in: M. Uysal, R. Perdue, M.J. Sirgy (Eds.), Handb. Tour. Qual.--Life Res. Enhancing Lives Tour. Resid. Host Communities, Springer, Dordrecht, Netherlandspp. 491–513.
- [32] Pirnar, I. and Günlü, E. (2012) Destination management and quality-of-life. in: Handb. Tour. Qual.--Life Res. Enhancing Lives Tour. Resid. Host Communities, Springer, Dordrecht, Netherlandspp. 529–545.
- [33] Uysal, M., Sirgy, M.J., Woo, E., and Kim, H. (Lina) (2016) Quality of life (QOL) and well-being research in tourism. *Tourism Management*. 53 244–261.
- [34] Perdue, R., Tyrrell, T., and Uysal, M. (2010) Understanding the value of tourism: A conceptual divergence. in: D.G. Pearce, R.W. Butler (Eds.), *Tour. Res. 20-20 Vis.*, Goodfellow Publishers, Oxfordpp. 123–134.
- [35] Cucculelli, M. and Goffi, G. (2016) Does sustainability enhance tourism destination competitiveness? Evidence from Italian Destinations of Excellence. *Journal of Cleaner Production*. 111 370–382.
- [36] Font, X., Garay, L., and Jones, S. (2016) Sustainability motivations and practices in small tourism enterprises in European protected areas. *Journal of Cleaner Production*. 137 1439–1448.
- [37] Tsaour, S.-H., Lin, Y.-C., and Lin, J.-H. (2006) Evaluating ecotourism sustainability from the integrated perspective of resource, community and tourism. *Tourism Management*. 27 (4), 640–653.
- [38] White, V., McCrum, G., Blackstock, K.L., and Scott, A. (2006) Indicators and sustainable tourism: Literature review. The Macaulay Institute, Aberdeen.
- [39] McCool, S.F. and Lime, D.W. (2001) Tourism carrying capacity: Tempting fantasy or useful reality? *Journal of Sustainable Tourism*. 9 (5), 372–388.
- [40] Butler, R.W. (1999) Sustainable tourism: A state-of-the-art review. *Tourism Geographies*. 1 (1), 7–25.
- [41] World Tourism Organization (2005) Indicadores de desarrollo sostenible para los destinos turísticos: Guía práctica. Organización Mundial del Turismo, Madrid, España.

- [42] Kristjánisdóttir, K.R., Ólafsdóttir, R., and Ragnarsdóttir, K.V. (2018) Reviewing integrated sustainability indicators for tourism. *Journal of Sustainable Tourism*. 26 (4), 583–599.
- [43] Sharpley, R. (2000) Tourism and sustainable development: Exploring the theoretical divide. *Journal of Sustainable Tourism*. 8 (1), 1–19.
- [44] Mori, K. and Christodoulou, A. (2012) Review of sustainability indices and indicators: Towards a new City Sustainability Index (CSI). *Environmental Impact Assessment Review*. 32 (1), 94–106.
- [45] Torres-Delgado, A. and Saarinen, J. (2014) Using indicators to assess sustainable tourism development: a review. *Tourism Geographies*. 16 (1), 31–47.
- [46] Saarinen, J. (2014) Critical sustainability: Setting the limits to growth and responsibility in tourism. *Sustainability*. 6 (1), 1–17.
- [47] López Palomeque, F., Torres Delgado, A., Font Urgell, X., and Serrano Miracle, D. (2018) Gestión sostenible de destinos turísticos: la implementación de un sistema de indicadores de turismo en los destinos de la provincia de Barcelona. *BAGE: Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. (77), 428–461.
- [48] Tanguay, G.A., Rajaonson, J., and Therrien, M.-C. (2013) Sustainable tourism indicators: selection criteria for policy implementation and scientific recognition. *Journal of Sustainable Tourism*. 21 (6), 862–879.
- [49] Thiel Ellul, D.F. (2014) Medición y análisis de la sostenibilidad: Indicadores sintéticos a través de métodos multicriterio y su relación con el turismo en el litoral de Andalucía, Universidad de Málaga, 2014.
- [50] Franzoni, S. (2015) Measuring the sustainability performance of the tourism sector. *Tourism Management Perspectives*. 16 22–27.
- [51] Castellani, V. and Sala, S. (2010) Sustainable performance index for tourism policy development. *Tourism Management*. 31 (6), 871–880.
- [52] McElroy, J.L. and de Albuquerque, K. (1998) Tourism penetration index in small Caribbean islands. *Annals of Tourism Research*. 25 (1), 145–168.
- [53] Sánchez Rivero, M. and Pulido Fernández, J.I. (2008) Medida de la Sostenibilidad Turística. Editorial Universitaria Ramón Areces, Madrid.
- [54] Pulido-Fernández, J.I. and Sánchez Rivero, M. (2007) Propuesta metodológica para el diseño de un índice sintético de turismo sostenible. *Papers de Turisme*. (41), 27–41.
- [55] Pulido-Fernández, J.I., Sánchez-Rivero, M., and López-Sánchez, Y. (2011) Comparative analysis of the sustainability of tourism in Spain's regions. *Environmental Engineering & Management Journal*. 10 (12), 1845–1855.

- [56] Blancas, F.J. (2009) Indicadores Sintéticos de Turismo Sostenible: Una Aplicación para los Destinos Turísticos de Andalucía, Universidad Pablo de Olavide, 2009.
- [57] Blancas, F.J., González, M., Lozano-Oyola, M., and Pérez, F. (2010) The assessment of sustainable tourism: Application to Spanish coastal destinations. *Ecological Indicators*. 10 (2), 484–492.
- [58] Blancas, F.J., Caballero, R., González, M., Lozano-Oyola, M., and Pérez, F. (2010) Goal programming synthetic indicators: An application for sustainable tourism in Andalusian coastal counties. *Ecological Economics*. 69 (11), 2158–2172.
- [59] Blancas, F.J., Lozano-Oyola, M., González, M., Guerrero, F.M., and Caballero, R. (2011) How to use sustainability indicators for tourism planning: The case of rural tourism in Andalusia (Spain). *Science of The Total Environment*. 412–413 28–45.
- [60] Blancas, F.J., González Lozano, M., Guerrero Casas, F.M., and Lozano-Oyola, M. (2010) Indicadores sintéticos de turismo sostenible: una aplicación para los destinos turísticos de Andalucía. *Rect@: Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA*. (11), 85–118.
- [61] Lozano-Oyola, M., Blancas, F.J., González, M., and Caballero, R. (2012) Sustainable tourism indicators as planning tools in cultural destinations. *Ecological Indicators*. 18 659–675.
- [62] Torres-Delgado, A. and López Palomeque, F. (2012) The growth and spread of the concept of sustainable tourism: The contribution of institutional initiatives to tourism policy. *Tourism Management Perspectives*. 4 1–10.
- [63] Caballero Fernández, R., Pérez León, V.E., Camargo Toribio, I.A., González Lozano, M., Pérez García, F., and Guerrero Casas, F.M. (2010) La gestión de la sostenibilidad del turismo de naturaleza en Cuba: El uso de indicadores sintéticos. *Anales de ASEPUMA*. (18), 802–812.
- [64] Pérez, V., Guerrero, F., González, M., Pérez, F., and Caballero, R. (2013) Composite indicator for the assessment of sustainability: The case of Cuban nature-based tourism destinations. *Ecological Indicators*. 29 316–324.
- [65] Pérez, V., Hernández, A., Guerrero, F., León, M.A., da Silva, C.L., and Caballero, R. (2016) Sustainability ranking for Cuban tourist destinations based on composite indexes. *Social Indicators Research*. 129 (1), 425–444.
- [66] Ko, T.G. (2005) Development of a tourism sustainability assessment procedure: a conceptual approach. *Tourism Management*. 26 (3), 431–445.
- [67] Cernat, L. and Gourdon, J. (2012) Paths to success: Benchmarking cross-country sustainable tourism. *Tourism Management*. 33 (5), 1044–1056.
- [68] Velázquez, A. (2009) Building a Sustainability Performance Index for Tourism Destinations. in: *Int. Bus. Econ. Workshop*, Universitat de les Illes Balearspp. 1–46.

- [69] Kožić, I. and Mikulić, J. (2011) Possibilities of implementing an indicator system for evaluating and monitoring the sustainability of tourism in Croatia. *Privredna Kretanja i Ekonomska Politika*. 21 (127), 57–81.
- [70] Mazanec, J.A. and Ring, A. (2011) Tourism destination competitiveness: second thoughts on the World Economic Forum reports. *Tourism Economics*. 17 (4), 725–751.
- [71] Andereck, K.L. and Nyaupane, G.P. (2011) Exploring the nature of tourism and quality of life perceptions among residents. *Journal of Travel Research*. 50 (3), 248–260.
- [72] Liburd, J.J., Benckendorff, P., and Carlsen, J. (2012) Tourism and quality-of-life: How does tourism measure up? in: *Handb. Tour. Qual.–Life Res.*, Springer, Dordrechtpp. 105–132.
- [73] Sirgy, M.J. and Cornwell, T. (2001) Further validation of the Sirgy et al.'s measure of community quality of life. *Social Indicators Research*. 56 (2), 125–143.
- [74] Eagles, P.F., McCool, S.F., Haynes, C.D., and Phillips, A. (2002) *Sustainable Tourism in Protected Areas: Guidelines for Planning and Management*. IUCN Gland and Cambridge, .
- [75] Beunen, R., Regnerus, H.D., and Jaarsma, C.F. (2008) Gateways as a means of visitor management in national parks and protected areas. *Tourism Management*. 29 (1), 138–145.
- [76] Boyd, S. (2004) National Parks: Wilderness and Cultures. in: A.A. Lew, C.M. Hall, A.M. Williams (Eds.), *Companion Tour.*, John Wiley & Sons, pp. 473–483.
- [77] Puhakka, R., Sarkki, S., Cottrell, S.P., and Siikamäki, P. (2009) Local discourses and international initiatives: sociocultural sustainability of tourism in Oulanka National Park, Finland. *Journal of Sustainable Tourism*. 17 (5), 529–549.
- [78] Wall Reinius, S. and Fredman, P. (2007) Protected areas as attractions. *Annals of Tourism Research*. 34 (4), 839–854.
- [79] UNESCO (2013) *World Network of Biosphere Reserves 2013-2014*.
- [80] Enright, M.J. and Newton, J. (2004) Tourism destination competitiveness: a quantitative approach. *Tourism Management*. 25 (6), 777–788.
- [81] Gomezelj, D.O. and Mihalič, T. (2008) Destination competitiveness—Applying different models, the case of Slovenia. *Tourism Management*. 29 (2), 294–307.

Análise de inundacións no xacemento arqueolóxico de Aquis Querquennis

O. García-Feal, J. González-Cao, J. M. Domínguez, M. de Castro, I. Álvarez e M. Des
*EPHYSLAB (Environmental Physics Laboratory), Facultade de Ciencias,
campus de Ourense, Universidade de Vigo*
orlando@uvigo.gal, jgcao@uvigo.gal, jmdominguez@uvigo.gal, mdecastro@uvigo.gal, ialvarez@uvigo.gal, mdes@uvigo.gal

O complexo arqueolóxico e termal Aquis Querquennis (Bande, Ourense) pódese cualificar como un dos máis importantes de Galicia e un importante centro de atracción turístico-cultural. Desde mediados do século xx, debido á construción do encoro das Conchas, o complexo vén sufrindo inundacións periódicas que afectan tanto a conservación coma a súa explotación turística. É, polo tanto, de especial interese estudar estas inundacións para coñecer o seu impacto e analizar posibles medidas para minimizar os seus efectos. Para isto realizouse un labor de recadación de datos hidrolóxicos e topográficos, que inclúe un traballo de fotogrametría por medio de imaxes aéreas tomadas por dron. Logo realizouse unha análise do alcance e da recorrencia das inundacións e observouse que o complexo ten sido afectado por eventos de longa duración. Tamén se realizou unha modelaxe numérica que permitiu a simulación de inundacións e o deseño de posibles barreiras de protección.

Palabras clave:

Inundacións, Aquis Querquennis, modelaxe numérica, Iber+

1. Introducción

O complexo arqueolóxico Aquis Querquennis atópase no sueste da provincia de Ourense e pódese cualificar como un dos máis importantes xacementos arqueolóxicos de Galicia. Comprende, ademais do campamento militar, unha mansión viaria e unha zona de augas termais onde se localizarían as antigas termas romanas. Desde comezos do século xx realizáronse escavacións tanto no campamento coma na mansión viaria, aínda que non así na área das termas. Atópase na antiga vía romana Vía Nova (Vía XVIII)

que unía a cidade de Braccara Augusta (Braga, Portugal) con Asturica Augusta (Astorga). É, polo tanto, un centro de atracción turístico-cultural de primeira orde. A finais de 2018 foi declarado como ben de interese cultural [1].

A mediados do século xx a construción do encoro das Conchas provocou a inundación de distintas áreas asociadas ao campamento. Os efectos das devanditas inundacións agrávanse durante a tempada de choivas (principalmente no inverno). Isto provoca que calquera actividade, tanto de escavación coma de explotación turística do xacemento, se vexa totalmente imposibilitada (véxase a figura 1). É, polo tanto, de grande interese estudar en detalle o tipo de inundacións que afectan o xacemento, así como a súa recorrencia temporal, co fin de poñer en efecto as accións precisas para minimizar os efectos das devanditas inundacións.



Figura 1. De esquerda a dereita: zona de estacionamento das termas durante a inundación rexistrada o 24 de abril de 2019 e zona do campamento durante a inundación rexistrada o 16 de marzo de 2018

Co fin de analizar este fenómeno que vén afectando a zona, establécense dous obxectivos principais: en primeiro lugar, determinar a recorrencia, duración e alcance das inundacións que veñen afectando de forma histórica o xacemento arqueolóxico Aquis Querquennis; en segundo lugar, realizar unha modelaxe numérica da zona de estudo como ferramenta para analizar os eventos de inundacións e estudo de posibles medidas paliativas.

Para acadar estes obxectivos principais é preciso ter en conta outros obxectivos específicos:

1. Estudo detallado da topografía da zona, dividindo a cunca do río Limia augas arriba do xacemento arqueolóxico e a zona do campamento romano propiamente dita. O modelo dixital do terreo (MDT) do Centro Nacional de Descargas Xeográficas (CNIG) con resolución de 5 m é suficiente para realizar o estudo de

choiva/escoamento na cunca do Limia augas arriba do campamento. Para levar a cabo a modelaxe numérica na zona concreta do campamento, o MDT cunha resolución de 5 m é demasiado «groseiro» como para definir o campamento con suficiente precisión. É, polo tanto, necesaria a realización dun voo mediante un dron equipado co instrumental axeitado para obter un modelo dixital da zona de alta precisión.

2. Exame detallado das fontes de achega á zona de estudo. Para este fíxoselle unha solicitude á Confederación Hidrográfica do Miño-Sil.
3. Modelaxe numérica do propio xacemento arqueolóxico mediante o código Iber+ para analizar o impacto das inundacións da zona.
4. Realización das simulacións numéricas precisas para reproducir eventos históricos de inundación que nos permitan calibrar o modelo de asolagamento da cunca do río Limia e o seu efecto nas inundacións do xacemento arqueolóxico.

2. Metodoloxía

2.1. Fotogrametría baseada en UAV

Para analizar as inundacións é preciso dispor dos datos topográficos da zona do encoro das Conchas. Estes datos están dispoñibles de forma pública a través do CNIG (Centro Nacional de Información Xeográfica) a unha resolución de 5 m. Este nivel de detalle é suficiente para unha caracterización xeral da zona do encoro, pero insuficiente para a análise da zona de estudo correspondente ao xacemento Aquis Querquennis.

Para obter unha topografía detallada da zona de impacto das inundacións empregouse tecnoloxía UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*). Este tipo de vehículos, coñecidos comunmente como drones, manéxanse de forma remota por un operador en terra. Grazas a isto, pódese realizar dun xeito sinxelo e económico a toma de fotografías aéreas dunha área determinada. Para este traballo empregouse un UAV de catro rotores modelo DJI Phantom 3 PRO (véxase a figura 2). Este UAV permite realizar voos de ata 23 minutos de duración e acadar unha altura de ata 120 metros sobre o nivel do punto de engalaxe e unha velocidade máxima de 16 m/s. Conta, ademais, con navegación por GPS, o que permite deseñar con antelación plans de voo coa ruta da zona que se vai fotografar. A cámara vén equipada cunha lente de focal fixa de tipo grande angular (cunha lonxitude focal de 20 mm equivalente en formato de 35 mm) e conta cun sensor CMOS cun tamaño de 1/2.3" e unha resolución de 12.4 MPX (millóns de píxeles).



Figura 2. Á esquerda: imaxe do UAV empregado no presente traballo.
Á dereita: demarcación dun punto de control sobre o terreo

Para realizar este traballo foi indispensable a colaboración do grupo GEAAT, e destaca o establecemento de forma precisa dos puntos de control (véxase a figura 2 da dereita e a figura 3) e a determinación da localización de todas as zonas de interese arqueolóxico. Os puntos de control son imprescindibles para unha correcta xeolocalización do modelo dixital do terreo, o que nos permite realizar un acoplamento co MDT de baixa resolución existente que se emprega para o resto da cunca do río Limia. A marcación precisa de puntos de control sobre o terreo fíxose empregando un GPS diferencial.



Figura 3. Localización dos puntos de control marcados sobre o terreo
(PNOA cedido polo Instituto Xeográfico Nacional de España)

Durante o período en que o encoro se atopaba en niveis mínimos anuais, leváronse a cabo diversos voos e realizáronse centos de fotografías da área de interese. O procesamento destas fotografías realizouse mediante o soporte lóxico (*software*) Agisoft Metashape [2]. Esta ferramenta permite o procesamento fotogramétrico de imaxes dixitais. A fotogrametría [3] é unha técnica que permite obter medicións precisas dun obxecto a partir de imaxes fotográficas. Neste caso, o procesamento deu lugar a tres produtos diferentes: unha ortofoto xeolocalizada de alta resolución da zona de estudo, un modelo dixital do terreo cunha resolución de 0,5 m e un modelo en tres dimensións (véxase a figura 4).

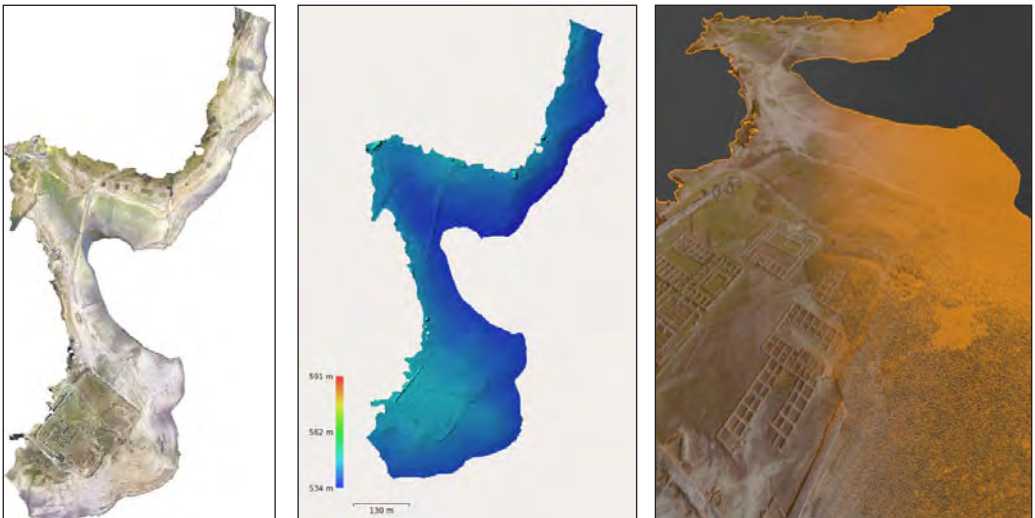


Figura 4. De esquerda a dereita: ortofoto xeolocalizada, modelo dixital do terreo e modelo en tres dimensións

2.2. Modelaxe numérica: Iber+

Iber [4] é un modelo numérico que resolve as ecuacións de Saint-Venant en dúas dimensións, tamén coñecidas como ecuacións de augas pouco profundas. Para isto emprega o método dos volumes finitos cunha malla non estruturada. Esta ferramenta é especialmente axeitada para a simulación de fluxos de auga en lámina libre en cunhas de ríos e estuarios non estratificados.

As ecuacións hidrodinámicas que resolve o modelo Iber pódense escribir como:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h U_x}{\partial x} + \frac{\partial h U_y}{\partial y} = r - i \quad (1)$$

$$\frac{\partial h U_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(h U_x^2 + g \frac{h^2}{2} \right) + \frac{\partial}{\partial y} (h U_x U_y) = -gh \frac{\partial Z_b}{\partial x} - \frac{\tau_{b,x}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x} \left(v_t h \frac{\partial U_x}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v_t h \frac{\partial U_x}{\partial y} \right) \quad (2)$$

$$\frac{\partial h U_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(h U_y^2 + g \frac{h^2}{2} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (h U_x U_y) = -gh \frac{\partial Z_b}{\partial y} - \frac{\tau_{b,y}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x} \left(v_t h \frac{\partial U_y}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v_t h \frac{\partial U_y}{\partial y} \right) \quad (3)$$

onde h representa a profundidade da lámina de auga, U_x e U_y son velocidades horizontais medias, g é a aceleración da gravidade, ρ é a densidade da auga, Z_b é a cota do fondo, τ_b é a fricción causada polo rozamento co fondo, v_t é a viscosidade turbulenta, r é a precipitación e i é a taxa de infiltración. Iber tamén incorpora termos adicionais como o vento ou a aceleración de Coriolis, pero foron omitidos por motivos de claridade. Ademais do módulo hidrodinámico, tamén incorpora outros módulos como os módulos de turbulencia [5], hidroloxía [6], transporte de sedimentos [7] ou calidade de augas [8, 9].

Este modelo foi froito da colaboración de diversos grupos de investigación: o Grupo de Enxeñaría da Auga e o Medio Ambiente (GEAMA) da Universidade da Coruña, o Grupo de Enxeñaría Matemática da Universidade de Santiago de Compostela, o Instituto Flumen da Universitat Politècnica de Catalunya e o Centro de Estudos Hidrográficos do CEDEX. Iber está dispoñible de forma gratuíta a través da súa páxina web oficial (<http://iberaula.es>), onde tamén están dispoñibles outros recursos como documentación e cursos de formación.

Unha das principais limitacións do modelo Iber é o elevado tempo de CPU preciso para realizar simulacións complexas; isto é debido a que o modelo carece das optimizacións necesarias para explotar o paralelismo presente nas arquitecturas de soporte físico (*hardware*) actuais. Ademais pode ser un importante impedimento para certas aplicacións como a simulación de grandes dominios espaciais ou temporais, sistemas de alerta temperá ou estudos de sensibilidade de parámetros. Para dar resposta a estas limitacións, o grupo EPhysLab da Universidade de Vigo tamén colabora no desenvolvemento do modelo Iber, creando unha nova implementación denominada Iber+ [10].

Iber+ foi implementado en C++ empregando o paradigma de programación orientada a obxectos co fin de mellorar a modularidade e o mantemento do código (Iber está programado na linguaxe de programación Fortran). Por outra parte, co obxectivo de mellorar a eficiencia do modelo, Iber+ emprega OpenMP para aproveitar o paralelismo de sistemas CPU de memoria compartida. Non obstante, a característica máis

destacable é a paralelización para GPU (*graphical processing units*) empregando a plataforma Nvidia CUDA (*compute unified device architecture*) [11]. As GPU son tarxetas gráficas utilizadas habitualmente para o procesamento de gráficos por computador. No entanto, debido á súa considerable potencia de cálculo as GPU tamén se empregan para outros usos entre os que se atopan as aplicacións científicas. Na literatura existen abundantes casos de éxito de paralelización con GPU tanto para modelos baseados en malla [12-14] coma para modelos sen ela [15]. As GPU teñen unha arquitectura paralela masiva con centos ou miles de núcleos de procesamento, que ofrecen unha potencia de cálculo de varios TFLOPS (10^{12} millóns de operacións en punto flotante por segundo) nunha soa tarxeta [16]. Non obstante, a utilización destes recursos non é trivial coma na programación para CPU e cómpre prestar atención a certos aspectos como as transferencias de memoria entre a CPU e a GPU, sincronización entre os diferentes fíos de execución, diverxencia, coalescencia da memoria etc. Estas peculiaridades da programación de GPU poden facer estragos no rendemento dun algoritmo se non son tidas en conta. Para máis detalles sobre estes aspectos o lector ou lectora pode consultar [8, 10]. O diagrama de fluxo da execución de Iber+ pode verse na figura 4. Os datos da simulación son transferidos unha soa vez antes do inicio da simulación e logo só transfíren de volta nos pasos de tempo nos que é preciso escribir os resultados ao disco. Deste xeito, todas as operacións computacionalmente intensivas de cada paso de tempo da simulación execútanse en GPU, evitando perdas de rendemento por transferencias de datos entre a GPU e a CPU.

Empregando GPU Iber+ é capaz de obter melloras de rendemento de ata dúas ordes de magnitude en comparación coa versión non paralelizada de Iber [10]. Isto fai que sexa especialmente axeitado non só para realizar simulacións maiores, senón tamén para aplicacións nas que o tempo de resposta é crítico [17] ou para análises de sensibilidade nas que se precisan levar a cabo un elevado número de simulacións [8].

Neste traballo, unha vez que se dispuxeron de todos os datos, modelouse a zona do encoro das Conchas para realizar simulacións numéricas da zona de estudo. Este modelo permitiu a simulación de distintos eventos históricos de inundación e, unha vez calibrado, permitiu o estudo dos efectos destes eventos no xacemento arqueolóxico e a simulación de distintas contramedidas. Para a calibración fixéronse comparacións dos resultados obtidos nas simulacións con imaxes recollidas in situ dos mesmos even-

tos históricos, e conseguiuase unha boa concordancia entre os resultados simulados e as observacións realizadas.

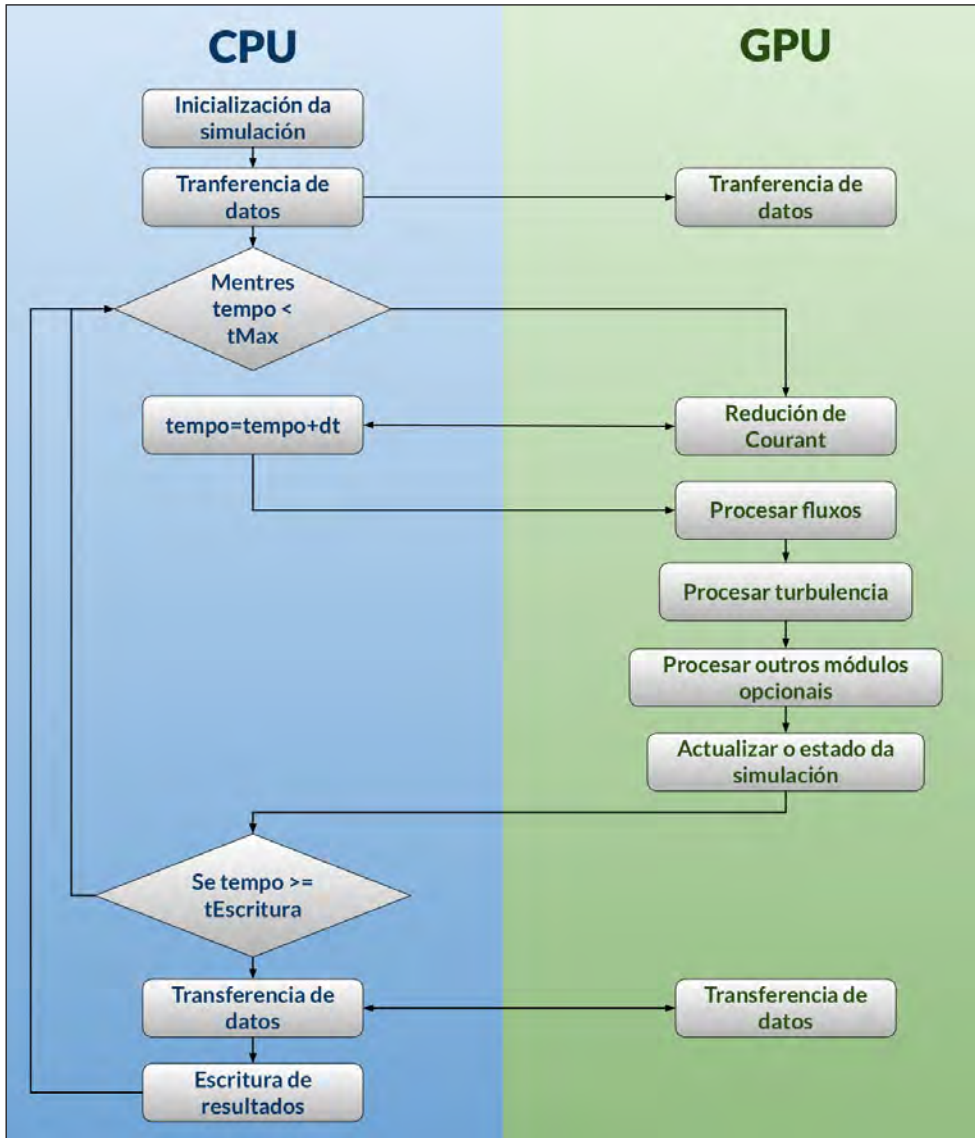


Figura 4. Diagrama de fluxo da execución do modelo Iber+ en GPU

3. Resultados

3.1. Recorrenza e duración das inundacións

Co fin de analizar tanto a recorrenza coma a duración das inundacións que afectaron o xacemento arqueolóxico Aquis Querquennis durante o período de estudo, empregouse a serie temporal de elevación da lámina de auga do encoro das Conchas, xunto coas elevacións características da zona termal e do campamento romano. A serie temporal de elevación de auga obtívose a través da CHMS (Confederación Hidrográfica Miño-Sil), mentres que as elevacións características das áreas de interese se obtiveron a partir do mapa de elevacións da zona; 544,8 m corresponden á zona termal e 546,0 m corresponden á zona do campamento. A figura 5 amosa a serie temporal de elevación da lámina de auga no encoro das Conchas, xunto coa elevación da zona termal e do campamento romano. Na figura 5 pódese comprobar que ao longo do período analizado de oito anos, soamente en dous deles (2012 e 2017) non foron rexistradas inundacións no xacemento (nin na zona do campamento romano nin na zona das termas). Nun dos anos (2015) só se rexistraron inundacións na zona termal do xacemento e no resto dos anos (2013, 2014, 2016, 2018 e 2019) rexistráronse inundacións tanto da zona termal coma da zona do campamento. A figura 5 amosa tamén información sobre o comportamento temporal das inundacións rexistradas na zona do campamento. As

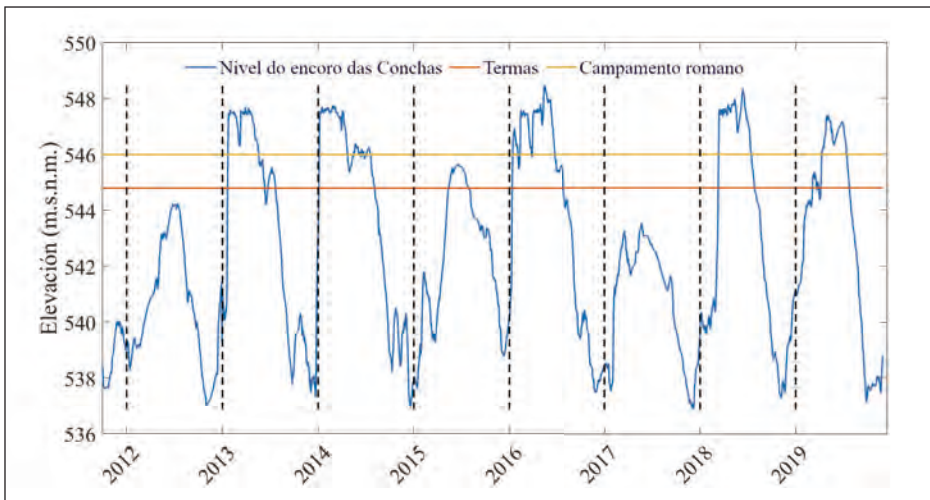


Figura 5. Serie temporal de elevación da lámina de auga (en metros sobre o nivel do mar) no encoro das Conchas. A liña laranxa representa a elevación característica da zona termal e a liña amarela representa a elevación do campamento romano. As liñas descontinuas delimitan os anos analizados durante o período de estudo

inundacións adoitan iniciarse durante os primeiros meses do ano e mantense o nivel de auga estable durante o período de duración destas para, unha vez pasado este período, descender ata niveis inferiores ás elevacións características da zona de estudo. Este comportamento é característico das inundacións de tipo fluvial, xa que nas inundacións de tipo *flash flood* o nivel de auga amosa un comportamento menos estable.

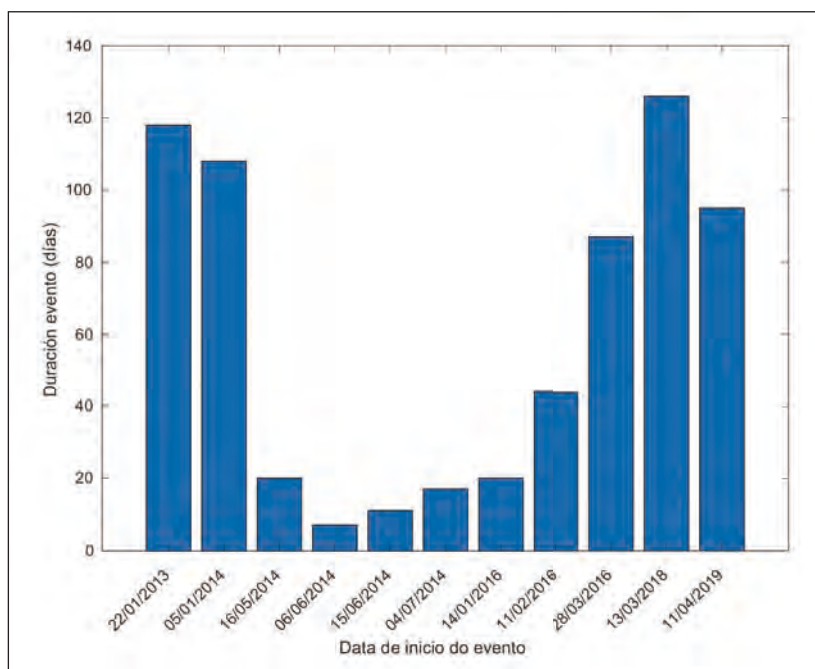


Figura 6. Días de inundación de cada evento na zona do campamento romano do xacemento Aquis Querquennis

Na zona do campamento romano foron rexistrados 11 eventos de inundación, mentres que na zona termal o número de inundacións rexistradas foi igual a 9. O número total de días de inundación rexistrados no campamento e na zona termal foi de 653 e 927 días, respectivamente. Polo tanto, a duración media de cada evento de inundación foi de preto de dous meses na zona do campamento e de preto de tres meses e medio na zona termal. As figuras 5 e 6 manifestan que a zona do campamento rexistra un número maior de inundacións ca a zona termal, pero estas son de menor duración e podemos concluír que a zona termal estivo afectada polas inundacións durante períodos de tempo máis longos ca a zona do campamento.

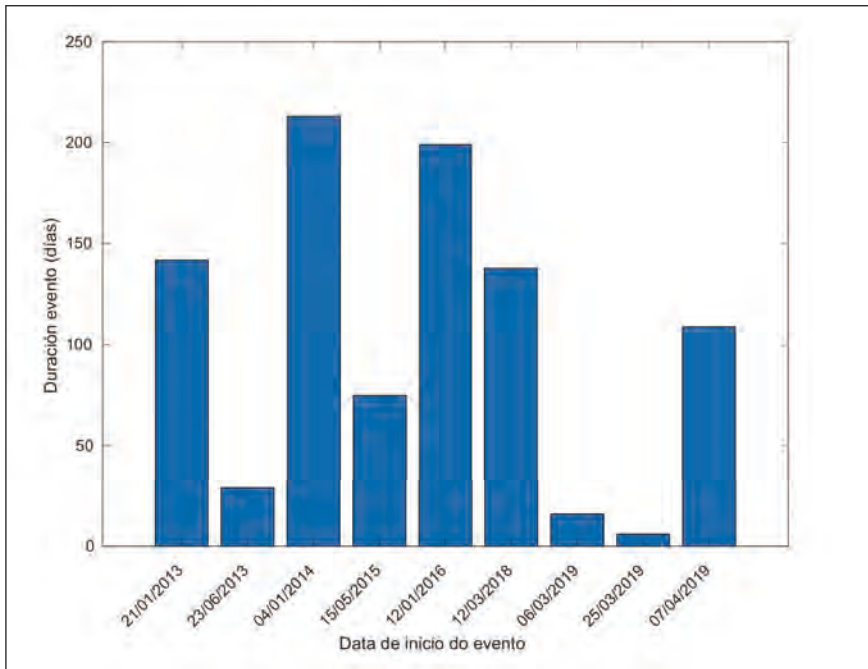


Figura 7. Días de inundación de cada evento na zona termal do xacemento Aquis Querquennis

3.2. Estudo de medidas de protección fronte a inundacións do xacemento arqueolóxico Aquis Querquennis

A posibilidade de protexer fronte a inundacións un xacemento arqueolóxico da envergadura do Aquis Querquennis non é unha tarefa sinxela. A multitude de factores e de intereses, ás veces contrapostos, que entran en xogo á hora de realizar esta tarefa, fan que sexa un traballo de complexa solución. Unha revisión bibliográfica de solucións similares ás que se propoñen levar a cabo neste traballo manifesta que o colectivo científico se enfrontou a este tipo de problemas en todo o mundo e, ás veces, a solución tomada foi a de trasladar os restos arqueolóxicos a cotas superiores ás que van estar afectadas pola construción do encoro [18]. No caso que nos ocupa, esta solución non é a máis recomendable, xa que o que se pretende con este traballo é manter a localización orixinal dos restos arqueolóxicos nas inmediacións da Vía Nova, ademais de facilitar a continuidade das escavacións que, como manifestou a serie de catas realizadas polas persoas expertas, ata o momento só se puxeron á vista unha pequena parte do que aínda se esconde no subsolo da zona se estudo.

Unha posible solución a este problema é a instalación dunha barreira de protección nas inmediacións do xacemento arqueolóxico. A figura 8 amosa a localización da citada barreira. Solucións similares á proposta formuláronse para protexer cidades fronte a inundacións de orixe mariña como, por exemplo, a *Big U* de Nova York [19] ou os diques de protección instalados nas costas dos Países Baixos.



Figura 8. Localización do eixe da barreira de protección do xacemento arqueolóxico Aquis Querquennis

De forma aproximada analizouse o efecto da altura da citada barreira de protección na redución do número de días de asolagamento rexistrada na área de estudo. A figura 9 amosa a redución destes días (en %) en función da altura da barreira.

A figura 9 amosa que a diminución dos días de inundación é case lineal (aproximadamente un 10 % por metro de elevación da barreira) coa altura da barreira desde os 0 ata os 9,5 m. A partir desta altura e ata os 10 m a diminución dos días de inundación é maior ca no rango anterior.

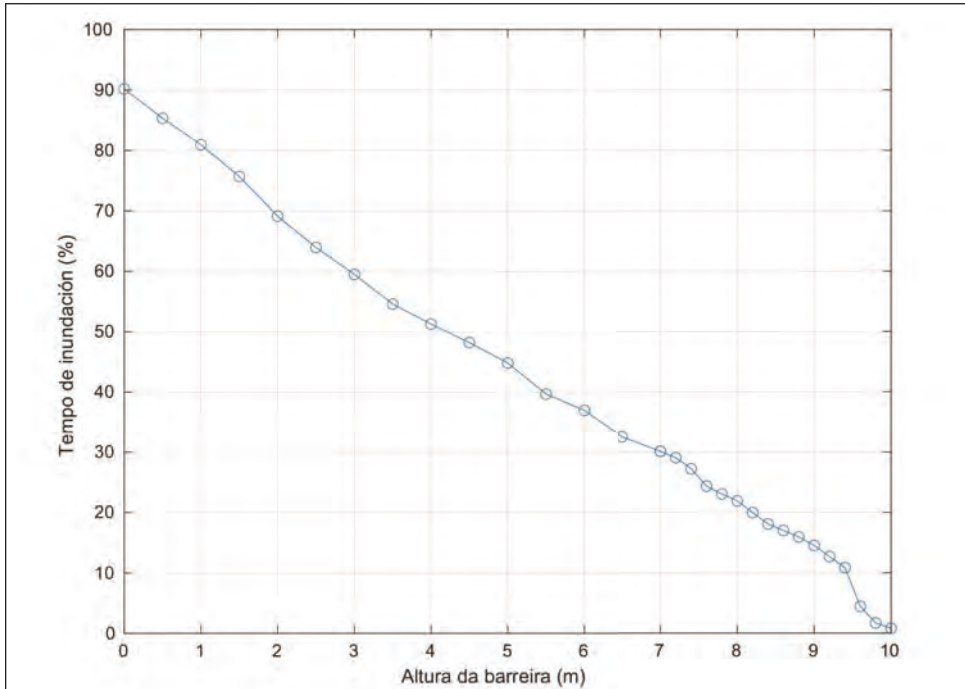


Figura 9. Redución de días de inundación en función da altura da barreira de protección

Co fin de analizar máis en detalle o efecto da barreira de protección na zona termal do xacemento arqueolóxico, empregouse o modelo Iber+ para reproducir unha inundación histórica e ver o efecto da barreira. Nun primeiro paso, co fin de verificar a capacidade do código Iber+ para reproducir inundacións deste tipo, reproduciuse a rexistrada o 22 de abril de 2019 sen a barreira de protección. A figura 10 amosa as imaxes correspondentes ao citado evento de inundación. As imaxes do evento foron obtidas por persoas voluntarias.



Figura 10. Inundacións rexistradas na zona termal do xacemento Aquis Querquennis o 22/04/2019

Para realizar a simulación numérica definiuse como área de estudo a área comprendida entre a zona arqueolóxica e a presa das Conchas. Como condicións de saída e de entrada no dominio de estudo impuxéronse os caudais de saída da presa e as series de caudais obtidas por medio das variacións de volume almacenado na presa e os caudais de saída desta rexistrados durante os días da inundación, respectivamente. Como condición inicial definiuse a cota de auga correspondente a uns días antes do evento de inundación. Todos os datos de caudais, volumes almacenados e cota de auga da presa obtivéronse por medio da CHMS. Os datos de elevación do terreo obtivéronse a partir dos voos de dron realizados durante este proxecto.

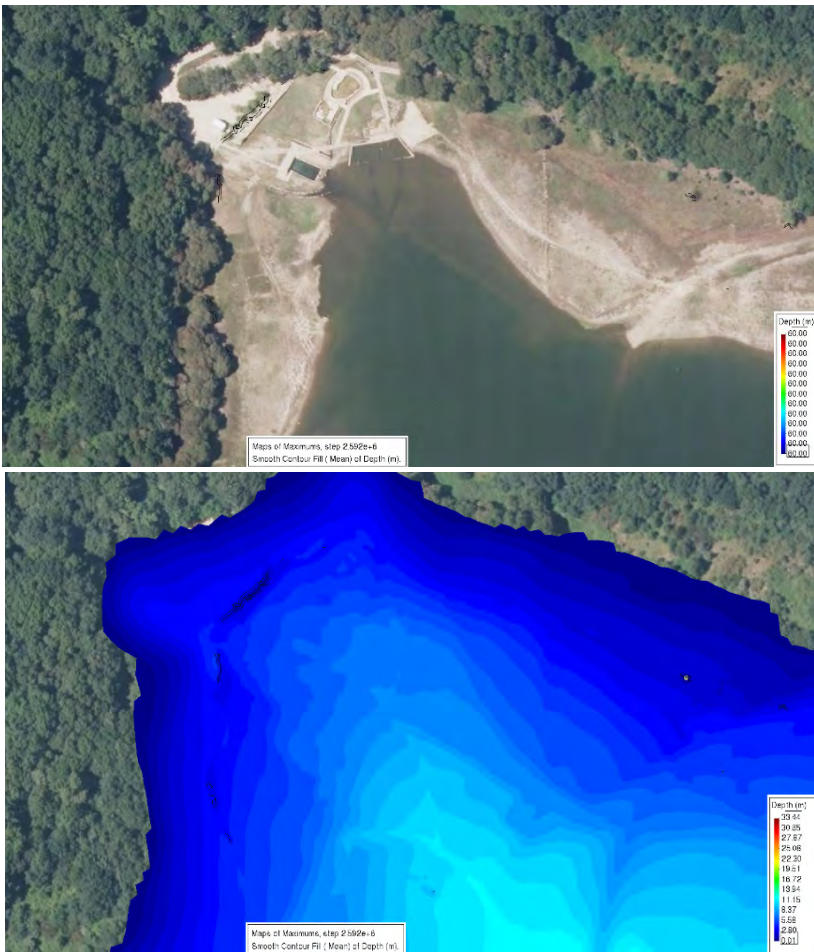


Figura 11. Zona termal do xacemento Aquis Querquennis previa á inundación rexistrada o 22/04/2019 (panel superior) e mapa de calados máximos obtido con Iber+ (panel inferior). PNOA cedido polo Instituto Xeográfico Nacional de España

A comparación entre as figuras 10 (imaxes rexistradas durante o evento real) e 11 (panel inferior) amosa que Iber+ é capaz de reproducir as inundacións rexistradas no xacemento arqueolóxico con suficiente exactitude. O panel inferior da figura 11 amosa que a lámina de auga alcanza a zona do aparcadoiro da zona termal (claramente definida no panel superior da figura 11).

Unha vez demostrada a capacidade de Iber+ para reproducir este evento, simulouse o mesmo evento de inundación pero, neste caso, cunha barreira de protección nas inmediacións do xacemento. A barreira segue o esquema amosado na figura 8 e corresponderíase cunha elevación de 10 m sobre o terreo. Os resultados obtidos amósanse na figura 12.



Figura 12. Mapa de calados máximos obtido con Iber+ para o evento de inundación rexistrado o 22/04/2019 considerando unha barreira de protección nas inmediacións do xacemento. PNOA cedido polo Instituto Xeográfico Nacional de España

A figura 12 manifesta o efecto conseguido mediante a instalación da barreira de protección. A zona termal do xacemento queda totalmente protexida da inundación. Ademais, como a inundación reproducida numericamente é unha das maiores rexistradas na zona de estudo, podemos considerar que unha barreira destas características se pode considerar como unha solución factible para a protección do xacemento arqueolóxico.

4. Conclusións

Neste estudo foi presentado o traballo de análise das inundacións que veñen afectando o complexo arqueolóxico Aquis Querquennis desde a construción do encoro das Conchas. En primeiro lugar, levouse a cabo un traballo de recadación de datos hidrolóxicos e topográficos existentes. En segundo lugar, fíxose un levantamento fotogramétrico da zona de estudo empregando fotografías aéreas tomadas cun UAV. Grazas a isto púidose contar cun modelo dixital do terreo de alta precisión para a análise das inundacións.

Baseándose na análise dos datos dos últimos anos, o complexo vese afectado por inundacións de longa duración, cunha media próxima aos catro meses ao ano. Estas perduran máis na zona das termas ca na zona do campamento romano (case tres meses ao ano). Estas inundacións son irregulares e non se producen todos os anos. En 2012 e 2017 non se inundou o complexo, mentres que en 2015 só se chegou a anegar a zona das termas. Por outra parte, nos anos 2014 e 2016 o complexo estivo asolagado máis de seis meses.

Por último, realizouse unha modelaxe numérica da zona de estudo por medio do modelo Iber+. Grazas a esta ferramenta é posible estudar con precisión a evolución do alcance de eventos de inundación baseándose en datos hidrolóxicos. Unha vez calibrado o modelo, é posible simular diferentes barreiras de protección no perímetro do complexo. Concluíuse que para reducir a cero os días de inundación sería preciso unha barreira a cota 550 m. s. n. m. (metros sobre o nivel do mar), é dicir, un máximo de 10 m de altura. Por outra parte, cunha barreira a 545 m. s. n. m. sería dabondo para reducir aproximadamente o 50 % dos días de inundación.

5. Referencias

- [1] ANON. Decreto do DOG nº 185 do 2018/9/27 - Xunta de Galicia. Available at https://www.xunta.gal/dog/Publicados/2018/20180927/AnuncioG0164-190918-0003_gl.html.
- [2] AGISOFT LLC. (2019). *Agisoft Metashape User Manual Professional Edition, Version 1.5*.
- [3] EISENBEISS, H., ZÜRICH, E. T. H., EISENBEISS, H. and ZÜRICH, E. T. H. (2009). *UAV photogrammetry*.
- [4] BLADÉ, E., CEA, L., CORESTEIN, G., ESCOLANO, E., PUERTAS, J., VÁZQUEZ-CENDÓN, E., DOLZ, J. and COLL, A. (2014). Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. *Revista Internacional de Metodos Numericos para Calculo y Diseno en Ingenieria*.

- [5] CEA, L., PUERTAS, J. and VÁZQUEZ-CENDÓN, M. E. (2007). Depth averaged modelling of turbulent shallow water flow with wet-dry fronts. *Archives of Computational Methods in Engineering*.
- [6] CEA, L. and BLADÉ, E. (2015). A simple and efficient unstructured finite volume scheme for solving the shallow water equations in overland flow applications. *Water Resources Research* **51** 5464–86.
- [7] CORESTEIN, G. and BLADÉ, E. (2013). Validación del módulo de transporte de sedimentos de fondo-Modelo Iber. In *III Jornadas Ing. Del Agua La Protección Contra Los Riesgos Hídricos* pp 27–34.
- [8] GARCÍA-FEAL, O., CEA, L., GONZÁLEZ-CAO, J., DOMÍNGUEZ, J. M. and GÓMEZ-GESTEIRA, M. (2020). IberWQ: A GPU Accelerated Tool for 2D Water Quality Modeling in Rivers and Estuaries. *Water* **12** 413.
- [9] CEA, L., BERMÚDEZ, M., PUERTAS, J., BLADÉ, E., CORESTEIN, G., ESCOLANO, E., CONDE, A., BOCKELMANN-EVANS, B. and AHMADIAN, R. (2016). IberWQ: New simulation tool for 2D water quality modelling in rivers and shallow estuaries. *Journal of Hydroinformatics*.
- [10] GARCÍA-FEAL, O., GONZÁLEZ-CAO, J., GÓMEZ-GESTEIRA, M., CEA, L., DOMÍNGUEZ, J. M. and FORMELLA, A. (2018). An accelerated tool for flood modelling based on Iber. *Water (Switzerland)*.
- [11] NVIDIA CORPORATION. (2019). CUDA C Programming Guide. Available at https://docs.nvidia.com/cuda/pdf/CUDA_C_Programming_Guide.pdf.
- [12] CROSSLEY, A. LAMB, R. WALLER, S. (2009). Fast solution of the Shallow Water Equations using GPU technology. *JBA Consulting*.
- [13] VACONDIO, R., DAL PALÙ, A. and MIGNOSA, P. (2014). GPU-enhanced finite volume shallow water solver for fast flood simulations. *Environmental Modelling and Software*.
- [14] LACASTA, A., MORALES-HERNÁNDEZ, M., MURILLO, J. and GARCÍA-NAVARRO, P. (2014). An optimized GPU implementation of a 2D free surface simulation model on unstructured meshes. *Advances in Engineering Software*.
- [15] CRESPO, A. J. C., DOMÍNGUEZ, J. M., ROGERS, B. D., GÓMEZ-GESTEIRA, M., LONGSHAW, S., CANELAS, R., VACONDIO, R., BARREIRO, A. and GARCÍA-FEAL, O. (2015). DualSPHysics: Open-source parallel CFD solver based on Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH). *Computer Physics Communications* **187** 204–16.
- [16] NVIDIA CORPORATION. (2017). NVIDIA Tesla V100 GPU Architecture. Available at <https://images.nvidia.com/content/volta-architecture/pdf/volta-architecture-whitepaper.pdf>.
- [17] GONZÁLEZ-CAO, J., GARCÍA-FEAL, O., FERNÁNDEZ-NÓVOA, D., DOMÍNGUEZ-ALONSO, J. M. and GÓMEZ-GESTEIRA, M. (2019). Towards an automatic early warning system of flood hazards based on precipitation forecast: the case of the Miño River (NW Spain). *Natural Hazards and Earth System Sciences* **19** 2583–95.

- [18] BROWN, R. (2017). Medieval Turkish Tomb Relocated to Escape Ilisu Dam Flooding. National Geographic. Available at <https://www.nationalgeographic.com/news/2017/05/zeynel-bey-tomb-mausoleum-turkey-relocation-video-dam-flooding-archaeology/>.
- [19] COLLIER, S. J., COX, S. and GROVE, K. (2016). Rebuilding by Design in Post-Sandy New York.Limn. Available at <https://limn.it/articles/rebuilding-by-design-in-post-sandy-new-york/>.

Documentación, delimitación, estado de conservación e valoración científica e patrimonial do xacemento arqueolóxico de Aquis Querquennis (Baños de Bande, Ourense)

Fermín E. Pérez Losada¹, Jessica Silveiras de Dios¹ e Marta Lago Cerviño²

¹ Arqueólogo/a

² Conservadora-restauradora

Grupo de investigación en Arqueoloxía, Antigüidade e Territorio (GEAT), Departamento de Historia, Arte e Xeografía, campus de Ourense, Universidade de Vigo.

fermin@uvigo.gal, silveirasj@gmail.com, mlcervinho@gmail.com

Resumo: o obxectivo principal deste artigo é o de documentar, delimitar e valorar os problemas de conservación e a relevancia histórica e patrimonial do xacemento arqueolóxico de Aquis Querquennis (Baños de Bande, Ourense). Para iso, delimitouse o máis exactamente posible a extensión e a entidade do xacemento (áreas escavadas e sen escavar), documentáronse todas as intervencións realizadas (antigas e recentes), recompilouse toda a información arqueohistórica obtida delas e, por último, diagnosticáronse os problemas de conservación e exhibición do xacemento, especialmente os derivados da afección das augas do encoro.

Palabras clave:

Aquis Querquennis, xacemento arqueolóxico romano e conservación patrimonial.

1. Introducción

O xacemento arqueolóxico de Aquis Querquennis localízase no concello de Bande, provincia de Ourense, concretamente nas inmediacións do lugar de Porto Quintela,

pertencente á parroquia de San Xoán de Baños. Xa que logo, no ámbito macroxeográfico, forma parte da comarca da Baixa Limia, caracterizada polo val do río homónimo que discorre en dirección SO, cara a Portugal e ao Atlántico, sensiblemente encaixado entre as montañas da serra de Laboreiro ao norte e a serra do Xurés ao sur. Dada a súa situación no fondo do val, moi próximo do antigo curso do río, fisicamente non forma parte do Parque Natural Baixa Limia-Serra do Xurés, ao que si pertencen as serras antes citadas. Non obstante, en certo modo si que está integrado nel ao funcionar o seu centro de interpretación como unha das «portas de entrada» ao parque.¹

A principal afección ecolóxica e medioambiental sufrida pola bisbarra da Baixa Limia nos últimos setenta anos foi a construción de presas sobre o río Limia, primeiro a das Conchas, inaugurada en 1949, e despois (1993) a de Alto Lindoso, situada xa en Portugal, pero cuxo encoro afecta especialmente o territorio galego. A esta listaxe habería que engadir o encoro de Salas, afluente do Limia, construído en 1971. Como é ben sabido, o conxunto do xacemento de Aquis Querquennis está gravemente afectado polo asolagamento producido polo encoro das Conchas que, durante os períodos de inundación máxima (cota de 550 m s. n. m.), chega a deixar a totalidade do xacemento cuberto polas augas.²

A presenza dun xacemento arqueolóxico no lugar foi recoñecida polos estudosos e eruditos xa desde o s. xvii, pero non será ata mediados dos anos setenta do século xx cando se inicien as escavacións científicas sistemáticas no lugar que, con algúns altibaixos, continuaron durante as décadas seguintes e aínda continúan no momento actual (última campaña en 2019). Estes corenta anos de intervencións arqueolóxicas exhumaron e puxeron á vista unha boa parte do xacemento, o cal, sumado ás múltiples campañas de consolidación e de restauración das ruínas, conseguiron crear un xacemento arqueolóxico, musealizado e visitable, de primeira categoría, tanto no ámbito galego coma incluso no peninsular. Sen dúbida, tamén contribuíu a este éxito a construción

1 Máis información sobre as «Portas do Xurés» nas webs <http://www.aquisquerquennis.es/porta-do-xures/> e <http://portasxures.es/index.php/es/informacion>.

2 O encoro das Conchas foi oficialmente inaugurado por Francisco Franco o 16/09/1949, aínda que nesa data xa levaba en servizo algo máis dun ano (posta en funcionamento do primeiro grupo electrógeno o 04/08/1948). As obras de construción da presa tiveron lugar entre 1943 e 1947; a enchedura do encoro e o conseguinte asolagamento do val do Limia produciuse a finais dese mesmo ano ou a inicios de 1948 (De los Ríos Conde, A. 2019: *As Conchas, luces y sombras del primer gran embalse de Galicia y de Fenosa* [en liña]. Dispoñible en: viales.es/conchas-primer-gran-embalse-galicia-fenosa (publicado o 15/06/2019, actualizado o 17/06/2019 e consultado o 27/07/2020).

e a dotación do Centro de Interpretación Aquae Querquennae-Vía Nova a carón do xacemento, en funcionamento desde o ano 2003.

A pesar desta obvia relevancia cultural, o xacemento non entrará na categoría máxima de protección e de importancia patrimonial, BIC (ben de interese cultural), ata datas realmente moi recentes (27/10/2018).³ Previamente, desde os anos oitenta, o xacemento contaba soamente coa protección básica da categoría de «ben catalogado», establecida ao abeiro da Lei 16/1985, do 25 de xuño, do patrimonio histórico español e, posteriormente, da Lei 8/1995, do 30 de outubro, do patrimonio cultural de Galicia.

Desde a construción da presa, a titularidade dos terreos do xacemento é pública, xestionada primeiro por Unión-Fenosa, empresa propietaria/concesionaria do encoro (actualmente Naturgy), e ultimamente pola Confederación Hidrográfica Miño-Sil, organismo dependente do Goberno de España. En realidade, desde inicios dos anos noventa, toda a xestión patrimonial relativa ao xacemento (intervencións, financiamento, divulgación etc.) é levada a cabo pola Fundación Aquae Querquennae-Vía Nova, con sede no propio Centro de Interpretación de Porto Quintela, e formada polos seguintes membros: Deputación Provincial de Ourense, consellarías de Cultura e Medio Ambiente (Xunta de Galicia), Concello de Bande, Confederación Hidrográfica Miño-Sil, Universidade de Santiago de Compostela e Grupo Arqueolóxico Larouco.⁴

2. Delimitación do conxunto arqueolóxico

O conxunto arqueolóxico de Aquis Querquennis está conformado por tres partes ou sectores principais que, de sur a norte, son un campamento militar romano, unha casa de postas (*mansio*) de servizo á vía romana que pasaba polo lugar, e unha zona de nacentes termais, xa explotadas na época romana, pero que perduraron ata épocas moi posteriores. A área arqueolóxica é realmente moi extensa (ca. 750 m lineais no eixe N-S), e amosa unha disposición claramente lonxitudinal ao longo da cal se distribúen bastante regularmente os tres sectores citados [Fig. 1].

3 Decreto 101/2018, do 6 de setembro, polo que se declara ben de interese cultural, coa categoría de zona arqueolóxica, o campamento romano e *mansio* viaria de Aquis Querquennis, no lugar de Porto Quintela, parroquia de San Xoán de Baños, termo municipal de Bande (Ourense), DOG núm. 185 do 27/10/2018 (www.xunta.gal/dog/Publicados/2018/20180927/AnuncioG0164-190918-0003_es.pdf). A inscrición deste BIC no Rexistro Xeral de Bens de Interese Cultural do Ministerio de Cultura fíxose incluso meses máis tarde, en febreiro de 2020.

4 Composición actual (2020) segundo a web da propia fundación (querquennis.com/fundacion/). Unión Fenosa (despois Gas Natural e actualmente Naturgy), un dos membros máis activos na fundación durante as décadas de 1990 e 2000, ao parecer retirouse recentemente dela.



Fig. 1. Ortografía xeral do xacemento de Aquis Querquennis, obtida a partir de voo fotogramétrico con drone feito en novembro 2019 [O. García-Feal], con indicación das áreas de interese arqueolóxico e patrimonial [F. Pérez; J. Silvares].

O sector máis importante e coñecido é o do campamento militar, consistente nun amplo asentamento fortificado de planta rectangular (177 x 146 m, isto é, nada menos ca 2,58 ha de extensión), ocupado por unha unidade militar (a 3.^a cohorte) pertencente a unha lexión do exército romano (a *Legio VII Gemina*, con base na cidade de León). A paraxe é coñecida tradicionalmente como a «Cibdá» ou «Cibdade», topónimos ben reveladores da existencia do xacemento, de aí que centrábase sempre o interese das persoas investigadoras, desde a pioneira intervención de López Cuevillas nos anos vinte ata as escavacións sistemáticas levadas a cabo polo Grupo Arqueolóxico Larouco desde 1975 ata a actualidade. O resultado é que, a día de hoxe, xa están escavados ao redor de 14 300 m² do campamento, o cal supón a nada desprezable porcentaxe do 54 % da súa superficie total. Non parece que existan máis vestixios construtivos por fóra de murallas na zona exterior adxacente ao campamento, excepto pola banda leste cara ao Limia, zona interpretada como posible *cannaba* ou asentamento civil *extramurario* inmediato ao establecemento militar.

O segundo sector, situado a uns 250 m de distancia cara ao norte, consiste nunha construción civil romana identificada como unha *mansio*, ou sexa, un edificio hostaleiro de índole viaria (parada e fonda para persoas viaxeiras, casa de postas de correos), que sen dúbida formaba parte da dotación oficial de servizos da Vía Nova, tamén coñecida como Vía XVIII do Itinerario de Antonino, que comunicaba as cidades capitais de Braga e de Astorga a través da provincia de Ourense. A pasaxe desta vía funcionaba no ámbito local como cordón umbilical de unión entre os tres sectores do xacemento (campamento, *mansio* e termas), seguindo un trazado concreto que loxicamente pasaba xusto por diante do edificio da *mansio* e que, en boa parte, debeu quedar fosilizado mediante o percorrido da antiga estrada Ourense-Portugal.

A *mansio* viaria foi escavada na súa totalidade a inicios dos anos noventa, atinxindo unha superficie exhumada de aproximadamente 1380 m², o cal non implica que teña que ser o único edificio romano existente no sector. De feito, a constatación de muros arrasados que continúan en dirección norte e sur, xunto coa presenza de abundante material arqueolóxico en superficie (cerámicas, tellas, cachotaría pétreo etc.), incluso vestixios de muros visibles en superficie no extremo setentrional, xa limítrofe coa desaparecida aldea de Baños [Fig. 2], sen dúbida son indicativos da presenza doutras construcións romanas repartidas ao longo de toda esta zona intermedia entre o campamento e as termas. Boa proba disto foi o descubrimento e a escavación en 2009

dunha construción rectangular romana, de ignorada finalidade, situada xusto a medio camiño entre o campamento e a *mansio*.



Fig. 2. Estructuras arqueolóxicas visibles en superficie (novembro 2019) ao norte da *mansio*, a carón do regato limítrofe coa desaparecida aldea de Baños [fotos F. Pérez Losada]

O terceiro e último sector de interese arqueolóxico é o dos nacentes termas situados no centro da antiga aldea de Baños, arrasada en 1947 por mor do asolagamento do encoro das Conchas. As escavacións arqueolóxicas realizadas na zona son escasas e moi limitadas –pequena sondaxe de 1975 no prado limítrofe polo leste co manancial termal, que soamente atopou materiais romanos; escavación máis ampla (200 m²) en 1983 nas proximidades da desaparecida igrexa parroquial, que agora si que localizou estruturas construtivas romanas–, pero suficientes para supoñer a existencia dun poboado civil romano (*vicus*) no lugar, centrado sobre os nacentes termas e a pasaxe Vía Nova. De feito, son moitas as referencias antigas, desde o s. XVIII, a achados romanos na zona dos mananciais, así como é moi habitual o descubrimento de materiais romanos en superficie, especialmente na ladeira comprendida entre as termas e a antiga igrexa.

Neste sector, o interese arqueolóxico e patrimonial tamén se estende ata etapas históricas máis recentes. Referímonos concretamente aos edificios balnearios construídos na época moderna e contemporánea para aproveitar o poder salúfero e curativo dos nacentes termas, seguramente amortizando as orixinarias edificacións balnearias romanas. O máis antigo é descrito como un gran pío a ceo aberto accesible mediante chanzos de cantaría, advertindo asemade que previamente foi un «casarón» cuberto que xa se atopaba totalmente arruinado a mediados do s. XVIII (De los Ríos Conde, 2018a). O segundo balneario, agora xa dotado de bañeiras individuais de obra, é máis

recente, construído en 1896, e perdurou ata que se levantou a presa das Conchas en 1947 (De los Ríos Conde, 2018b). Ambos os edificios balnearios foron recuperados en 2009 a modo de bañeiras termais a ceo aberto de libre acceso para o público [Fig. 3].



Fig. 3. Construcións balnearias da aldea de Baños: arriba, pilón tradicional a ceo aberto (foto das obras de recuperación en decembro 2009); abaixo, edificio balneario de 1896 (foto do estado actual outubro 2019) [fotos F. Pérez Losada]

O resto da aldea de Baños de Bande, unhas oito ou nove casas amais do(s) balneario(s) e a igrexa, tamén foi deliberadamente destruída e arrasada en 1947 por mor do asolagamento do encoro. Unicamente se decidiu salvar daquela a igrexa parroquial (San Xoán de Baños), que foi trasladada e reconstruída máis arriba na beira da actual estrada OU-540⁵, e o cemiterio anexo.

⁵ A fábrica da igrexa é de perpiño granítico e presenta unha planta rectangular simple, con nave interior única de cuberta abovedada (arcos faixóns apoiados sobre pilastras). Na fachada destaca o gran desenvol-

Para coñecer as características xeográficas orixinais (topografía, vexetación, parcelario agrícola, camiños e sendas rurais, hidroloxía etc.) dos terreos onde se localiza o xacemento, resulta fundamental a consulta e a análise dos mapas e/ou fotogramas aéreos previos a 1947, data de asolagamento do encoro das Conchas. Que nós sabíamos, soamente existen dous documentos deste tipo: o fotograma 022-8880-21 da serie A do chamado Voo Americano, tomado o de outubro de 1945, e a edición antiga da folla 300-301 (Lovios) do mapa topográfico nacional escala 1:50000, minuta datada o 04/07/1942 e edición impresa de 1943.⁶



Fig. 4. Localización do xacemento arqueolóxico sobre mapa topográfico antigo (folha 300-301 do MTN 1:50000 editado en 1943), previo á inundación (resaltada en amarelo) do encoro das Conchas [elaboración F. Pérez Losada]

A localización do xacemento sobre estes mapas [Fig. 4] e fotos aéreas antigas [Fig. 5] permite comprobar como as estruturas arqueolóxicas estaban situadas sobre terreos de alta capacidade agrícola (moitas parcelas de cultivo, que alternan con escasos

vemento da espadana, de dous corpos e decorada con pináculos con bólas (www.turismo.gal/recurso/-/detalle/22091/igreja-de-san-xoan-de-banos?langId=es_ES&tp=8&ctre=31). Data do s. XIX, foi construída polo abade Francisco Taboada en substitución da antiga igrexa parroquial e derrubada (Rodríguez Colmenero, 2006: 22). Esta cronoloxía coincide moi ben co seu marcado estilo barroco tardío galaico, tan común e estendido entre as capelas e a igrexas rurais do país.

6 Os fotogramas da serie A do Voo Americano poden ser libremente descargados na fototeca dixital do Centro Nacional de Información Xeográfica (CNIG) (fototeca.cnig.es/) e os MTN50 antigos (minutas e editados) no centro de descargas de idéntica institución (centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp).

terreos incultos, de monte baixo ou arborizadas), de perfil sensiblemente chairou ou lixeiramente inclinado cara ao río, que discorría moi próximo. O campamento, de feito, ocupa unha especie de esporón achaiado (cotas de 550-545 m) sobranceiro ao río, que se atopaba a tan só 160 m de distancia e con non moita diferenza de nivel (cota de 533 m). Tamén se observa perfectamente o trazado da antiga estrada térrea de Ourense a Portugal, hoxe substituída pola moderna OU-540 que discorre a unha cota superior, así como os camiños e os lindes tradicionais, en parte coincidentes ou fosilizados polas estruturas arqueolóxicas, ou as pontellas e os vaos para cruzar o Limia (unha ao sur, fronte a Porto Quintela, e outra ao norte, xa pasada a igrexa de San Xoán de Baños), que obviamente hoxe se atopan perennemente sepultadas baixo as augas do encoro.

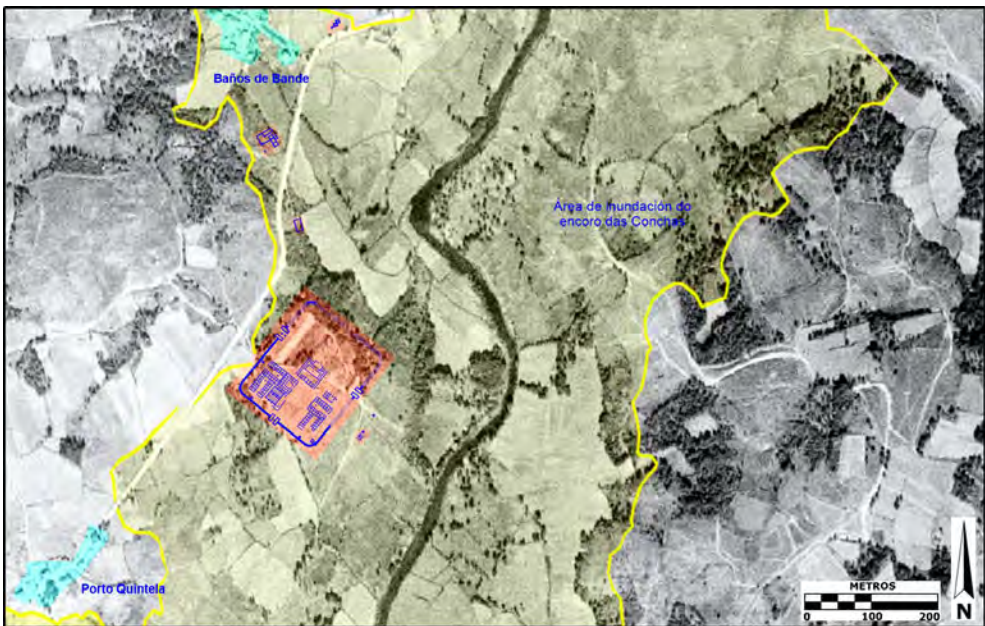


Fig. 5. Localización do xacemento arqueolóxico sobre fotograma 022-8880-21 da “serie A” do chamado “Voo Americano”, tomado o 06/10/1945 [elaboración F. Pérez Losada]

3. Intervencións arqueolóxicas realizadas (1921-2019)

A referencia máis antiga coñecida sobre o xacemento é a do celanovés Castellá y Ferrer, quen en 1610 testemuña a existencia das ruínas dunha cidade romana entre Baños e Porto Quintela. Esta referencia orixinaria repetírase e amplificárase por outros eruditos dos séculos XVIII (padres Sarmiento e Flórez) e XIX (Ceán Bermúdez e Barros

Sivelo), e cometerase ademais o erro de identificar o sitio como Aquis Originis debido a un miliario que fora incorrectamente localizado por Castellá. Pecha esta etapa de precedentes a obra de Díez Sanjurjo a comezos do s. xx, quen ten a honra de ser o primeiro en afirmar que o xacemento se trata efectivamente de Aquis Querquennis.⁷

Haberá que esperar ata os anos vinte para que se produza a primeira intervención arqueolóxica propiamente dita no sitio, levada a cabo polos homes do SEG baixo a dirección de Florentino López Cuevillas. A escavación realizouse en dous días alternos do ano 1921 na zona da «Cibdade» (López Cuevillas, 1921 e 1922), onde se descubriu primeiro un fragmento de muro de cachotaría pétreo e despois, nas proximidades, un bo cacho (26 m de longo por 3 de ancho) de «murallón» con ancheamentos tipo torre, que sen dúbida se debe corresponder coa muralla do campamento. Isto último aínda non o sabía Cuevillas, quen conclúe que, en atención ao tipo de obra descuberta e á gran dispersión dos vestixios pola zona, «Aquis Querquennis non foi unha simple *mansio*, senón que constituía unha vila ben poboada» (López Cuevillas, 1922: 16).

Esta pioneira intervención de Cuevillas non terá continuidade nas décadas seguintes, constatándose algo máis de medio século de esquecemento do xacemento onde practicamente non se produce ningunha novidade arqueolóxica no sitio, en boa parte debido ao asolagamento producido polo encoro das Conchas a partir de 1947. Unicamente cómpre destacar os materiais recollidos en prospección superficial por M. Caamaño a inicios dos anos setenta (Caamaño Gesto, 1977-1978: 115).

A partir de 1975 iníciase a escavación sistemática do xacemento, levada a cabo por Antonio Rodríguez Colmenero e os seus colaboradores do Grupo Arqueolóxico Larouco (F. Herves Reigoso e S. Ferrer Sierra), e, ata o día de hoxe, realizáronse a nada desprezable cifra de 27 campañas sucesivas de escavación en área. As intervencións, de periodicidade practicamente anual, foron autorizadas e avaladas nun primeiro momento pola Dirección Xeral de Escavacións Arqueolóxicas (Ministerio de Cultura) e, posteriormente, a partir de 1983, polo Servizo de Arqueoloxía da Xunta de Galicia. Nas décadas de 1980 e 1990 o financiamento correu a cargo de convenios co INEM e, especialmente, de Unión Eléctrica Fenosa; no século XXI o financiamento tamén é público (sobre todo a deputación e a Xunta de Galicia), agora administrado a través da fundación Aquae Querquennae-Vía Nova.

⁷ Para unha información máis detallada sobre as referencias e os achados antigos no xacemento véxase Rodríguez Colmenero (2006: 17-24) e Pérez Losada (2002: 181-184).

As primeiras intervencións dos anos setenta foron sondaxes valorativas repartidas en varios puntos da «Cibdade», aínda que tamén se fixo unha pequena cata na zona das termas, que infelizmente non localizou estruturas, pero si abondosos materiais romanos (Rodríguez Colmenero, 2006: 25-36; 1991b). As catas da «Cibdade» si que resultaron positivas, centradas sobre todo na muralla perimetral do recinto, razón que levou a pensar que se debería tratar dun campamento militar e non dun poboado ou cidade romana, tal e como se dixera nun principio (Pérez Losada, 2002: 183).

As escavacións en área propiamente ditas comezaron en 1980 e, con frecuencia anual, continuaron regularmente ata 1989, sempre baixo a dirección de A. Rodríguez Colmenero. Estableceuse un novo sistema de referencia sobre o terreo –grandes cadros de 20 x 10 m astronómicamente orientados– e as campañas foron case sempre de grande envergadura (en duración e en número de persoas traballadoras), o cal se traduce en que se exhumou bastante superficie (ca. 6000 m²) en relativamente pouco tempo (9 anos). A media foi de algo máis de tres cadros (660 m²) por campaña [Fig. 6].

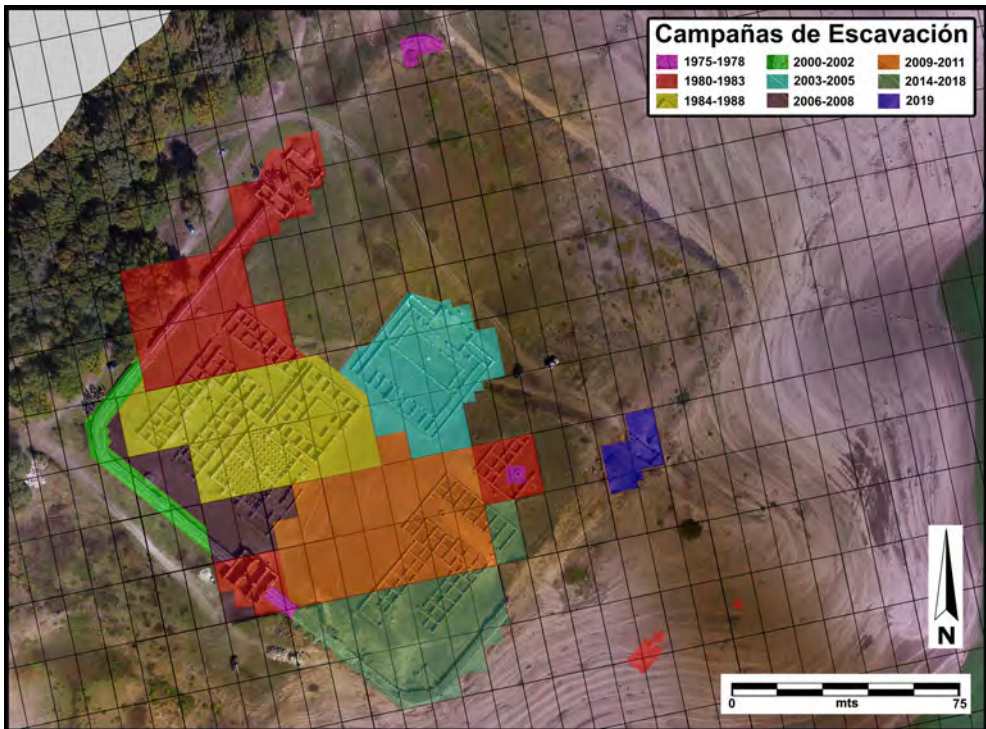


Fig. 6. Campañas de escavación arqueolóxica realizadas no campamento (1975-2019), indicadas sobre ortofoto de elaboración propia (novembro 2019) [J. Silvares; F. Pérez]

Loxicamente, as escavacións estiveron centradas no campamento, e conseguiuuse exhumar neste período (1980-1988) practicamente todo o cuadrante suroccidental da *retentura* (sector posterior do recinto castrense), o cal permitiu poñer á vista dous barracóns de tropa (núm. 2 e 3), o hospital (*valetudinarium*) e un celeiro dobre (*horrea*), ademais de boa parte da muralla perimetral noroeste e as portas *principalis sinistra* a occidente e *decumana* ao sur. Tamén foi escavado parcialmente, entre 1981 e 1982, a metade meridional doutro barracón de tropa (núm. 1), situado neste caso na banda leste do sector central do campamento (Rodríguez Colmenero, 1987, 1991a, 1991b, 2000, 2006; e Rodríguez, Ferrer e Herves, 1998).

Na campaña de 1983, as intervencións tamén se estenderon a zonas externas ao campamento, ben sexa a limpeza e o rexistro –non foi escavación arqueolóxica propiamente dita– de estruturas construtivas localizadas a uns corenta metros por fóra da muralla SE (posible *cannaba* campamental) e, sobre todo, a única escavación en área (cadro de 20 x 10 m) ata o de agora realizada na zona das termas, nas inmediacións da antiga igrexa parroquial de Baños (Rodríguez Colmenero 1991b: 127; 2000: 212; 2006: 29-30; e Rodríguez, Ferrer e Herves, 1998: 905).

A finais dos anos oitenta e inicios dos noventa (campañas 1989, 1990-1991 e 1992) as escavacións estiveron centradas na exhumación do edificio da *mansio*, as cales pasaron agora a ser dirixidas maioritariamente por F. Herves Reigoso. A escavación foi moi ampla (ca. 1100 m²) e permitiu descubrir o edificio viario na súa totalidade, incluíndo tamén algunhas significativas áreas adxacentes tales como un patio aberto con pozo ou o firme da propia vía (Herves Reigoso, 1995; Rodríguez Colmenero, 1996; Rodríguez, Ferrer e Herves, 1998: 905-907).

No resto dos anos noventa non se fixeron novas escavacións en Aquis Querquennis, substituídas por un amplo programa de reconstrución e de restauración das ruínas exhumadas nos anos precedentes.

As intervencións arqueolóxicas vólvense recuperar a partir do ano 2000, na época en que Santiago Ferrer Sierra é o encargado de dirixir os traballos de escavación desde 2003 en adiante. Realízanse neste período (2000-2019) outras quince novas campañas de escavación en área, e recupéranse as características de frecuencia anual e de grande envergadura que foran establecidas nos anos oitenta. A superficie total escavada no campamento nesta etapa foi duns 8300 m², o cal nos dá unha media de algo menos de tres cadros (550 m²) por campaña.

Durante a década inicial do milenio, as escavacións estiveron centradas en, por unha banda, culminar a exhumación completa e total do cuadrante SO da *retentura* e, por outra, en escavar, tamén na súa totalidade, un novo edificio como foi o cuartel xeral da unidade militar (*principia*), situado xusto no espazo central do campamento.

Entre 2000 e 2002 acabouse de exhumar un longo treito de muralla que aínda estaba enterrado a ambos os lados do seu ángulo occidental, tanto en dirección á porta *principalis sinistra* como á porta *decumana*. A escavación da área de *intervallum* correspondente, xunto co remate da escavación dalgúns edificios do sector (pórticos dos *horrea*, esquinall do barracón 3) e da porta *decumana*, levouse a cabo algo máis tarde, entre 2006 e 2008 (Rodríguez Colmenero, 2006: 45-139; Ferrer Sierra, 2010). A escavación dos *principia* ocupou monograficamente as campañas de 2003, 2004 e 2005 (Ferrer Sierra e Rodríguez Colmenero, 2006; Vega, Ferrer e Rodríguez, 2009).

Durante a segunda década do milenio, desde 2009 a 2018, as intervencións arqueolóxicas concentráronse no cuadrante SE da *retentura*, un novo sector do campamento que apenas fora tocado desde os anos setenta. Os traballos exhumaron primeiro (2009-2010) a meirande parte do gran patio de armas, carente de estruturas, que ocupa o sector centro-oriental da *retentura* para, pouco despois (campañas 2010 e 2011), centrarse na escavación dos dous novos barracóns de tropa (4 e 5) existentes no sector. Tras un breve estancamento de dous anos, as escavacións retómanse en 2014 coa exhumación do torreón do ángulo sur da muralla e o inesperado descubrimento das latrinas campamentais ao seu carón (Ferrer Sierra, 2015). As campañas seguintes (2015, 2016 e 2018) dedicáronse a rematar a exhumación completa das latrinas e dos barracóns 4 e 5, pero sobre todo a escavar a totalidade da muralla SO e un bo treito da muralla SL, xunto cos respectivos sectores de *intervallum* correspondente. Por último, a campaña de 2019 escavou integramente a porta *principalis dextra* do campamento romano.

Fóra do recinto campamental, as actuacións arqueolóxicas do século XXI foron moi limitadas, practicamente inexistentes. A única escavación en área aconteceu en 2009, coa exhumación completa (ca. 290 m²) dun enigmático edificio rectangular romano situado a medio camiño entre o campamento e a *mansio* (Ferrer Sierra, 2010: 165-166). Na zona das termas unicamente houbo controis arqueolóxicos das remocións de terras, derivadas do desentullo e da recuperación dos balnearios decimonónicos (2009), da construción de accesos e de estacionamento (2013) e mais da construción de novas

bañeiras termas (2014), que sempre resultaron negativos (tamén é verdade que nunca se chegou a atinxir o subsolo orixinal) á hora de localizar estruturas romanas no lugar.

Campana	Intervención	Director	Zona do campamento	Zona da mansio	Zona das termas
1975	Sondaxes	A. Rguez. Colmenero	Cata de 5 x 5 m no torreón do ángulo N da muralla. Cata de 5 x 5 m no patio do barracón 1 (ao leste dos <i>principia</i>).		Cata de 3 x 1 m ao leste das termas.
1978	Sondaxes	A. Rguez. Colmenero	Cata de 15 x 5 m no lenzo central da muralla SO.		
1980	Escavación	A. Rguez. Colmenero	Sector central da muralla NO e foxo exterior asociado. <i>Intervallum</i> e barracón 2 do cuadrante SO da <i>retentura</i> .		
1981	Escavación	A. Rguez. Colmenero	Continuación da muralla NO en dirección ao ángulo O. Descubrimento da porta <i>decumana</i> (muralla SO). Ampliación da escavación do barracón 1 (ao leste dos <i>principia</i>).		
1982	Escavación	A. Rguez. Colmenero	Exhumación parcial da porta <i>decumana</i> (muralla SO). Remate da escavación da metade meridional do barracón 1. Continuación da escavación da muralla NO en dirección á porta <i>principalis sinistra</i> .		
1983	Escavación	A. Rguez. Colmenero	Exhumación parcial da porta <i>principalis sinistra</i> (muralla NO). Ampliación da exhumación parcial da porta <i>decumana</i> . Limpeza e rexistro das estruturas da <i>cannaba</i> (zona exterior ao SL do campamento).		Escavación 20 x 10 m nas inmediacións da antiga igrexa de S. Xoán de Baños.

Campana	Intervención	Director	Zona do campamento	Zona da mansio	Zona das termas
1984	Escavación	A. Rguez. Colmenero	Exhumación parcial do <i>valetudinarium</i> .		
1985	Escavación	A. Rguez. Colmenero	Remate da escavación do <i>valetudinarium</i> e do barracón 2. Descubrimento e exhumación parcial dos <i>horrea</i> e do barracón 3.		
1986	Escavación	A. Rguez. Colmenero	Exhumación practicamente completa dos <i>horrea</i> .		
1987	Escavación	A. Rguez. Colmenero	Remate da escavación do barracón 3 (cuadrante SO da <i>retentura</i>).		
1988	Escavación	A. Rguez. Colmenero	Exhumación puntual de zonas pendentes (cuadrante SO da <i>retentura</i>).		
1989	Escavación	F. Herves Reigoso		Descubrimento e exhumación inicial da <i>mansio</i> .	
1990 1991	Escavación	F. Herves Reigoso	Exhumación moi concreta de zonas pendentes (cuadrante SO da <i>retentura</i>).	Escavación do edificio da <i>mansio</i> .	
1992	Escavación	A. Rguez. Colmenero		Culminación da escavación da <i>mansio</i> .	
2000 2002	Escavación	A. Rguez. Colmenero	Exhumación completa da muralla NO e da muralla SO, incluíndo a esquina O.		
2003	Escavación	S. Ferrer Sierra	Inicio da escavación dos <i>principia</i> .		
2004	Escavación	S. Ferrer Sierra	Escavación dos <i>principia</i> .		
2005	Escavación	S. Ferrer Sierra	Finalización da escavación dos <i>principia</i> .		

Cam- paña	Interven- ción	Director	Zona do campamento	Zona da <i>mansio</i>	Zona das termas
2006	Escava- ción	S. Ferrer Sierra	Exhumación completa da porta <i>decumana</i> . Escavación do pórtico oriental dos <i>horrea</i> .		
2007	Escava- ción	S. Ferrer Sierra	Remate da escavación da zona porticada dos <i>horrea</i> . Escavación do <i>intervallum</i> da muralla SO e do esquinal sur do barracón 3.		
2008	Escava- ción	S. Ferrer Sierra	<i>Intervallum</i> do esquinal O da muralla. Zona interior lindante coa porta <i>decumana</i> .		
2009	Escava- ción	S. Ferrer Sierra	Escavación da praza de armas da <i>retentura</i> e do esquinal do barracón 5 do cuadrante SL.	Edificación rectangular entre campamento e <i>mansio</i> .	
	Control de obra	S. Ferrer Sierra			Recuperación dos antigos balnearios.
2010	Escava- ción	S. Ferrer Sierra	Culminación da escavación do patio de armas. Exhumación parcial dos barracóns 4 e 5 do cuadrante SL.		
2011	Escava- ción	S. Ferrer Sierra	Continuidade da escavacións dos barracóns 4 e 5 do cuadrante SL.		
2013	Control de obra	S. Ferrer Sierra			Construción de accesos ás termas.
2014	Escava- ción	S. Ferrer Sierra	Escavación da esquina sur do barracón 5, do torreón do ángulo S da muralla e do edificio de latrinas.		
	Control de obra	S. Ferrer Sierra			Construción de novas bañeiras termais.

Cam- paña	Interven- ción	Director	Zona do campamento	Zona da <i>mansio</i>	Zona das termas
2015	Escava- ción	S. Ferrer Sierra	Remate da escavación das latrinas e do barracón 5. Escavación parcial do <i>intervallum</i> e do treito meridional da muralla SL.		
2016	Escava- ción	S. Ferrer Sierra	Remate da escavación do barracón 4 (esquina oriental). Continuación da exhumación do <i>intervallum</i> e treito meridional da muralla SL.		
2018	Escava- ción	S. Ferrer Sierra	Escavación do treito meridional do <i>intervallum</i> e muralla SO.		
2019	Escava- ción	S. Ferrer Sierra	Escavación completa da porta <i>principalis dextra</i> .		

Seguindo a estela das distintas campañas de escavación, executáronse igualmente, moitas veces de forma parella, abondosas campañas de reconstrución/recreación das estruturas arqueolóxicas aparecidas [Fig. 7].

Estes traballos comezaron xa no ano 1987, onde se realizaron tarefas sobre zonas concretas, en concreto sobre dúas estancias do extremo sur do barracón núm. 2 e, en parte, da porta *principalis sinistra*, que serviron para marcar as liñas básicas de consolidación, reconstrución e restauración que se seguirían nos anos seguintes (Rodríguez Colmenero, 1991b: 128).

Tal e como xa avanzamos máis arriba, nos anos noventa, concretamente desde 1989 ata 1997, foi o período que concentrou a meirande parte dos traballos de reconstrución e de restauración, que foron priorizados fronte aos de escavación arqueolóxica. Nunha primeira etapa, nos anos 1989 e 1990, a través dun convenio INEM-Concello de Bande, púxose en funcionamento unha escola/taller coa que se realizaron os labores de consolidación e de crecido *murario* da totalidade do edificio do *valetudinarum* (Rodríguez Colmenero, 1996: 239). A intervención realizouse en dúas fases: na fase I, en 1989, consolidáronse os muros perimetrais do edificio e mais do patio central; na fase

II, en 1990, interviñéronse os muros que conforman a ordenación interna do edificio (Herves Reigoso, 1995: 46).

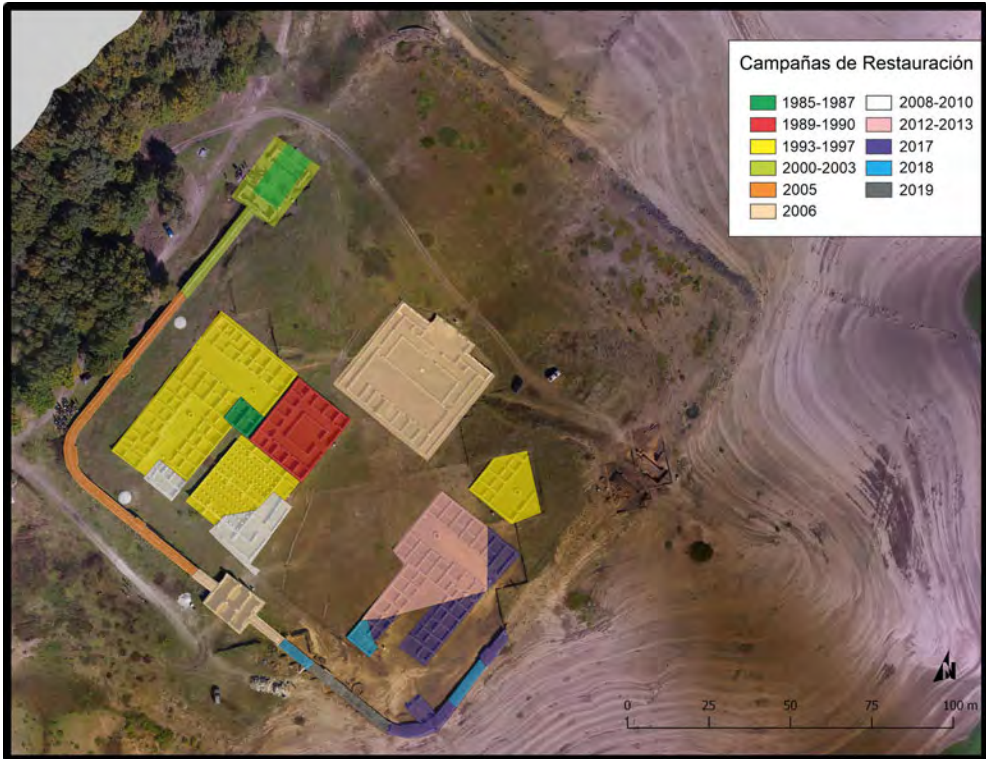


Fig. 7. Campañas de reconstrución e restauración arqueolóxica levadas a cabo no campamento (1985-2019), indicadas sobre ortofoto de elaboración propia (novembro 2019) [M. Lago; J. Silvares; F. Pérez]

Na etapa central, desde 1993 a 1997, teñen lugar as campañas de consolidación e de restauración máis amplas e extensas das executadas ata o momento no xacemento. De feito, durante eses anos vaise intervir progresivamente sobre practicamente todas as estruturas arqueolóxicas escavadas ata a data, isto é, os barracóns de tropa núm. 2 e 3, o sector escavado do barracón núm. 1 e a meirande parte dos *horrea*, coa reposición das múltiples estacas pétreas perdidas. Durante os anos 1995-1996 tamén se consolida e se restaura a totalidade do edificio da *mansio* (Rodríguez Colmenero, 1996: 240).

Desde o ano 2000 en adiante, as campañas de restauración seguen convivindo e vanse alternando, de modo máis ou menos regular, coas de escavación. Consisten basicamente en labores de consolidación e de crecemento das estruturas, nalgún caso

incluso de «monumentalización», isto é, unha voluminosa recreación en altura, ata a liña de cubertas, das portas *principalis sinistra* e *decumana* do campamento (Seoane Feijoo, 2010: 240-241).

Entre os anos 2000 e 2003 vaise acometer a recreación monumental da porta *principalis sinistra* e mais a reconstrución do treito meridional da muralla NO. Pouco despois, nas campañas 2004 e 2005, o crecemento esténdese tamén á muralla SO, que queda integramente reconstruída no longo treito angular comprendido entre as portas *decumana* e *principalis sinistra*. Por último, en 2006-2007 lévase a cabo a «monumentalización» da porta *decumana* e mais a consolidación e a reconstrución da totalidade do edificio dos *principia*.

As intervencións entre os anos 2008 e 2010 foron menores, dedicadas a rematar a reconstrución de pequenos sectores pendentes no cuadrante SO da *retentura*, tales como a fachada SL dos *horrea*, a esquina sur do barracón 3 e dúas bases de fornos situados contra o interior da muralla.

Seguindo o ritmo das escavacións, a partir de 2012 os labores de restauración vanse centrar sobre o cuadrante SL do campamento, facendo crecer primeiro (2012-2017) os barracóns de tropa núm. 4 e 5 e, nos anos seguintes (2017-2019), o edificio das latrinas e o treito angular de muralla que delimita o sector. Nestas últimas campañas incorporouse ao equipo da dirección arqueolóxica da restauración (S. Ferrer Sierra e A. Rodríguez Colmenero) o arquitecto Manuel Seoane Feijoo.

Campaña	Director(es)	Intervención
1985-1987	A. Rodríguez Colmenero	Consolidación e crecemento inicial (moi parcial) do barracón 2 e da porta <i>principalis sinistra</i> .
1989-1990	F. Herves Reigoso	Consolidación e crecemento da totalidade do <i>valetudinarium</i> .
1993-1995 1996-1997	A. Rodríguez Colmenero	Consolidación e crecemento de case a totalidade dos barracóns 2 e 3, dos <i>horrea</i> e mais do sector escavado do barracón 1. Consolidación e crecemento da totalidade do edificio da <i>mansio</i> .
2000-2003	A. Rodríguez Colmenero e S. Ferrer Sierra	Reconstrución monumental da porta <i>principalis sinistra</i> . Consolidación e crecemento da muralla NO.

Campaña	Director(es)	Intervención
2005-2006	S. Ferrer Sierra	Consolidación e crecemento da muralla SO. Reconstrución monumental da porta <i>decumana</i> . Consolidación e crecemento da totalidade do edificio dos <i>principia</i> .
2008-2010	S. Ferrer Sierra	Consolidación e crecemento de sectores concretos dos <i>horrea</i> e do barracón 3.
2012-2013	S. Ferrer Sierra	Consolidación e crecemento da meirande parte dos barracóns 4 e 5.
2017-2018	A. Rodríguez Colmenero, S. Ferrer Sierra e M. Seoane Feijoo	Consolidación e crecemento dos sectores pendentes dos barracóns 4 e 5, das latrinas e de varios treitos da muralla SO e SL.
2019	A. Rodríguez Colmenero, S. Ferrer Sierra e M. Seoane Feijoo	Consolidación e crecemento do sector pendente da muralla SO.

4. Resultados das investigacións arqueohistóricas

Como non podía ser doutra maneira, un número tan considerable de intervencións arqueolóxicas obviamente debería traducirse nun moi elevado nivel de coñecemento arqueolóxico e histórico sobre o xacemento. As investigacións e os estudos publicados son, de feito, tamén abundantes e regulares desde os anos oitenta ata os nosos días (véxase a exhaustiva listaxe bibliográfica recollida ao final deste artigo), convertendo a Aquis Querquennis en «uno de los asentamientos militares romanos más intensamente explorados de la península y (...) uno de los mejor conocidos también» (Costa García, 2013: 119-120). Esta afirmación é válida efectivamente para o campamento, que conta coa *rara avis* de ter unha monografía publicada relativamente recente (Rodríguez Colmenero e Ferrer Sierra, 2006), pero non tanto para a *mansio* viaria, da que temos que conformarnos con avances moi sucintos e parciais (Rodríguez, Ferrer e Herves, 1998: 903-907; Rodríguez Colmenero, 2009: 15-18; e Vega Avelaira, 1997: 203-204; 2015: 69-74), e moito menos para o poboado romano a carón das termas, que literalmente carece de estudos e de publicacións. Con base nestas publicacións, resumiremos a continuación os principais resultados da investigación en cada un dos sectores nos que se divide o xacemento.

O campamento presenta a forma e a estrutura arquetípica da época altoimperial romana: recinto rectangular (176 x 146 m = 2,57 ha) coas esquinas redondeadas e coa organización tripartita interna (*praetentura*, *latera praetorii* e *retentura*) directamente derivada da existencia de catro portas de acceso (unha en cada lado: *principalis dextra*, *principalis sinistra*, *praetoria* e *decumana*) e un cartesiano sistema viario (vía *praetoria/decumana*, *principalis* e *quintana*). De todo este conxunto, soamente falta por escavar a *praetentura*, a porta *praetoria* e máis ou menos a metade dos *latera praetorii* [Fig. 8].

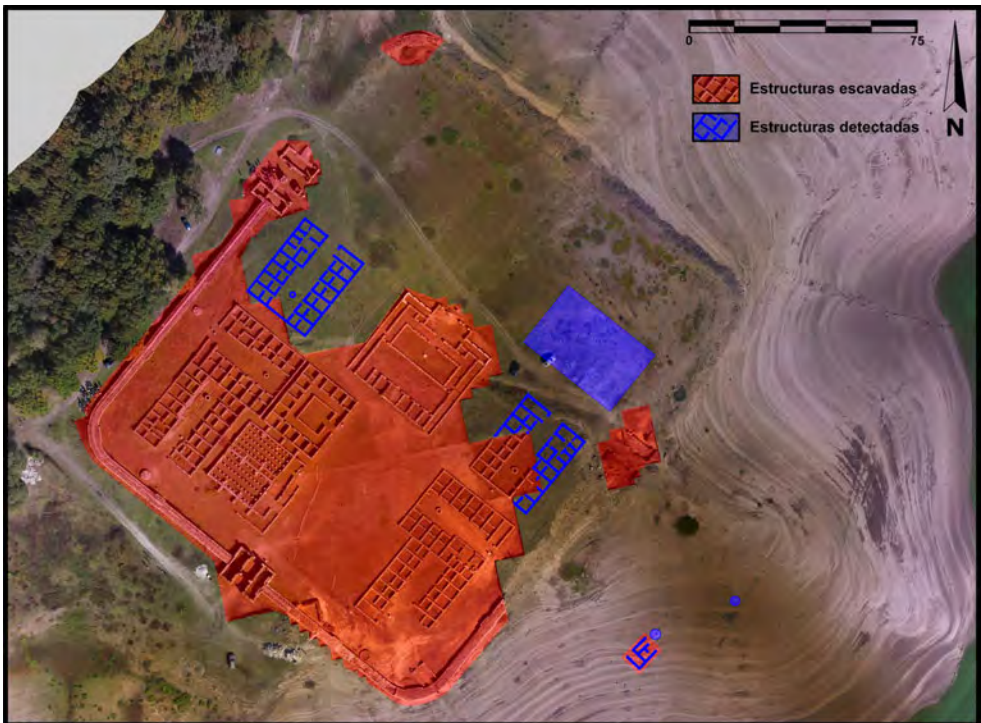


Fig. 8. Estruturas escavadas e detectadas no campamento romano, indicadas sobre ortofoto de elaboración propia (novembro 2019) [J.Silvares; F. Pérez]

O sistema defensivo consta de foxo en V que precede unha grossa muralla pétreo (3 m de ancho), dotada de torres (engrosamentos cuadrangulares do muro) a intervalos regulares e mais nas esquinas, orixinariamente coroada por paseo de ronda protexido con ameas semicirculares. As portas están flanqueadas por sendos torreóns construídos en perpiaños de cantaría, de planta rectangular (12 x 5 m) moi sobresaínte da liña de muralla (tanto polo exterior coma polo interior), que delimitan ben sexa un paso único (porta *decumana* e probablemente tamén a *praetoria*), ben un dobre van sepa-

rado por pilastras (porta *principalis sinistra*). A sorpresa xurdiu en 2019, ao descubrirse que a porta *principalis dextra* estrañamente non era de dobre van como a súa homónima esquerda [Fig. 9], senón de paso único como a *decumana*.

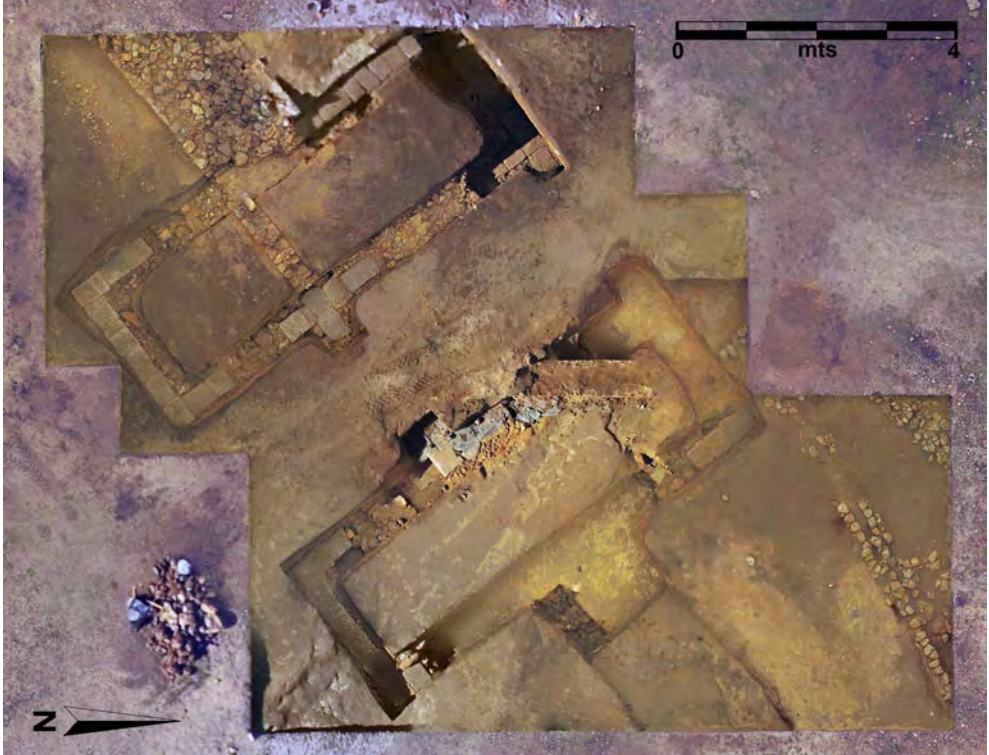


Fig. 9. Ortofoto da *porta principalis dextra*, escavada por S. Ferrer Sierra en 2019 [J.Silvares de Dios]

No que atinxe aos edificios internos, destacan os barracóns de tropa (denominados *striga* ou *hemistrigium* por Rodríguez Colmenero, aínda que o seu nome latino máis correcto é o de *centuriae*), caracterizados por seren edificios rectangulares (30 x 24 m) con aliñamentos de habitacións dobres (a posterior para habitar e durmir –*papilio*– e a anterior para o equipamento e os efectos persoais dos soldados –*arma*–) que delimitan un patio rectangular con cisterna. Estas habitacións dobres sempre son dez–catro dun lado e seis do outro–, habitadas por cadanseu *contubernium* (grupo de oito soldados), ou sexa que a unidade que ocupa o barracón é unha *centuria* (80 homes). No lateral da entrada ao barracón localízanse precisamente as dependencias do centurión, de meirande tamaño e máis compartimentadas ca as dos soldados. Nos laterais da *retentura*

están escavadas sendas parellas de barracóns (núm. 2, 3, 4 e 5), coa súa porta de acceso aberta cara ao *intervallum* ou *via sagularis* (espazo baleiro polo interior da muralla); fronte á porta, pero pegado á muralla sempre hai unha base circular con funcións de forno culinario de uso comunal para cadansúa *centuria*. Outros dous barracóns máis están situados nos *latera praetorii*, flanqueando lateralmente o edificio dos *principia*, neste caso coa porta de acceso aberta cara á *via principalis*. O barracón núm. 1 xa está parcialmente escavado, o núm. 2 aínda non, pero identifícase con claridade mediante xeorradar combinado con LIDAR (Puente, Solla, Lagüela e Sanjurjo, 2018).

Na *retentura* tamén se localizan a enfermaría ou hospital (*valetudinarium*) e os celeiros (*horrea*) do campamento, neste caso con apertura cara á *via decumana*. O *valetudinarium* é un edificio de tendencia cuadrangular (24 x 20 m) caracterizado por un patio central aberto rodeado dun deambulatorio cuberto –necesario para unha adecuada aireación natural do edificio– a carón do cal se distribúen regularmente doce estancias simples, todas moi pequenas e igualitarias, destinadas á atención dos doentes. Os *horrea* ou celeiros son dous edificios rectangulares dispostos en paralelo (21 x 10 e 21 x 8 m), construídos sobre pilotes pétreos elevados sobre o terreo –proporcionando ventilación e illamento da humidade– e con grosos muros perimetrais dotados de contrafortes. Ambos os hórreos contan cun espazo transversal común na fachada oriental, nun principio interpretada como plataforma de carga/descarga, pero que se debe tratar simplemente doutra sala de almacenamento, dado que o auténtico pórtico ou vestíbulo de acceso aínda está máis polo exterior, abranguendo todo o esquinall sur da edificación.

O último e máis importante dos edificios escavados é o cuartel xeral de mando (*principia*), situado como é canónico nos *latera praetorii*, xusto no punto central do campamento, accesible desde a transversal *via principalis*, pero claramente axializado con respecto á *via praetoria*. Trátase dun edificio moi grande (44 x 32 m) e de carácter monumental –boa parte da construción é de cantaría–, dotado de pórticos laterais, así como dun destacadísimo vestíbulo frontal de entrada, tamén dotado de deambulatorios laterais porticados, que avanza e incluso invade parcialmente o espazo correspondente á *via principalis*. A estrutura interna do cuartel xeral é a típica deste tipo de construcións, isto é, unha organización tripartita formada por patio aberto, sala rectangular alongada (*basilica*) e ringleira final de estancias impares (sete neste caso) pegadas ao muro de peche do edificio. O patio conta no seu centro cun podio para estatua e está porticado

por tres dos seus lados; flanqueando a entrada desde o vestíbulo hai dúas pequenas estancias interpretadas como arsenais (*armamentaria*). Nas estancias posteriores destaca a central –meirande tamaño, pavimento sobreelevado–, concibida como capela ou santuario campamental onde se custodian os estandartes propios da unidade militar (*aedes signorum*); as laterais, algunha delas con vestixios de pavimento de madeira, teñen funcións de índole administrativa (xestión económica, diplomas militares, arquivo etc.) (Ferrer Sierra e Rodríguez Colmenero, 2006; Vega, Ferrer e Rodríguez, 2009).

A *praetentura* aínda non foi escavada, o cal non obsta para que haxa indicios claros⁸ da existencia dalgún tipo de construción situada xusto fronte ao barracón núm. 1 [Fig. 10], se cadra o anhelado *praetorium* –casa residencial do comandante da unidade– que é o único edificio importante que falta por identificar no campamento. O resto da *praetentura* semella estar libre de construcións, destinada quizais a exercicios militares e/ou redil de cabalgaduras.



Fig. 10. Estruturas visibles en superficie (novembro 2019) na *praetentura* do campamento [foto F. Pérez Losada]

8 Aliñamentos visibles na fotografía aérea, especialmente nas de 1981-1982, 1992 e 2003. Na superficie do terreo tamén se aprecian a simple vista vestixios de muros, de orientación ortogonal coincidente co resto das edificacións campamentais [Fig. 10].

Por fóra da muralla SL do campamento tamén se localizaron algunhas estruturas construtivas –un grupo de pequenos habitáculos ortogonais con lareira e mais dúas bases circulares de fornos de pan– que, en atención á proximidade e á similitude coas construcións de dentro do recinto, foron interpretados como pertencentes á *cannaba* campamental, ou sexa, o asentamento civil *extramurario* (familias dos soldados, artesáns e comerciantes, bares e tabernas etc.) que sempre adoita acompañar as unidades militares romanas nas súas misións e localizacións polo país. De feito, unha ollada rápida aos materiais mobles atopados abonda para confirmar que, tanto o campamento coma a *cannaba*, conviven en paralelo e son sensiblemente coetáneos.

Os estudos realizados sobre o material moble tamén resultan claves para a caracterización cronolóxica e cultural do campamento, tanto sexa da ergoloxía cerámica (González Fernández, 1991 e 2006; Alcorta Irastorza, 2006; Carreño Gascón, 2006), das moedas (Ferrer Sierra, 2006), dos vidros (Herves Reigoso, 2006; Vega Avelaira, 2019) ou dos obxectos metálicos (Vega Avelaira, 2002, 2006, 2015 e 2016; Vega Avelaira e Rodríguez Colmenero, 1996; Vega Avelaira e Ferrer Sierra, 2009). En xeral, denota e ratifica a condición castrense do asentamento, especialmente determinados grupos que case se poderían definir como intendencia militar, ben sexa «oficial» da unidade ou de uso particular polos soldados: a vaixela cerámica –gran limitación e monotonía do enxoval empregado polos soldados–, os taboleiros e as fichas de xogo –moi populares entre os soldados, especialmente o *ludus latruncolorum*– ou o material metálico –case sempre relacionado coa actividade castrense: armas, instrumental médico, ferramentas de traballo, indumentaria militar–. Mención especial merece o achado de vestixios dunha estatua ou retrato imperial de bronce sobredourado, quizais de Domiciano, que orixinariamente debeu de estar colocado nalgún lugar destacado do edificio dos *principia*, pero que finalmente foi deliberadamente fragmentado e votivamente depositado no fondo do pozo-cisterna dun dos barracóns, probablemente debido ao proceso de *damnatio memoriae* sufrido polo emperador (Rodríguez Colmenero, 2006: 156-157; Costa García, 2013: 133).

O estraño feito de que a unidade militar non fabricara oficialmente o seu propio material latericio e tegulario, optándose en cambio por encomendalo a produtores privados,⁹ ten dificultado moito a identificación de cal puido ser esta unidade. En aten-

⁹ Coñécense ata sete destes oleiros privados, epigraficamente reflectidos en cadanseu cartucho impreso (*Cloutus, Rufus, Marcus, Saturninus, TSP, MI...e...S*), aos que se podería engadir o oleiro CB identificado soamente en marcas dixitadas (Pérez Losada, 2002: 187; Rodríguez Colmenero, 2006: 163-174).

ción ao tamaño e á cronoloxía do campamento, tense suxerido que fose unha *ala* ou *cohors* de tropas auxiliares dependente da *Legio VII Gemina*,¹⁰ aínda que a opinión máis estendida e recente é que se trata simplemente do destacamento (*vexillatio*) dunha parte integrante da propia *Legio VII Gemina*, concretamente a *cohors III* (Vega, Ferrer e Rodríguez 2009: 466; Costa García 2010: 134-135 e 2013: 131-135; Vega Avelaira 2015: 66-67). Basean esta interpretación no achado dunha única tegula coa *estampililla CII [I]*, texto que, non obstante, si se repite noutras tres marcas dixitadas *-C(ohors) III-*, o cal incluso daría certa credibilidade a outra marca dixitada, de grafía moi entrelazada e estraña, onde R. Colmenero cre ler *Legio VII Gemina Felix*.

En conxunto, toda esta ergoloxía material é tipicamente altoimperial, maioritariamente da época flavia ou traiana, e marca unha ocupación campamental comprendida entre os reinados de Vespasiano e Hadriano, ou sexa, o último terzo do s. I d. C. e primeiro terzo do s. II d. C. Este marco temporal de referencia incluso podería ser constrinxido a unhas balizas cronolóxicas moito máis estritas, concretamente desde o ano 75 ata o 117, ou sexa, un reducido período de ocupación de entre 40 e 45 anos de vida. As razóns que levan á instalación en Aquis Querquennis da 3.^a cohorte da *legio VII* sen dúbida teñen que ver coa participación activa da unidade no deseño e na construción da *Via Nova Bracara-Asturica*, inaugurada no ano 80 d. C. baixo o mandato do emperador Tito.¹¹ Unha vez cumprida a súa misión, a cohorte abandona pacificamente o lugar ao redor de finais do reinado de Traiano ou a inicios do de Hadriano.¹² Unha vez retirada a unidade, o campamento nunca será reocupado¹³ e óptase, en cambio, por unha intensa demolición e saqueo á procura de materiais de construción destinados aos edificios do asentamento civil circundante.

No sector intermedio entre o campamento e a aldea de Baños soamente foron escavadas dúas edificacións romanas: unha de considerable tamaño (máis de 525 m²)

10 Especialmente a *Cohors I Gallica equitata Civium Romanorum*, epigraficamente documentada en Rairiz de Veiga (Vega Avelaira, 1997: 202; Rodríguez, Ferrer e Herves, 1998: 908).

11 Sabemos que a lexión aínda estaba destinada nas fronteiras do norte no ano 74 d. C., así que a instalación da 3.^a cohorte no sitio necesariamente tivo que ser posterior ao ano 74 e anterior ao 80 d. C. (Costa García, 2013: 134).

12 As razóns que levan a establecer esta cronoloxía son que a 3.^a cohorte da *legio VII* xa estaba instalada na Dacia sobre o 130 d. C. (Vega Avelaira 2015: 67), que a lexión participa seguramente na construción da ponte Bibei (de época traiana), pero non na primeira reforma importante da vía (de época hadriana), e que non apareceu ningunha moeda de Hadriano fronte ás relativamente moitas de Traiano (Costa García, 2013: 130, 134).

13 A excepción dun pequeno e illado forno cerámico que se establece no *intervallum* da muralla NO (Rodríguez Colmenero, 2006: 66-68).

interpretada como a *mansio* viaria denominada Aquis Querquennis polas fontes itinerarias, e outra de moito menor tamaño (145 m²) e de ignorada finalidade.



Fig. 11. Estructuras escavadas no edificio da *mansio* viaria, indicadas sobre ortofoto de elaboración propia (novembro 2019) [J. Silveiras; F. Pérez]

A *mansio* [Fig. 11] consiste nun edificio público que combina a prestación de servizos viarios privados (parada e fonda para viaxeiros, avituallamento, atención a carromatos e cabalgaduras) con outros de índole administrativa oficial (sede do *cursus publicus*, conservación e mantemento da vía, control fiscal e percepción de tributos – *annona*–). A planta, un tanto complexa do edificio, é debida ás diversas remodelacións e ampliacións ocorridas durante a súa historia, onde se distinguen tres fases construtivas. A primeira consiste nunha peza cuberta única de planta basilical (25 x 14 m), con sendas liñas lonxitudinais de bases pétreas (para pilastras ou puntais de madeira), dotada dunha única entrada frontal, axializada e monumental, e un forno de pan nunha das esquinas posteriores. A súa datación probablemente sexa coetánea coa da construción e posta en servizo da Vía Nova e o campamento (época flavia e traiana), dada a exhumación doutro edificio idéntico a non moita distancia sobre a propia vía (en Ribeira da Mó, na serra do Gerês), de cronoloxía flavia ben definida. Por diante da construción discorre unha rúa ou vía paralela á fachada, dotada dun pavimento de

gravas compactadas con arxila; no lateral sur advírtese igualmente da presenza dun patio aberto, dotado dun pozo circular do que deriva unha pequena canle destinada, ao parecer, a abastecer un hipotético bebedeiro (Pérez Losada, 2002: 188-190).

Na segunda fase construtiva, a *mansio* perde o seu carácter uniforme e unitario ao se partillar e ampliar lateralmente toda a metade anterior do edificio, onde se amortizan parte dos piares, pero se respecta, non obstante, a entrada monumental e toda a metade posterior da edificación orixinal. Os novos corpos construtivos dispóñense en paralelo á calzada, e amosan diversos ámbitos rectangulares, ás veces dotados de fogares ou de lareiras, de índole probablemente doméstica, artesanal ou incluso comercial (*tabernae?*). Estas transformacións quizais estean revelando unha certa disolución do carácter público oficial da *mansio* en favor dun meirande peso das actividades privadas (artesanía e comercio). A datación é incerta –os materiais mobles non foron estudados nin publicados–,¹⁴ pero sen dúbida é baixoimperial, preferentemente da segunda metade do s. IV d. C.

A terceira fase construtiva, obviamente tamén de datación tardía, en realidade non é máis ca unha pequena remodelación da anterior: ás hipotéticas *tabernae* amplían e diversifican o seu espazo invadindo en parte a antiga rúa que discorre por diante (Herves Reigoso, 1995: 49).



Fig. 12. Construción rectangular romana entre o campamento e a *mansio*, escavada por S. Ferrer Sierra en 2009 [foto F. Pérez Losada]

14 A excepción dunha magnífica fibela de bésta, feita en bronce e chapada en ouro, unha peza certamente luxosa e exclusiva datada de finais do s. IV ou inicios do s. V d. C (Castro Pérez, 1992).



Fig. 13. Estruturas romanas entre a aldea e a igrexa de S. Xoán de Baños, escavadas por A. Rodríguez Colmenero en 1983. Arriba, croquis planimétrico sobre ortofoto de 2019 [J. Silvares; F. Pérez]; abaixo, aspecto das estruturas arqueolóxicas en decembro de 1987 [fotos F. Pérez Losada]

Pouco se pode dicir da segunda edificación escavada [Fig. 12], situada a medio camiño entre a *mansio* e o campamento, a non ser que se trata dun edificio rectangular (16,6 x 8,8 m) de peza única e que debe ser de cronoloxía poscampamental (s. II d. C ou posterior), dado que amortiza unha estraña pavimentación de cascallo pétreo, moi alongada e estreita (1,5 m), interpretada como camiño peonil usado polos soldados para ir desde o campamento á *mansio* e quizais tamén ás termas (Ferrer Sierra, 2010: 165-166; Vega Avelaira, 2015: 70).

Sobre os vestixios romanos escavados na aldea de Baños –sondaxe de 200 m² a carón da estrada, entre as termas e a antiga igrexa de S. Xoán [Fig. 13]– practicamente non contamos con ningunha información publicada sobre os seus resultados: «retazos de muros, estancias, basas de pilastras y entradas» (Rodríguez, Ferrer e Herves, 1998: 904) que en principio semellan pertencer a «un edificio porticado, posiblemente de tipo comercial» (Herves Reigoso, 1995: 46), no que se distinguen cando menos «dous niveis de estruturas construtivas», un altoimperial e o outro baixoimperial (Rodríguez Colmenero, 1991b: 127). Estas construcións, sen dúbida, non son máis ca a punta da lanza do que debeu ser o poboado ou «aglomerado secundario» romano de Aquis Querquennis, desenvolvido a carón das nacentes termas e do trazado da Vía XVIII, unha vez que o campamento foi abandonado. Xa sabemos que actualmente, na desaparecida aldea de Baños, non se teñen realizado escavacións, pero son moitos os elementos construtivos –bases, fustes e capiteis– e epigráficos –catro aras votivas e mais dúas lápidas funerarias– atopados que alicerzan a idea dun núcleo habitado dunha certa relevancia. Tampouco sabemos nada das presumibles construcións termas antigas, que probablemente deberon ser máis de tipo balneario salúfero –santuario terapéutico-relixioso relacionado coas augas, de aí a concentración de aras votivas, unha delas dedicada ás ninfas– ca propiamente uns baños romanos de índole hixiénico-lúdica (Pérez Losada, 2002: 191).

5. Estado de conservación e problemas de exhibición do xacemento

Un dos aspectos máis característicos do estado de conservación das estruturas orixinais no momento da súa escavación é que presentan un nivel moi elevado de arrasamento. En termos xerais, os vestixios dos muros orixinais apenas superan o nivel de cimentación, con alzados que só en contadas ocasións superan unha ou dúas fiadas de altura. Noutros moitos casos nin sequera conservan cimentación, tan só o oco ou o valo de fundación escavada no terreo natural de base [Fig. 14].



Fig. 14. Ocos e valas de fundación das estruturas arqueolóxicas do campamento (*horreum* en primeiro termo e barracón num.3, ao fondo), recheadas con gravas para proceder á súa reconstrución (febreiro de 1990) [foto F. Pérez Losada]

Este nivel de arrasamento é especialmente acusado no campamento, onde chegan a predominar os muros «en negativo» (valos de cimentación) sobre as estruturas conservadas «en positivo», debido a que a fortificación foi sistematicamente espoliada e saqueada tras a saída da unidade militar do sitio contra o ano 120 d. C. As persoas que continuaron a vivir en Aquis Querquennis tiveron no campamento unha excelente canteira de aprovisionamento de material construtivo xa preparado e elaborado, sobre todo os perpiaños, pero tamén a cachotaría, que en moitas ocasións podemos ver reaproveitada nas construcións do poboado ou na propia *mansio* viaria.

O material edilicio sempre é o granito, que podemos atopar traballado en diferentes tipos de fábricas ou sistemas construtivos:

- Lenzos de muralla: a muralla conservada, de 3 m de ancho, presenta polas dúas caras un paramento bastante uniforme de pequenos perpiaños máis ou menos regulares dispostos en fiadas sensiblemente horizontais –unha especie de *opus vittatum*–, con argamasa e abundantes ripios empregados para o recheo e o acabado de xuntas. O interior da muralla entre ambos os paramentos está constituído

por un recheo a base de cachotería e cascotes de granito mesturados con arxilas locais (Rodríguez, Ferrer e Herves, 1998: 898, 900).

- Portas da muralla: as cimentacións conservadas –portas *decumana*, *principalis sinistra* e *principalis dextra*– están realizadas en grandes cantaría paralelepípedicas de granito (*opus quadratum*). É de supoñer que os alzados das torres, arcos e pilas-tras tamén foron executados en idéntico paramento, tal e como se ten emulado na reconstrución delas.
- Muros das edificacións: co seu ancho *standard* de 55-60 cm, sempre foron construídos a base de cachotería irregular de granito –*opus incertum*–. Non obstante, en sitios concretos –esquinais dos edificios– ou en zonas singulares –pilotes e contrafortes dos *horrea*, pórticos dos *principia*– este aparello pode aparecer combinado co emprego de perpiaños labrados de granito.

Probablemente, debido a este altísimo nivel de arrasamento das estruturas, os seus escavadores decidiron proceder, xa case desde os inicios da escavación e en paralelo con elas, cun amplo e intenso programa de reconstrución e de restauración das ruínas atopadas. As moitas campañas acometidas desde 1985 ata 2019 xa foron descritas máis arriba. É necesario insistir en que os traballos acometidos non foron tanto de conservación-restauración estrita –limitados á consolidación e á protección dos escasos alzados murarios conservados– como propiamente de crecemento, reconstrución e recreación –nalgũa campaña fálase incluso de «monumentalización»– do conxunto das estruturas identificadas.



Fig. 15. Muros de cachotería pétreo, orixinais e reconstruídos, na esquina sur do barracón num.2, diferenciados mediante o uso dunha liña continua de tellas e ladrillos como elemento separador (decembro de 1987) [foto F. Pérez Losada]



Fig. 16. Reconstrución, recreación e monumentalización de vestixios do campamento mediante grandes perpiaños de cantaría granítica que imitan o *opus quadratum* orixinal romano: arriba, porta *principalis sinistra*; abaixo, pórtico dos *principia* [fotos M. Lago Cerviño, novembro 2019]



Fig. 17. Reconstrución da muralla do campamento mediante pequenos perpiaños nos paramentos externos e cachotaría e cascotes de refugallo no recheo; os paramentos orixinais conservados foron diferenciados mediante fragmentos de *tegula*. Arriba, muralla SO en proceso de reconstrución; En medio, muralla SL xa reconstruída; Abaixo, paramento exterior orixinal e reconstruído na muralla SL [fotos M. Lago Cerviño, novembro 2019]

En consecuencia, se imos hoxe visitar o xacemento, o que nos atopamos non son tan só os restos das estruturas orixinais, que son minoritarias, senón sobre todo unha considerable cantidade de estruturas de nova factura, que se corresponden coas reconstrucións executadas sobre os restos orixinais, ou sobre os seus negativos, cando estes se atopaban xa totalmente desaparecidos [Fig. 15-16-17]. Neste sentido, faise imprescindible realizar unha breve descrición das metodoloxías e dos criterios empregados nestes traballos de reconstrución e de recreación dos volumes das distintas estruturas escavadas:

- Emprego da pedra reaproveitada dos derrubamentos, principalmente nos muros de cachotaría das construcións internas do campamento ou no edificio da *mansio*. Infelizmente, estes cachotes recuperados dos derrubamentos foron relativamente poucos, insuficientes para completar a restauración, co cal tamén houbo que recorrer ao emprego de cachotaría traída de fóra do xacemento.
- O emprego de pedra nova foi maioritario, practicamente exclusivo, no caso das murallas, crecidas con pequenos perpiaños nos paramentos externos e cachotaría e cascotes de refugallo no recheo. Nas portas tamén se empregaron grandes cantarías labradas de granito.
- Reposición de elementos singulares. Para iso creáronse pezas novas labradas *ad hoc*, como por exemplo nas portas da muralla –sillares dos torreóns e pilastras, pezas de cornixa, aduelas dos arcos–, nos pórticos dos *principia* –bases de columna, podios de apoio para puntais de madeira– ou nos *horrea*, coa reposición da inmensa maioría dos pilotes pétreos de apoio do celeiro, que estaban practicamente todos desaparecidos.
- Imitación nos crecidos da fábrica e sistema construtivo dos restos orixinais (*opus vittatum, quadratum e incertum*).
- Remate da parte superior dos muros con perfil disposto en chanzos e acabado irregular para transmitir a idea de obra inacabada e con aspecto de ruína.
- Aplicación de sistemas de separación e diferenciación entre as estruturas orixinais e as engadidas. Empregáronse dous sistemas distintos, dependendo de se os muros conservados superaban o nivel do chan ou de se, polo contrario, soamente eran cimentacións ou valos de fundación. No primeiro caso, dado que ían ficar á vista, colocáronse fragmentos de tegula antiga ou de tella moderna como elemento diferenciador. No segundo caso estendeuse unha lámina de xeotéxtil sobre

o zócalo orixinal e sobre ela creceu o muro directamente ou ben, cando o valo de cimentación era de moita profundidade, se facía primeiro un recheo de gravas por riba do xeotéxtil ata o nivel do chan e despois, sobre esta cama de áridos, montábase o muro ou a muralla recreada.

- Das memorias de intervención consultadas non podemos extraer unha descrición fiable do tipo ou tipos de morteiros e argamasas empregadas na reconstrución, pero na análise visual realizada in situ para este estudo si que podemos testemuñar o uso de diferentes tipos en diferentes épocas, incluídos moitos morteiros a base de cemento.

Entrando xa de cheo na diagnose do estado de conservación/degradación que presentan as estruturas arqueolóxicas, tanto as orixinais coma as reconstruídas, resulta obvio que a principal afección que sofren elas é a inundación provocada polo encoro das Conchas. Tal e como xa se ten constatado noutros encoros peninsulares,¹⁵ o grao de afección non depende tanto da inundación en si mesma –o medio sería bastante estable se o asolagamento fose continuo, co cal a afección sería moito menor– senón das continuas variacións do nivel da auga, especialmente da duración e da frecuencia dos períodos de subida ou baixada do encoro onde a cota da auga coincide coa dos vestixios arqueolóxicos. De feito, é a «ondada» da superficie da auga –non a corrente do río ou a propia inundación– a que produce o pernicioso efecto de zapa erosiva das beiras do terreo e posterior arrastre de terras, erosión que será moito máis agresiva cando máis inclinación e pendente teña o terreo, estea máis aberto e orientado cara aos ventos dominantes do encoro, e se produzan circunstancias meteorolóxicas adversas –vendavais, temporais– que incrementen o tamaño e a virulencia das «ondas» de auga. Os perfís estratigráficos ou as propias estruturas arqueolóxicas sempre presentan alzados verticais fronte á superficie da auga, co cal infelizmente sempre resultan moi afectados pola implacable acción erosiva das augas do encoro [Fig. 18].

Tendo en conta estas circunstancias, non resulta nada estraño ou sorprendente que o estado de conservación dos restos de estruturas orixinais poida ser cualificado como moi delicado, incluso crítico nalgúns casos. Os muros romanos conservados están cer-

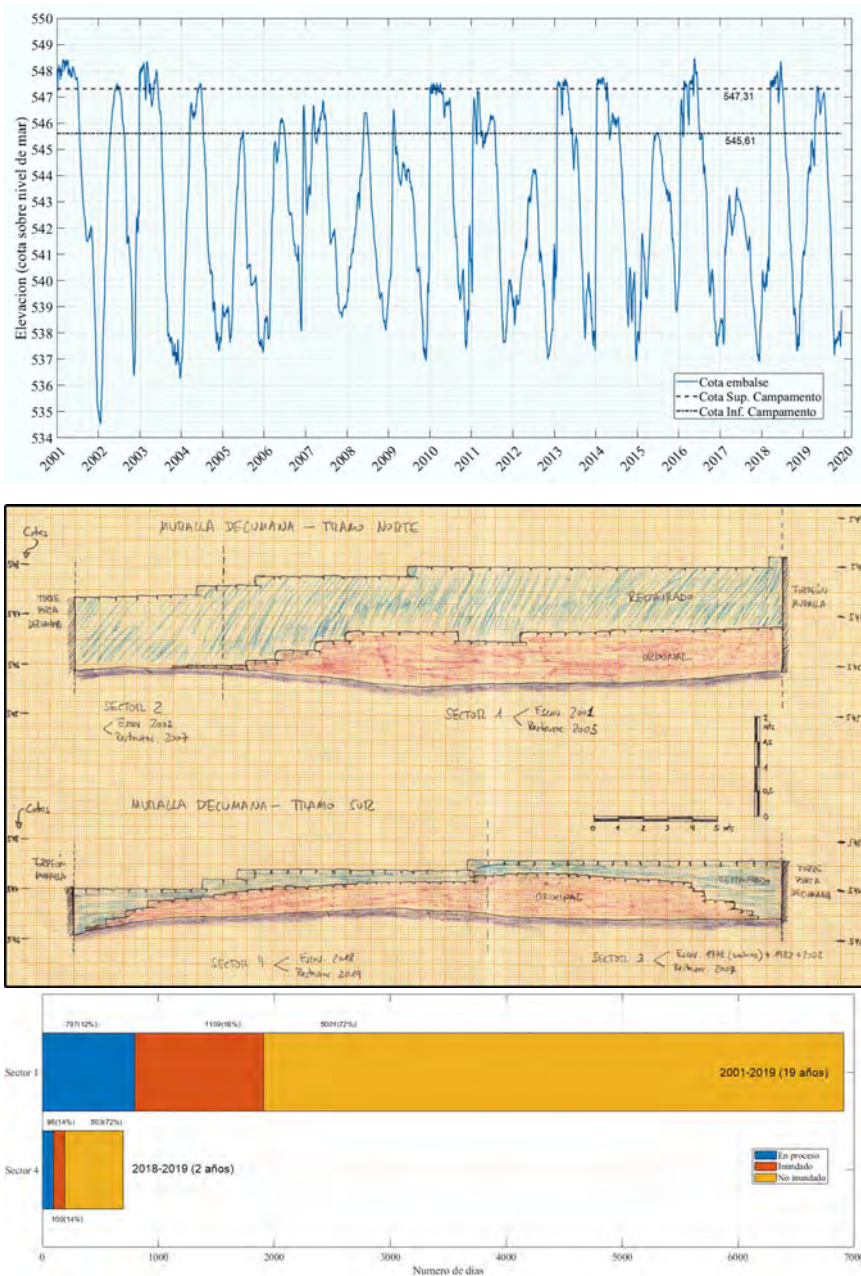
15 Matamoros Coder, P., Carrascosa Moliner, M. B. e Cerrillo Cuenca, E. (2014): «La situación del patrimonio arqueológico subacuático en la cuenca extremeña del Tajo. Perspectivas de conservación, documentación y análisis», en Nieto, X. e Bethencourt, M (coords.): *Arqueología subacuática española. Actas del I Congreso de Arqueología Náutica y Subacuática Española* (Cartagena, 14-16 marzo de 2013), vol. 2, Universidad de Cádiz, pp. 67-80.



Fig. 18. Perfil estratigráfico no perímetro occidental da escavación da *mansio*, totalmente reconcomido pola acción de zapa das augas do encoro [foto M. Lago Cerviño, novembro 2019]

tamente ameazados de desaparición a medio prazo, moi afectados polas ondas do encoro que xeran un proceso, paulatino, pero continuo e progresivo, de lavado, erosión e arrastre de material orixinal da estrutura en cuestión. En primeiro lugar, prodúcese a desaparición das argamasas e ripios de recheo das xuntas debido ao continuo lavado e desgaste. Despois, como resultado da eliminación do material de recheo que proporcionaba cohesión e estabilidade ao muro, prodúcese unha erosión intensa da superficie e bordos dos perpiaños ou cachotes do paramento *murario*, que pasa a ter formas redondeadas que facilitan o seu desprazamento ou mesmo desprendemento do muro. Por último, todo isto pode implicar o aparecemento de escunchados e fendas e, en suma, a propia desintegración e colapso do muro.

Consideracións parecidas poderíanse aplicar igualmente ás partes reconstruídas ou crecidas dos muros, que tamén están afectadas, aínda que en menor medida, polo asolagamento periódico do encoro. Nas zonas que se atopan moito tempo somerxidas e que xa foron restauradas de antigo, como no edificio da *mansio*, por exemplo, (escavado en 1992 e reconstruído en 1996), as argamasas de restauración xa se atopan moi fragmentadas e deterioradas. Como estas argamasas son de base de cemento, o que se produce en realidade é que o que se desgasta son os bordos dos cachotes pétreos pegados con cemento, con abundante perda de material. Isto é debido a que os morteiros de cemento son impermeables, o cal obriga a auga a circular a través da pedra



e non do morteiro. Isto produce, en consecuencia, que a degradación e o desgaste se cebe precisamente no material pétreo. Nos muros reconstruídos tamén se detectan problemas estruturais, derivados neste caso dos danos producidos nas bases e cimentacións orixinais: un moi pequeno desprazamento ou disgregación do alicerce orixinal adoita implicar o reasentamento do muro reconstruído por riba, co aparecemento de fendas e de fracturas que, a longo prazo, puideran concluír co derrubamento do muro.

Por último, cómpre comentar que resulta practicamente imposible a conservación in situ dos perfís estratigráficos da escavación. Abonda cunha ou dúas etapas de inundación para que a auga do encoro os vaia comendo e desgastando ata facelos totalmente irrecoñecibles.

A maiores desta visión xeral dos problemas de conservación que presenta o xacemento, analizaremos a continuación, en profundidade, e tamén tentaremos medir e avaliar [Fig. 19] o estado de conservación de estruturas moi significativas situadas en tres puntos/sectores concretos do xacemento:

1. Paramento interior da muralla ao norte da porta *decumana* (sector 1) [Fig. 20]

- Este treito de muralla foi escavado e posto á vista en 2001, recreándose e crecendo en 2005. A muralla atopada estaba relativamente ben conservada, e amosaba ata 1 m de alzado sobre o nivel orixinal do solo. Xa que logo estivo exposta á intemperie externa durante 19 anos, unha longa tempada na que se intercalan repetidos períodos de impacto erosivo directo das ondas do encoro (797 días) ou de inundación total (1109 días).
- O resultado é que o nivel de degradación da muralla orixinal debe ser cualificado como «intenso». Observamos como o material de recheo entre os perpiños se atopa totalmente lavado e disgregado, tanto a argamasa orixinal coma os ripios, que practicamente teñen desaparecido, a excepción dalgúns de tamaño medio e grande. Tamén é claramente visible o desgaste dos bordos dos perpiños, que se atopan moderadamente rodados.

2. Paramento interior da muralla ao sur da porta *decumana* (sectores 3 e 4) [Fig. 21]

- Nesta zona, os restos orixinais da muralla sen dúbida son dos mellores conservados de todo o campamento (ata 90 cm de alzado), moi sobresaíntes sobre o terreo –cota de 547,1–, co cal os labores de reconstrución pola parte superior se puideron limitar á adición dun par de fiadas de protección. A parte máis inmediata á porta *decumana* (sector 3) foi unha das primeiras en ser escavada –descubrimento en 1978 e exhumación completa en 1983– e



Fig. 20. Paramento interior da muralla SO ao norte da *porta decumana* (sector 1), coa parte orixinal conservada intensamente afectada pola acción erosiva do encoro [foto 1 M. Lago Cerviño, novembro 2019; foto 2 F. Pérez Losada, xullo 2020].



Fig. 21. Paramento interior da muralla SO ao sur da *porta decumana* (sectores 3 e 4). Arriba, degradación moi severa do paramento orixinal no sector 3 [foto F. Pérez Losada, xullo 2020]. En medio, comparativa do estado de conservación da muralla orixinal no sector 3, escavada desde moi antigo (37 anos), e no sector 4, recen exhumada (2 anos) [foto F. Pérez Losada, xullo 2020]. Abaixo, paramento da muralla orixinal no sector 4, polo de agora bastante ben conservado –xuntas perfectamente recheadas con ripios e argamasas– [foto M. Lago Cerviño, novembro 2019].

foi obxecto de restauración en 2007. Polo contrario, a parte máis afastada da porta (sector 4) é de escavación moi recente (2018), seguida de obras de reconstrución ao ano seguinte (2019). O punto de contacto entre ambos os sectores resulta aquí de especial interese, dado que nos permite comparar dunha ollada o estado de conservación dunha mesma estrutura arqueolóxica, ben sexa acabada de exhumar (2 anos), ben escavada antigamente (37 anos).

- Tal como era de esperar, a muralla no sector 4 apareceu moi ben conservada, permitíndonos apreciar a calidade do acabado do paramento, coas xuntas entre perpiaños perfectamente recheas con ripios e argamasas, e posteriormente alisadas. Non obstante, o ano que leva de exposición ás augas do encoro xa implica que a superficie está moi lavada, paso inicial do proceso de degradación que, polo de agora, se podería considerar como leve ou moi leve.
- En cambio, no sector 3 o nivel de degradación do paramento da muralla é severo ou moi severo. Son moitos anos (37) de acción erosiva das ondas do encoro,¹⁶ que implican a perda total do material de recheo das xuntas, incluídos os calzos ou os ripios graníticos medianos e grandes, acompañado dun alto nivel de desgaste dos bordos dos perpiaños, agora todos de formas redondeadas e obviamente sempre moi rodados.

3. Fachada principal (NE) do edificio da *mansio* [Fig. 22]

- A *mansio* viaria foi integramente escavada entre os anos 1990 e 1991 e acometeuse a súa reconstrución nas campañas de 1995 e 1996. Os vestixios orixinais levan por tanto 28 anos expostos á intemperie e un pouco menos (23 anos) os restaurados, un período de tempo certamente moi longo e prolongado. A fachada NE da edificación sen dúbida constitúe o sector do xacemento máis duramente afectado polas augas do encoro, debido basicamente á acumulación dunha serie de factores desfavorables como son a grande apertura e a desprotección fronte ao embate das augas, a baixa cota (541-542 m) na que se sitúan as estruturas –co que isto supón fases de inundación máis prolongadas e frecuentes, tamén incluso durante os anos de seca– e a acusada pendente do terreo. A suma de todos eles implica unha altísima virulencia e efectividade do poder erosivo das ondas do encoro.

¹⁶ Neste sector 3 infelizmente carecemos de datos do número de días acumulados de inundación/proceso/secaño desde 1983, pero si podemos facer unha estimación a partir dos datos porcentuais da muralla do sector 4, practicamente coincidente en cotas coa do sector 3. Os resultados son os seguintes (período 1983-2019): 1839 días en proceso de inundación ou retirada das augas, 1936 días totalmente inundado e 9739 días en seco.



Fig. 22. Fachada principal (NL) do edificio da *mansio*, amosando un grao de afección moi severo, incluso crítico, pola erosión do encoro. Arriba, estado de conservación das escadas de entrada ao edificio en outubro de 1996, recen concluídas as obras de consolidación e restauración [foto F. Pérez Losada]. En medio, estado de conservación da mesma entrada en novembro de 2019, cos alicerces totalmente erosionados polas augas [foto M. Lago Cerviño]. Abaixo, paramento do muro a carón da entrada, totalmente erosionado e disgregado polo encoro, tanto a parte orixinal como a reconstruída, en risco de colapso inminente [foto M. Lago Cerviño, novembro 2019]

- Podemos clasificar o nivel de degradación dos restos, tanto orixinais coma partes crecidas, como moi severo ou incluso crítico nalgún punto concreto. A erosión da auga afecta especialmente as bases ou alicerces sobre os que se levantan as partes reconstruídas, sexan estes restos de muro orixinal ou simplemente a base térrea natural de asento. As partes de muro orixinal están practicamente destruídas e desaparecidas, sen argamasa ningunha e cos cachotes desprazados ou caídos; algo similar ocorre co asento térreo natural dos muros, que presenta numerosos ocos producidos pola erosión acuática. Esta degradación e perda de bases implica moitos problemas de estabilidade estrutural para os muros reconstruídos por riba, con numerosas fendas e risco evidente de colapso inminente nalgún punto. Amais disto, os muros crecidos tamén se atopan moi deteriorados en si mesmos, coa argamasa de restauración (cemento) fragmentada e solta e cun alto nivel de erosión dos propios cachotes graníticos, con significativa perda de material nos bordos.

Como conclusión valorativa, queda suficientemente demostrado que as subidas da auga do encoro son as responsables directas da intensa degradación sufrida polo ben patrimonial. Xa que logo, a mellor medida de conservación preventiva posible sería evitar ou, polo menos, reducir significativamente, estas subidas periódicas. Mentres isto non sexa posible, haberá que convivir coas inundacións, tentando tomar medidas activas, enxeñosas e valentes, que palíen ou minimicen os perniciosos efectos que estas producen.

A primeira necesidade imperiosa é proceder cun estudo en profundidade de diagnose, avaliación de riscos e vulnerabilidade para todo o conxunto do xacemento, que obrigatoriamente debería contar coa figura dun técnico/a en conservación-restauración integrado no equipo. Chama poderosamente a atención que, tras máis de corenta anos seguidos de intervencións sobre o xacemento, ata a actualidade ningún conservador-restaurador participara na redacción e na execución dos múltiples proxectos realizados.

En canto ás actuacións concretas, a zona que máis preocupa é a *mansio*, a cal necesita unha intervención de urxencia e de salvamento antes de que os muros colapsen totalmente. No campamento tamén se debería actuar a curto ou a medio prazo, sobre todo nas estruturas orixinais recentemente escavadas que aínda presentan un grao de conservación aceptable, e se debería evitar que cheguen a degradarse tanto como

as que foron escavadas hai moito tempo. Sería unha boa oportunidade para ensaiar novos sistemas e técnicas de conservación especificamente adaptadas a tan singulares circunstancias, isto é, que lle proporcionen as estruturas, a estabilidade e a resistencia necesaria para soportar a acción erosiva da auga do encoro.

6. Listaxe bibliográfica e documental sobre Aquis Querquennis

PUBLICACIÓNS (por orde cronolóxica; destácanse en grosa as páxinas específicas onde se referencia o xacemento)

- 1906 DÍEZ SANJURJO, M. (1904-06): "Los caminos antiguos y el Itinerario nº 18 de Antonino en la provincia de Orense", *Boletín de la Comisión Provincial de Monumentos históricos y artísticos de Ourense*, Vol II. (1902-1905), nº37 (1904) pp. 221-228; **nº39 (1904) pp. 269-275**; **nº42 (1905) pp.319-324**; **nº43 (1905) pp. 338-342**; nº44 (1905) pp.350-353; nº45 (1905) pp.366-371; nº48 (1906) pp.3-12; nº51 (1906) pp.49-53; nº52 (1906) pp.65-75.
- 1908 DÍEZ SANJURJO, M. (1906-08): "Los caminos antiguos y el Itinerario nº 18 de Antonino en la provincia de Orense. Apéndice: El manuscrito del Padre Sarmiento", *Boletín de la Comisión Provincial de Monumentos históricos y artísticos de Ourense*, Vol. III, nº53 (1906) pp.94-95; nº54 (1907) pp. 107-111; nº56 (1907) pp.139-144; nº57 (1907) pp.152-156; **nº58 (1907) pp.170-174**; nº59 (1907) pp.187-192; **nº60 (1908) pp.202-208**; nº62 (1908) pp.236-240; nº63 (1908) pp.247-252.
- 1921 LÓPEZ CUEVILLAS, F. (1921): "Achádegos arqueolóxicos", *Nós I*, 5, pp. 18-19.
- 1922 LÓPEZ CUEVILLAS, F. (1922): "La mansion de Aquis Querquennis", *Boletín de la Comisión Provincial de Monumentos Históricos y Artísticos de Ourense*, Tomo VI, nº 144, pp. 416-430.
LÓPEZ CUEVILLAS, F. (1922): "Seición arqueolóxica. A mansion de Aquis Querquennis", *Nós I*, 9, pp. 10-16.
- 1977 RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (1977): *Galicia meridional romana*, Universidad de Deusto, Bilbao. **[pp. 101-102]**
- 1978 CAAMAÑO GESTO, J.M. (1977-78) "Las mansiones de la vía XVIII en su tramo orensano", *Gallaecia*, 3-4, pp. 109-135.
- 1979 RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (1979): *Augusto e Hispania. Conquista y organización del Norte Peninsular*, Cuadernos de Arqueología de Deusto 7, Bilbao. **[pp. 181-185]**
- 1983 RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (1983): "El campamento romano de "Aquis Querquennis" (Orense)", *Actas del II Seminario de Arqueología del Noroeste peninsular* (Santiago, 1980), Madrid, pp. 247-260.
- 1986 RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (1986): "Das römische kastell von Aquis Querquennis (Orense, Spanien). Einige parallelen zum obergermanischen Limes", *Studien zu den Militärgrenzen Roms III*. 13. Internationaler Limeskongreß Aalen 1983, Vorträge, pp. 700-705.
- 1989 RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (1989): "Aquis Querquennis (Bande,Ourense)", *Arqueoloxía Informes 1*, Santiago, pp:82-84.
- 1991 FERRER SIERRA, S. (1991): "Un novo miliario adicado a Constantino atopado nas inmediacións de Aquis Querquennis", *Larouco 1, Revista Anual da Antigüidade de Galicia*, pp. 173-174.

- GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, E. (1991): "Aquis Querquennis: aportación ó estudio dos vasos globulares pintados con decoración triangular", *Larouco 1, Revista Anual da Antigüidade de Galicia*, pp. 23-34
- RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (1991): "Aquis Querquennis (Baños de Bande, Bande, Ourense)", *Arqueoloxía Informes 2*, Santiago, pp. 77-79
- RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (1991): "Aquis Querquennis: quince anos a carón", *Larouco 1, Revista Anual da Antigüidade de Galicia*, pp. 123-130.
- 1992 CASTRO PÉREZ, L. (1992): "As fibelas de besta: fibela de Aquis Querquennis", *Larouco 2, Revista Anual da Antigüidade de Galicia*, pp. 89-107.
- RODRÍGUEZ COLMENERO, A.; HERVÉS REIGOSO, F.M. (1992): *Aquis Querquennis. Campamento romano y ciudad-mansión viaria*, Unión Fenosa, A Coruña.
- 1993 RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (1993): "Historia da Arte Romana de Galicia", *Galicia Arte* (Hércules Eds., A Coruña), t. IX, pp. 235-501. [pp. 290-296]
- 1995 HERVÉS REIGOSO, F. (1995): "Escavación arqueolóxica do campamento romano de Aquis Querquennis (Bande, Ourense)", *Arqueoloxía Informes III*, Santiago, pp. 45-49.
- 1996 RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (1995-1996): "Mansiones y mutationes en la vía nova (XVIII del itinerario de Antonio)", *Cadernos de arqueoloxía*, vol.12-13, Braga, pp. 89-112.
- RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (1996): "Crónica da actividade arqueolóxica no xacemento romano de Aquis Querquennis (Baños de Bande, Ourense) entre 1990 e 1994", *Larouco 2, Revista Anual da Antigüidade de Galicia*, pp. 239-241.
- VEGA AVELAIRA, T.; RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (1996): "Equipamiento militar del campamento romano de Aquae Querquennae (Portoquintela, Ourense, España)", *Journal of roman military equipment studies 7*, pp. 21-36.
- 1997 VEGA AVELAIRA, T. (1997): "Aquae Querquennae, campamento e mansión viaria", en *Galicia Terra Única: Galicia castrexa e romana*, Lugo, pp. 198-204.
- 1998 RODRÍGUEZ COLMENERO, A.; FERRER SIERRA, S.; HERVÉS REIGOSO, F. (1998): "El complejo arqueológico romano de "Aquis Querquennis". Porto Quintela (Ourense)", en Rodríguez Colmenero, A. (Ed.): *Los orígenes de la ciudad en el noroeste hispánico*, Actas del Congreso Internacional (Lugo, 15-18 Mayo 1996), Vol. 2, pp. 891-910.
- VEGA AVELAIRA, T. (1998): "Las aglomeraciones civiles (vici y kanabae) de los campamentos romanos: aspectos urbanísticos", en Rodríguez Colmenero, A. (Ed.): *Los orígenes de la ciudad en el noroeste hispánico*, Actas del Congreso Internacional (Lugo, 15-18 Mayo 1996), Vol. 2, pp. 1265-1289.
- 2000 RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (2000): "Breve historia de las excavaciones sistemáticas en Aquis Querquennis", *Brigantium 12*, pp. 209-214.
- 2002 PÉREZ LOSADA, F. (2002): *Entre a cidade e a aldea. Estudio arqueohistórico dos "aglomerados secundarios" romanos en Galicia*, Brigantium 13, A Coruña. [pp. 180-198]
- VEGA AVELAIRA, T. (2002): "Armamento romano procedente del campamento auxiliar de Aquae Querquennae (Portoquintela, Prov. Ourense)", en Morillo Cerdán, A. (Coord.): *Actas del I Congreso de Arqueología Militar Romana de Hispania* (Segovia, 5-7 noviembre 1998), Anejos de Gladius 5, Madrid: CSIC; Ediciones Polifemo, pp. 395-406.
- 2006 ALCORTA IRASTORZA, E. (2006): "Cerámica común romana" en A. Rodríguez Colmenero, S. Ferrer Sierra (Eds.), *Excavaciones Arqueológicas en Aquis Querquennis. Actuaciones en el Campamento Romano 1975-2005*, Anejos de Larouco 4, Lugo, pp. 229-326.

- CARREÑO GASCÓN, C. (2006): "Cerámica sigillata" en A. Rodríguez Colmenero, S. Ferrer Sierra (Eds.), *Excavaciones Arqueológicas en Aquis Querquennis. Actuaciones en el Campamento Romano 1975–2005*, Anejos de Larouco 4, Lugo, pp. 327-408.
- FERRER SIERRA, S. (2006): "Estructuración urbanística do campamento militar romano de Aquis Querquennis a través dos restos exhumados", *Lethes. Cadernos Culturais do Limia* 8, pp. 114–125.
- FERRER SIERRA, S. (2006): "Estudio de las monedas aparecidas en el campamento romano de Aquis Querquennis" en A. Rodríguez Colmenero, S. Ferrer Sierra (Eds.), *Excavaciones Arqueológicas en Aquis Querquennis. Actuaciones en el Campamento Romano 1975–2005*, Anejos de Larouco 4, Lugo, pp. 181–190.
- FERRER SIERRA, S.; RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (2006): "Sobre los "principia" del campamento romano de "Aquis Querquennis" (Portoquintela, Ourense). Estado de la cuestión", en Morillo Cerdán, A. (Ed): *Arqueología militar romana en Hispania II. Producción y abastecimiento en el ámbito militar*, León, pp. 517-522.
- GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, E. (2006): "Otras cerámicas de prestigio: bracarense, 'cinzenta', paredes finas" en A. Rodríguez Colmenero, S. Ferrer Sierra (Eds.), *Excavaciones Arqueológicas en Aquis Querquennis. Actuaciones en el Campamento Romano 1975–2005*, Anejos de Larouco 4, Lugo, pp. 409-500.
- HERVES REIGOSO, F. (2006): "Vidrios, lucernas, cuentas de collar y *tabulae lussoriae*" en A. Rodríguez Colmenero, S. Ferrer Sierra (Eds.), *Excavaciones Arqueológicas en Aquis Querquennis. Actuaciones en el Campamento Romano 1975–2005*, Anejos de Larouco 4, Lugo, pp. 501-626.
- RODRÍGUEZ COLMENERO A., FERRER SIERRA S., ÁLVAREZ ASOREY R. (2006): *Miliarios e outras inscricións viarias romanas do Noroeste Hispánico*, Consello da Cultura Galega.
- RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (2006): "Preliminares de la investigación arqueológica. La excavación. Conjuntos arqueológico-estratigráficos definidores del urbanismo del campamento. Epigrafía, arte y materiales de construcción", en A. Rodríguez Colmenero, S. Ferrer Sierra (Eds.), *Excavaciones Arqueológicas en Aquis Querquennis. Actuaciones en el Campamento Romano 1975–2005*, Anejos de Larouco 4, Lugo, pp. 11-180.
- RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (2006): "Un intento de respuesta a los interrogantes históricos planteados", en A. Rodríguez Colmenero, S. Ferrer Sierra (Eds.), *Excavaciones Arqueológicas en Aquis Querquennis. Actuaciones en el Campamento Romano 1975–2005*, Anejos de Larouco 4, Lugo, pp. 627-633.
- RODRÍGUEZ COLMENERO, A.; FERRER SIERRA, S. Eds. (2006): *Excavaciones arqueológicas en Aquis Querquennis. Actuaciones en el campamento romano (1975-2005)*, Anejos de Larouco 4, Lugo.
- VEGA AVELAIRA, T. (2006): "Armas y otros hallazgos metálicos" en A. Rodríguez Colmenero, S. Ferrer Sierra (Eds.), *Excavaciones Arqueológicas en Aquis Querquennis. Actuaciones en el Campamento Romano 1975–2005*, Anejos de Larouco 4, Lugo, pp. 191-228.
- 2009 RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (2009): *Aquae Querquennae. Porto Quintela, Bande (Ourense): campamento militar romano e mansión viaria. Guía do xacemento arqueolóxico*, Fundación Aquae Querquennae Via Nova (1ª edición en 2001).
- RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (2009): *Quarquennia: el devenir histórico de un pueblo galaico-romano*, Fundación Aquae Querquennae Via Nova.

- VEGA AVELAIRA, T.; FERRER SIERRA, S. (2009): "El campamento romano de Aquae Querquennae (Portoquintela, Ourense, España): objetos metálicos (excavaciones arqueológicas 2007-2008)", *Sautuola XV, Instituto de Prehistoria y Arqueología Sautuola*, Santander, pp. 349-362.
- VEGA AVELAIRA, T.; FERRER SIERRA, S.; RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (2009): "Los principios del campamento romano de Aquae Querquennae (Portoquintela, Ourense, España). Excavaciones arqueológicas de los años 2003-2005", en Morillo, Hanel y Martín (Eds): *XX Roman Frontier Studies, Anejos de Gladius 13*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas; León: Universidad, pp. 465-480.
- 2010 COSTA GARCÍA, J.M. (2010): *Exército e territorio no noroeste peninsular durante o período imperial romano*, Concello de Valga, [pp. 120-121; 134-135; 200-202] https://www.academia.edu/779306/EX%C3%89RCITO_E_TERRITORIO_NO_NOROESTE_E_PENINSULAR_DURANTE_O_PERIODO_IMPERIAL_ROMANO
- FERRER SIERRA, S. (2010): "Recientes intervencións arqueolóxicas no campamento militar de Aquis Querquennis (Bande, Ourense)", *Larouco 5, Revista Anual da Antigüidade de Galicia*, pp. 163-168.
- FERRER SIERRA, S.; RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (2010): "Oito novos miliarios na Vía Nova", *Larouco 5, Revista Anual da Antigüidade de Galicia*, pp. 217-222.
- SEOANE FEIJOO, M. (2010): "Aquis Querquennis. Reflexións de arquitecto", *Larouco 5, Revista Anual da Antigüidade de Galicia*, pp. 237-242.
- SOBRADO PÉREZ, J.L. (2010): "Crónica do simposio «30 años de excavación arqueológica en Aquis Querquennis, Bande (Ourense)», *Larouco 5, Revista Anual da Antigüidade de Galicia*, pp. 157-160.
- 2013 COSTA GARCÍA, J.M. (2013): *Arqueología de los asentamientos militares romanos en la Hispania altoimperial (27 a.C. - ca. 280 d.C.)*, Tesis Doctoral USC 29/07/2013, Santiago, <http://hdl.handle.net/10347/8857>. [pp. 117-146]
- 2015 FERRER SIERRA, S. (2015): "Actuacións arqueolóxicas en Aquis Querquennis 2010-2014", *Larouco 6, Revista Anual da Antigüidade de Galicia*, pp. 149-154.
- VEGA AVELAIRA, T. (2015): "Aquae Querquennae (Porto Quintela, Ourense. España): un campamento romano en el NW de Hispania", *Ephemeris Naponicensis XXV*, Rumanía, pp. 43-81.
- VEGA AVELAIRA, T. (2015): "Piqueta. Campamento de Aquae Querquennae", *Peza do Mes. Museo Arqueolóxico Provincial de Ourense*, xaneiro 2015, http://www.musarqourense.xunta.es/es/peza_mes/piqueta-campamento-de-aquae-querquennae/.
- 2016 VEGA AVELAIRA, T. (2016): "Tenaces para extraccións dentais. Campamento de Aquae Querquennae", *Peza do Mes. Museo Arqueolóxico Provincial de Ourense*, abril 2016, http://www.musarqourense.xunta.es/es/peza_mes/tenaces-para-extraccions-dentais-campamento-de-aquae-querquennae/
- COSTA GARCÍA, J.M. (2016): "Un paisaje arqueológico anegado: Aquae Querquennae (Bande, Ourense)", publicación online <http://romanarmy.eu/2016/03/18/unha-paisaxe-arqueologica-asolagada-aquae-querquennae-bande-ourense/>, publicado 18/03/2016, consultado 30/04/2020.
- 2018 DE LOS RÍOS CONDE, A. (2018): "El balneario de Baños de Bande (1896-1949)", publicación online <http://vialethes.es/balneario-banos-bande>, publicado 19/02/2017; actualizado 22/01/2018; consultado 30/04/2020.

- DE LOS RÍOS CONDE, A. (2018): "Las termas romanas de Baños de Bande (Aquis Querquennis) en el siglo XVIII", publicación online <http://vialethes.es/termas-bande-siglo-xviii>, publicado 12/02/2017; actualizado 22/01/2018; consultado 30/04/2020.
- PUENTE, I.; SOLLA, M.; LAGÜELA, S.; SANJURJO-PINTO, J. (2018): "Reconstructing the Roman Site "Aquis Querquennis" (Bande, Spain) from GPR, T-LiDAR and IRT Data Fusion", *Remote Sensing*, 10 (3) 379, pp. 1-16. <https://doi.org/10.3390/rs10030379>
- 2019 VEGA AVELAIRA, T. (2019): "Vidro con inscrición. Campamento de Aquae Querquennae", *Peza do Mes. Museo Arqueolóxico Provincial de Ourense*, abril 2019, http://www.musarqourense.xunta.es/es/peza_mes/vidro-con-inscricion-campamento-de-aquae-querquennae/.

MEMORIAS/INFORMES INÉDITOS depositados na Dirección Xeral do Patrimonio Cultural da Xunta de Galicia (por orde cronolóxica)

- 1975 RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (1975): *Escavación arqueolóxica no xacemento de Aquis Querquennis. Campaña de 1975*, Informe depositado na DXPC da Xunta de Galicia (Arquivo de Galicia, Monte Gaiás, Santiago), Expte. 1975.001.
- 1978 RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (1978): *Escavación arqueolóxica no xacemento de Aquis Querquennis. Campaña de 1978*, Informe depositado na DXPC da Xunta de Galicia (Arquivo de Galicia, Monte Gaiás, Santiago), Expte. 1978.001.
- 1980 RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (1980): *Escavación arqueolóxica no xacemento de Aquis Querquennis. Campaña de 1980*, Informe depositado na DXPC da Xunta de Galicia (Arquivo de Galicia, Monte Gaiás, Santiago), Expte. 1980.001.
- 1981 RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (1981): *Escavación arqueolóxica no xacemento de Aquis Querquennis. Campaña de 1981*, Informe depositado na DXPC da Xunta de Galicia (Arquivo de Galicia, Monte Gaiás, Santiago), Expte. 1981.001.
- 1982 RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (1982): *Escavación arqueolóxica no xacemento de Aquis Querquennis e no castro de Lebosendaos (Vilela). Campaña de 1982. (Bande, Ourense)*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (Arquivo de Galicia, Monte Gaiás, Santiago), Expte. 1982.001.
- 1983 RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (1983): *Escavación arqueolóxica no xacemento de Aquis Querquennis e no castro de Lebosendaos (Vilela). Campaña de 1983. (Bande, Ourense)*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (Arquivo de Galicia, Monte Gaiás, Santiago), Expte. 1983/013.
- 1984 RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (1984): *Escavación arqueolóxica no xacemento de Aquis Querquennis e no castro de Lebosendaos (Vilela). Campaña de 1984*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (Arquivo de Galicia, Monte Gaiás, Santiago), Expte. 1984/013.
- 1985 RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (1985): *Escavación e consolidación arqueolóxicas no campamento de Aquis Querquennis, e escavación no castro de Lebosendaos. Campaña de 1985*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (Arquivo de Galicia, Monte Gaiás, Santiago), Expte. 1985/002.

- 1986 RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (1986): *Convenio Xunta/Inem 1986: Escavación arqueolóxica no xacemento de Aquis Querquernis.*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (Arquivo de Galicia, Monte Gaiás, Santiago), Expte. 1986/005.
- 1987 RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (1987): *Escavación arqueolóxica no xacemento de Aquis Querquernis. Campaña de 1987.*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (Arquivo de Galicia, Monte Gaiás, Santiago), Expte. 1987/022.
- 1988 RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (1988): *Escavación arqueolóxica no xacemento de Aquis Querquernis. Campaña de 1988.*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (Arquivo de Galicia, Monte Gaiás, Santiago), Expte. 1988/021.
- 1989 HERVES REIGOSO, F. (1989): *Escavación arqueolóxica no xacemento de Aquis Querquernis. Campaña de 1989.*, Informe depositado na DXPC da Xunta de Galicia (Arquivo de Galicia, Monte Gaiás, Santiago), Expte. 1989/033.
- 1990 HERVES REIGOSO, F. (1990): *Actuación arqueolóxica en Aquis Querquernis (Bande, Ourense)*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (Arquivo de Galicia, Monte Gaiás, Santiago), Expte. 1990/023.
- 1992 RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (1992): *Intervención arqueolóxica de urxencia no Campamento romano de Aquis Querquernis*, Informe depositado na DXPC da Xunta de Galicia (Arquivo de Galicia, Monte Gaiás, Santiago), Expte. 1992/013.
- 1993 RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (1993): *Limpeza e consolidación do campamento romano de Aquis Querquernis (Bande, Ourense)*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (Arquivo de Galicia, Monte Gaiás, Santiago), Expte. 1993/076.
- 1995 RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (1995): *Reposición de pilotes nos horrea da unidade 4 do xacemento de Aquis Querquernis (Bande, Ourense)*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (Arquivo de Galicia, Monte Gaiás, Santiago), Expte. CJ 102A 1995/088-0.
- 1996 RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (1996): *Consolidación arqueolóxica do campamento romano de Aquis Querquernis.*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (Arquivo de Galicia, Monte Gaiás, Santiago), Expte. CJ 102A 1996/106-0.
- 1997 RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (1997): *Consolidación do xacemento arqueolóxico de Aquis Querquernis (Bande, Ourense)*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (Arquivo de Galicia, Monte Gaiás, Santiago), Expte. CJ 102A 1997/198-0.
- 2000 RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (2000): *Escavación arqueolóxica no xacemento de Aquis Querquernis. Campaña de 2000*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (Servizo de Arqueoloxía de Santiago), Expte. CJ 102A 2000/314-0.
- 2001 RODRÍGUEZ COLMENERO, A. (2001): *Consolidación e recrecido do sector exhumado da muralla do campamento romano de Aquis Querquernis*, Informe depositado na DXPC da Xunta de Galicia (Arquivo de Galicia, Monte Gaiás, Santiago), Expte. CJ 102A 2001/336-0.
- 2003 FERRER SIERRA, S. (2003): *Escavación arqueolóxica no Campamento romano de Aquis Querquernis. Portoquintela. Campaña 2003. Bande*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (Arquivo de Galicia, Monte Gaiás, Santiago), Expte. CJ 102A 2003/381-0.
- 2004 FERRER SIERRA, S. (2004): *Consolidación e recrecido do sector noroccidental da muralla do campamento romano de Aquis Querquernis. Portoquintela. Bande*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (Arquivo de Galicia, Monte Gaiás, Santiago), Expte. CJ 102A 2004/476-0.

- FERRER SIERRA, S. (2004): *Escavación arqueolóxica no campamento romano de Aquis Querquennis. Campaña 2004. Bande*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (Arquivo de Galicia, Monte Gaiás, Santiago), Expte. CJ 102A 2004/425-0.
- 2005 FERRER SIERRA, S. (2005): *Escavación arqueolóxica no campamento romano de Aquis Querquennis. Campaña 2004. Bande*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (Arquivo de Galicia, Monte Gaiás, Santiago), Expte. CJ 102A 2004/425-0.
- FERRER SIERRA, S. (2005): *Consolidación e monumentalización do campamento romano de Aquis Querquennis tanto das ruínas preexistentes como das recentemente exhumadas. Bande*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (Arquivo de Galicia, Monte Gaiás, Santiago), Expte. CJ 102A 2005/499-0.
- 2006 FERRER SIERRA, S. (2006): *Escavación arqueolóxica no campamento romano de Aquis Querquennis (Bande). Campaña de 2006*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (arquivo dixital), Expte. CJ 102A 2006/399-0.
- 2007 FERRER SIERRA, S. (2007): *Escavación arqueolóxica no campamento romano de Aquis Querquennis. Campaña de 2007 (Bande)*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (arquivo dixital), Expte. CJ 102A 2007/421-0.
- 2008 FERRER SIERRA, S. (2008): *Consolidación e recrecido no campamento romano de Aquis Querquennis. Campaña de 2008*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (arquivo dixital), Expte. CJ 102A 2008/282-0.
- FERRER SIERRA, S. (2008): *Escavación arqueolóxica no campamento romano de Aquis Querquennis. Campaña de 2008*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (arquivo dixital), Expte. CJ 102A 2008/405-0.
- 2009 FERRER SIERRA, S. (2009): *Control arqueolóxico do contorno de manantiais termais "O Baño" (Bande, Ourense)*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (Servizo de Arqueoloxía da Delegación provincial de Cultura en Ourense), Expte. CJ 102A 2009/508-0.
- FERRER SIERRA, S. (2009): *Escavación arqueolóxica no campamento romano de Aquis Querquennis. Campaña de 2009. Bande*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (arquivo dixital), Expte. CJ 102A 2009/578-0.
- 2010 FERRER SIERRA, S. (2010): *Escavación arqueolóxica no xacemento romano de Aquis Querquennis, campaña 2010 (Bande, Ourense)*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (arquivo dixital), Expte. CJ 102A 2010/359-0.
- 2011 FERRER SIERRA, S. (2011): *Escavación arqueolóxica no campamento romano de Aquis Querquennis, Bande, Ourense*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (arquivo dixital), Expte. CJ 102A 2011/430-0.
- 2012 FERRER SIERRA, S. (2012): *Control arqueolóxico para a consolidación e recrecemento das ruínas de Aquis Querquennis exhumadas na campaña de 2010 (Bande, Ourense)*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (arquivo dixital), Expte. CJ 102A 2012/357-0.
- 2013 FERRER SIERRA, S. (2013): *Control arqueolóxico das obras de construción dos accesos a Aquis Querquennis (Bande, Ourense)*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (Servizo de Arqueoloxía da Delegación provincial de Cultura en Ourense), Expte. CJ 102A 2013/069-0.
- 2014 FERRER SIERRA, S. (2014): *Escavación arqueolóxica no campamento romano de Aquis Querquennis (Bande, Ourense). 2014*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (arquivo dixital), Expte. CJ 102A 2014/250-0.

- FERRER SIERRA, S. (2014): *Control arqueolóxico do contorno do Manancial O Baño (Bande, Ourense)*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (Servizo de Arqueoloxía da Delegación provincial de Cultura en Ourense), Expte. CJ 102A 2014/358-0.
- 2015 FERRER SIERRA, S. (2015): *Escavación arqueolóxica no campamento romano de Aquis Querquennis. Campaña 2015*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (arquivo dixital), Expte. CJ 102A 2015/318-0.
- 2016 FERRER SIERRA, S. (2016): *Escavación arqueolóxica no campamento romano de Aquis Querquennis, campaña 2016 (Bande, Ourense)*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (arquivo dixital), Expte. CJ 102A 2016/314-0.
- 2017 RODRÍGUEZ COLMENERO, A.; FERRER SIERRA, S.; SEOANE FEIJOO, M. (2017): *Consolidación e recrecemento das ruínas de Aquis Querquennis exhumadas durante as campañas de 2014, 2015 e 2016 (Portoquintela, Bande-Ourense)*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (arquivo dixital), Expte. CJ 102A 2017/278-0.
- 2018 FERRER SIERRA, S. (2018): *Escavación arqueolóxica no campamento romano de Aquis Querquennis (Bande, Ourense). Campaña 2018*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (arquivo dixital), Expte. CJ 102A 2018/473-0.
- 2019 RODRÍGUEZ COLMENERO, A.; FERRER SIERRA, S.; SEOANE FEIJOO, M. (2019): *Escavación, consolidación e recrecementos no campamento romano de Aquis Querquennis (Bande). Campaña 2019*, Memoria depositada na DXPC da Xunta de Galicia (arquivo dixital), Expte. CJ 102A 2019/518-0.

Impacto socioeconómico do campamento romano Aquis Querquennis

D. R. Toubes, N. Araújo, J. A. Fraiz,
T. Domínguez, M. L. Rodríguez e P. de Carlos

*Departamento de Organización de Empresas e Márketing,
campus de Ourense, Universidade de Vigo*

drtoubes@uvigo.gal, naraujo@uvigo.gal, jafraiz@uvigo.gal, trinidad@uvigo.gal, lorencampo@uvigo.gal, pdecarlo@uvigo.gal

O principal reclamo turístico da provincia de Ourense (Galicia, España) é o termalismo, eixe da súa estratexia turística. Por iso é primordial salvagardar e potenciar os recursos vinculados a este tipo de turismo. Na maioría dos casos, estes atópanse nas beiras e nas proximidades de ríos, o que os fan susceptibles de risco de inundación, algo habitual en diversos puntos da provincia. Neste proxecto trátase un destes casos, o campamento Aquis Querquennis na beira do encoro das Conchas (Bande, Galicia, España). Trátase dun recurso turístico con gran valor histórico, que ademais de termas, conta cun campamento militar e cunha mansión viaria (pousada de viaxeiros/as). O citado recurso xera unha afluencia turística e dela deriva un impacto socioeconómico na zona. Precisamente este subproxecto busca medir cal é esta afluencia turística e se hai variacións ou estacionalidade no destino en función das tempadas en que o recurso está inundado. Por outra parte, búscase estudar cal é o impacto do turismo no destino. Analizarase a través dos seguintes subobxectivos:

- Analizar a demanda turística do recurso e a posible estacionalidade.
- Analizar a oferta turística do destino.
- Analizar o impacto social do turismo no destino (posibles melloras no destino ou gozo do recurso turístico por parte dos/as residentes, así como a percepción dos/as residentes respecto aos/ás turistas).

Palabras clave:

Impacto socioeconómico, turismo, termalismo, campamento romano, Aquis Querquennis.

1. Introducción

No presente subproxecto analízase o complexo arqueolóxico romano Aquis Querquennis, un recurso turístico relevante da provincia, declarado ben de interese cultural (BIC), situado na parroquia dos Baños, Bande (Ourense). No complexo hai tres zonas: campamento militar, mansión viaria (pousada de viaxeiros/as) e termas (figura 1). En 1948 a compañía hidroeléctrica Fenosa inundou o val da Limia para construír o encoro das Conchas (Ourense). A casa de baños e as antigas termas romanas caeron en desuso despois da construción do encoro. En 1975 o profesor Rodríguez Colmenero identificou o campamento romano e comezaron as tarefas de escavación e de recuperación do complexo.



Figura 1. Vista aérea do xacemento. *Fuente: Fundación Aquis Querquennis*

As augas termais son un recurso endóxeno único e valioso da provincia de Ourense e un dos grandes reclamos da Galicia interior. Entre as características atribuídas ao turismo termal está a súa capacidade de desestacionalización, a súa complementariedade con outros produtos da oferta turística e a súa capacidade para alcanzar diversos segmentos de demanda [1]. O tipo de turistas que escollen o valor turístico termal, ademais das propiedades mineromedicinais da auga, o coidado do medio ambiente e da infraestrutura, que no caso analizado teñen un valor engadido polo seu valor histórico-patrimonial.

Actualmente o xacemento está situado nunha zona de risco de inundacións. Este feito fai que non sexa accesible reiteradamente a turistas e a visitantes ata que o nivel da auga descenda e se recondiciona a zona. Este problema repítese de cando en vez, especialmente no inverno.

A consolidación das atraccións culturais debe ir acompañada de mecanismos para facer rendibles os fluxos turísticos [2]. Esta relación entre cultura, comunidade e turismo é necesaria para o desenvolvemento sostible.

O presente subproxecto ten como obxectivo, por tanto, coñecer a demanda turística do citado recurso, analizar a oferta turística da zona e o impacto social no destino.

Para iso como metodoloxía úsase a recollida de datos secundarios e primarios. No caso da análise da demanda analízanse os datos secundarios do centro de interpretación Aquae Querquenna-Vía Nova, o cal ten rexistro de visitantes desde o ano 2008. Para a análise da oferta recórrase tamén a información de carácter secundario da zona. Finalmente, para coñecer o impacto social no destino, así como a repercusión nel deste recurso, úsase a técnica de recollida de datos primarios da entrevista en profundidade a persoas expertas e técnicas da zona.



Figura 2. Campamento militar. *Fuente: Fundación Aquis Querquennis*

2. O xacemento Aquis Querquennis

Unha unidade mixta de cabalaría e infantaría instalouse durante o último cuarto do primeiro século ata mediados do século II no xacemento denominado Aquis Quer-

quennis. Atópase en Bande (Galicia, España), á beira do río Limia. Datos máis concretos localizan o establecemento dunha lexión durante o reinado de Vespasiano (69-79 d. C.) [10], momento no que foi construído, e que foi abandonado cara ao 120 d. C. As primeiras escavacións arqueolóxicas no xacemento leváronse a cabo nos anos vinte e autorizáronse novos estudos en 1975 centrados na área noroeste [3].



Figura 3. Área térmica. Fuente: *Fundación Aquas Querquennis*

Ata hoxe, as intervencións realizadas permítenos diferenciar tres zonas: i) o citado campamento militar, de deseño clásico (forma rectangular e dúas rutas ortogonais principais, que cobre unha superficie de 3 hectáreas) e un dos principais da península ibérica; coñécese co nome de «A Cidá», «A Cibdade» ou «A Cidade» (figura 2); ii) a mansión da estrada, pousada de pasaxeiros/as; e iii) as fontes termais (figura 3).

Na actualidade tamén existe un centro de interpretación (Aquae Querquenna-Vía Nova), a poucos metros do recinto, lugar de recepción e de información sobre os recursos deste sitio. Tamén no mesmo centro se sitúa o museo de Quarquenia (rexión da Baixa Limia) con mostras da etapa máis antiga (desde a Prehistoria ata a Idade Media) [4].

Crese que a presenza de augas termais foi unha das causas do asentamento neste lugar. Os romanos xa eran conscientes naquel tempo dos beneficios e das calidades da auga mineromedicinal, e decidiron aproveitar este recurso [5]. Unha das características polas que se clasifica este tipo de auga é a súa temperatura, neste caso hipertérmica (por riba dos 45°), xa que emana a 48°. A veciñanza da zona e as/os visitantes, como

fixeron os romanos hai séculos, gozan destas augas, indicadas polas súas propiedades para o reumatismo e o coidado da pel [5]. Ademais, tras as últimas reformas realizadas en 2018 nesta área termal, coñecida como O Baño (figura 4), aumentou o número de bañistas. Nestes momentos asisten *agüistas* de nacionalidade portuguesa e incluso doutras nacionalidades, mentres que antes só asistía a poboación da rexión.



Figura 4. Termas O Baño. Fuente: *Fundación Aquis Querquennis*

En 1921 un grupo de intelectuais xa amosou interese por este asentamento romano, a partir do cal varias escavacións comezan a recuperar restos da zona. Así, o sitio comeza a recibir visitas como a da Comisión Provincial de Monumentos Históricos e Artísticos de Ourense en 1935. Pero todo este interese queda paralizado pola Guerra Civil e no goberno franquista está prevista a construción dun encoro (As Conchas) na zona, que anega gran parte das beiras do río Limia. En 1948 a cidade de Baños de Bande xa está baixo a auga, do mesmo xeito que o xacemento tamén denominado «A Cidade» e outros recursos de interese histórico como a ponte de Pontepedriña (declarada monumento histórico-artístico).

En 1975 Rodríguez Colmenero, Herves Raigoso e Ferrer Sierra comezan as escavacións. Tras os achados atopados, descóbrense que había un forte romano da alta época imperial e un destacado núcleo civil. Actualmente a Fundación Aquae Querquen-

nae-Vía Nova centra os seus esforzos no desenvolvemento, conservación e posta en valor destes restos arqueolóxicos. Estes traballos presentan a dificultade engadida de enfrontarse ás inundacións que anegan periodicamente o xacemento. O nivel de auga do encoro varía segundo a época de choivas; na figura 5 móstrase o xacemento co nivel de auga do encoro baixo e a figura 6 coas augas que comezan a cubrir a zona do campamento romano.



Figuras 5 e 6. Forte romano en 2006 e en 2014. *Fuente: Fundación Aquis Querquennis*

3. Demanda turística en Aquis Querquennis

Para medir o fluxo turístico na área de estudo, utilizouse o rexistro diario de visitantes realizado de xeito continuado desde 2008 polo centro de interpretación Aquae Querquenna-Vía Nova (táboa 1). Estes datos mostran que o ano 2017 foi o que mellor cifras rexistrou ata o de agora, con 7509 visitantes, e foi de 4718 visitantes a media anual do período 2008-2018 (táboa 1).

Ao realizar unha análise de visitas por meses, descubrimos que na última década agosto foi o mes con maior número de visitantes, ao superar os 1000 visitantes en sete ocasións, e incluso os 1400 en 2010 e en 2017. Como se mostra na figura 7, nos últimos catro anos os picos de visitas prodúcense en agosto, seguidos de xullo e algún mes contra o final do ano (setembro, outubro ou novembro), unha tendencia seguida na última década.

Ano	Núm. de visitantes
2008	4557
2009	4866
2010	5595
2011	4305
2012	3405
2013	3023
2014	3870
2015	4981
2016	4592
2017	7509
2018	5199
Máximo	7509
Mínimo	3023
Media	4718

Táboa 1. Número de visitantes (2008-2018)

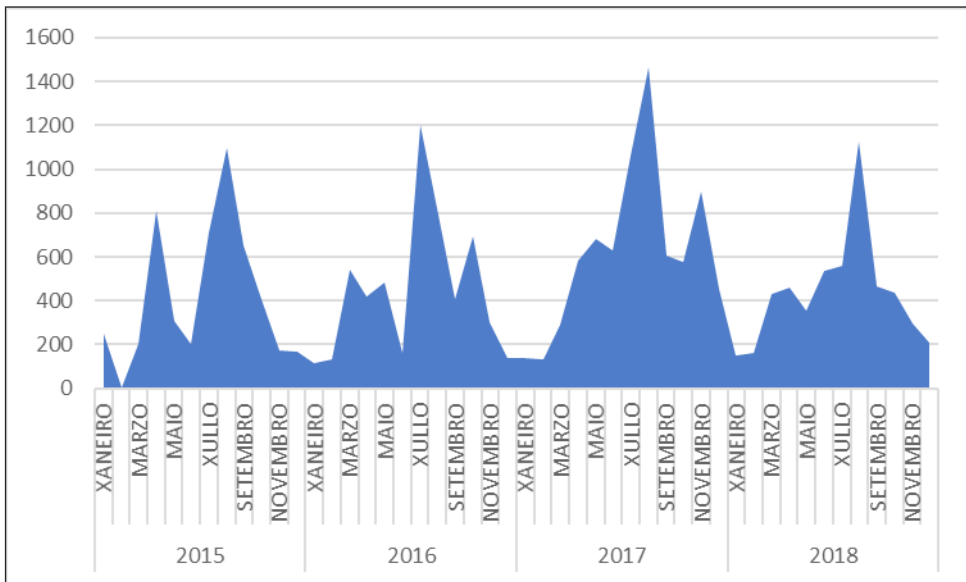


Figura 7. Influxo de visitas entre 2015 e 2018

Cos datos rexistrados nos últimos dous anos establécese cal é o perfil de visitante/turista que percorre este recurso turístico. No que respecta á procedencia, o 62 % provén da propia comunidade galega, o 23,6 % do resto de España e o 14,2 % restante do resto do mundo. En concreto, o maior fluxo provén da propia provincia de Ourense (21%), seguido da Coruña e de Pontevedra (cun 18 % cada unha dela). No ámbito de España destacan as/os visitantes madrileños (13,5 %) e no ámbito de Europa as visitas do país veciño, Portugal (10,1 %), ao estar o recurso nunha zona transfronteiriza (figura 8).

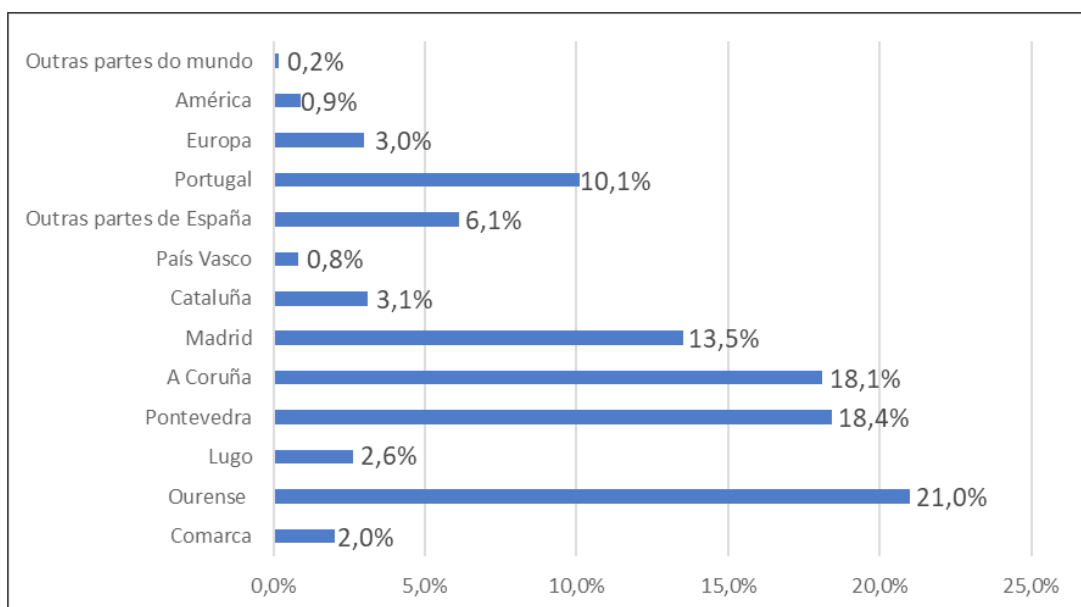


Figura 8. Procedencia dos/as visitantes/turistas

O xénero é equitativo, 50 % feminino e 50 % masculino. A idade maioritaria é media, entre 30 e 65 anos, o que supón aproximadamente o 50 % das visitas. Séguelle en segundo lugar a dos/as maiores de 65 anos (22 %). O 28 % restante sería menores de 30 anos, repartidos equitativamente entre menores de 12 anos e individuos de entre 12 e 30 anos. A notable concentración de menores de 12 anos (aproximadamente o 12 % das visitas) débese en gran parte ás visitas grupais por parte de colexios.

No que respecta á fonte de información a través da cal souberon deste recurso turístico, dentro das máis repetidas son dúas as principais: o boca-orella e internet (figura 9).

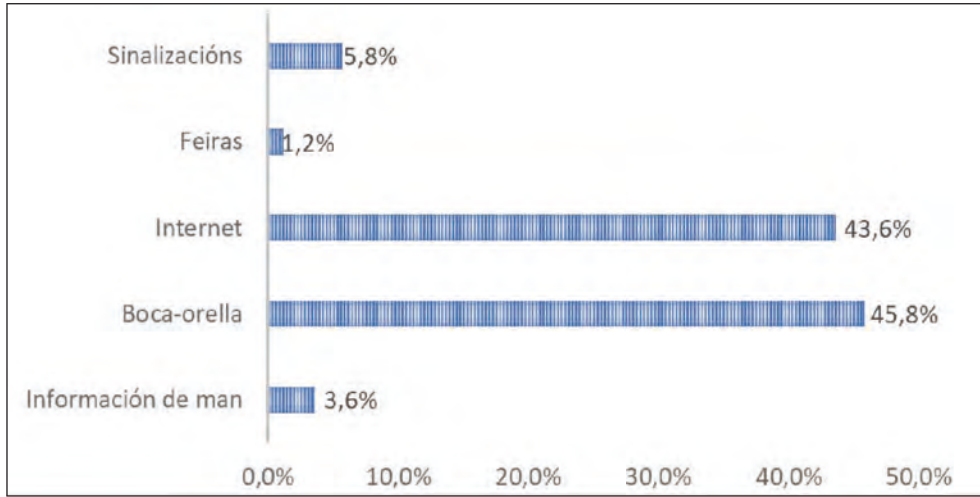


Figura 9. Fonte de información

Finalmente, analízase o nivel de correlación entre a serie de datos diarios de visitas e o nivel de auga durante o período do 1 de outubro de 2011 ao 31 de decembro de 2018. A estatística de correlación Pearson mostra un valor de 0,03 e un nivel de significación de 0,122 (maior ca 0,05), polo que non hai unha correlación clara entre as dúas variables. Non obstante, ao agrupar as visitas por mes e calcular o valor medio do nivel da auga mensual, ao correlacionar ambas as series obtense un valor de -0,3 e un nivel de significación inferior a 0,05, concretamente 0,04. Isto mostra unha certa correlación negativa e un nivel de significación aceptable.

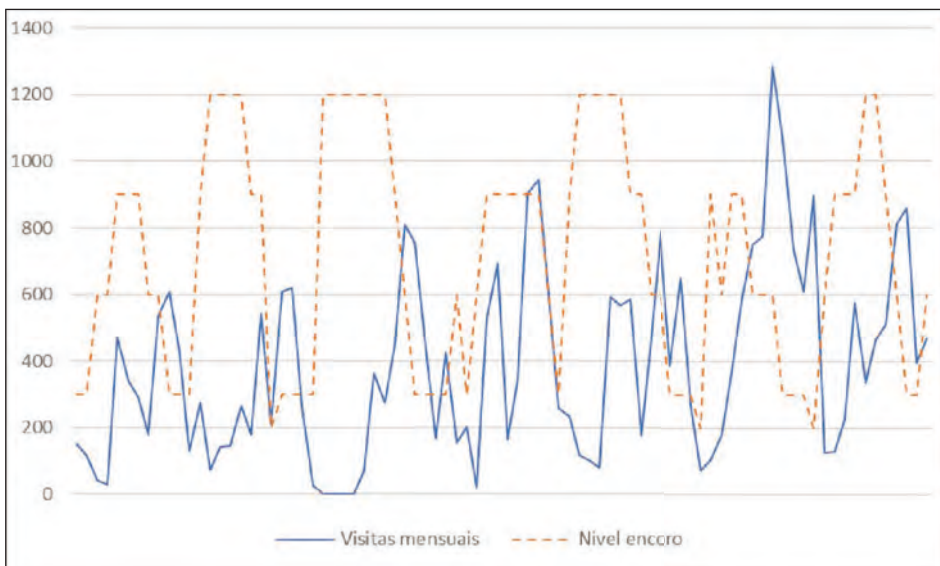


Figura 10. Nivel de visitas mensuais comparativas do encoro (2011-2018)

A figura 10 mostra as visitas mensuais e o nivel medio de auga do encoro mensual, distribuído en catro tramos, o valor máis baixo para o tramo máis baixo (536,89 a 533,79 m sobre o nivel do mar) e nivel 4 para o máis alto (545,58 a 548,48 m sobre o nivel do mar). Mediuse a maior diferenza de nivel da auga e dividiuse en catro seccións, equiparando a escala á das visitas. Obsérvase que os meses con maior número de visitas corresponden aos que o nivel do encoro está nos seus niveis máis baixos (sección 1 ou sección 2, e en ambos os casos son visitables tanto as termas coma o campamento).

4. Oferta turística do destino e percepción do turismo na zona

As entrevistas con persoas técnicas e profesionais do turismo na zona achegaron información sobre os principais atractivos turísticos na contorna, a oferta turística e a percepción do turismo por parte dos/as residentes.

Un dos principais atractivos turísticos é o propio campamento Aquis Querquennis, incluídos a zona termal e o centro de interpretación, a través do cal se realizan visitas guiadas polo campamento. O centro de interpretación alberga o museo da Quarqueria na etapa máis antiga, desde a Prehistoria ata a Idade Media. Este centro forma parte da Rede de Portas do Parque Natural Baixa Limia-Serra do Xurés, constituída por seis centros situados nos municipios que serven de entrada ao espazo natural (Bande, Calvos de Randín, Entrimo, Lobios, Lobeira e Muíños) e que exploran distintos aspectos do parque como a súa flora, fauna, etnografía e historia. Polo campamento pasa a Vía Nova, antiga calzada romana construída durante a dinastía Flavia, que une Bracara Augusta (Braga) e Asturica Augusta (Astorga). Ten un percorrido de 318 km. No patrimonio histórico inclúense os castros de Vemes ou Lobosandaos e o castro de Rubiás.

O acceso ao xacemento é gratuito, o prezo xeral da visita ao centro de interpretación é de 2 euros e o das visitas guiadas ao xacemento 3 euros. Existe unha tarifa reducida para persoas xubiladas, discapacitadas, familias numerosas, estudantes, menores de idade e persoas desempregadas. Estas tarifas son máis baixas ca as que ofertan outros centros arqueolóxicos de semellante perfil de España (non consideramos grandes xacementos como Atapuerca ou Numancia). Algúns como Gadir (Cádiz) teñen tamén acceso libre ao xacemento, pero, en xeral, cobran unha tarifa pola vista; por exemplo, 5 euros en Clunia (Burgos), 2 euros en Andelos (Navarra), 2,5 euros en Flaviobiga (Cantabria) e 7 euros en Pintia (Valladolid), só visitas guiadas.

A zona (concello de Bande) conta tamén cun amplo patrimonio relixioso (igrejas, cruceiros e capelas). É de destacar a igrexa de Santa Comba de Bande, cuxa data aproximada de construción é o ano 675, ao ser un dos elementos máis importantes que aínda se conserva da arquitectura visigoda do século VII. Outros elementos importantes do patrimonio relixioso son a igrexa de San Pedro, o cruceiro de Corvelle, o cruceiro de Vilela, a capela de Martiñán ou a capela de Buxán. Na parroquia de Santa Comba de Bande atópase o Museo de Iconos, un pequeno museo habilitado nunha antiga vivenda de campo onde se expón unha colección de iconos bizantinos e de pinturas clásicas sobre táboas e cerámicas.

O outro punto forte do territorio é o espazo natural, e parte da zona pertence ao Parque Natural Baixa Limia-Serra do Xurés, reserva da biosfera fronteiriza. Existen diversas rutas para facer sendeirismo ou BTT, ademais de miradoiros como o do Xurés na aldea dos Xordos. O destino tamén conta con patrimonio inmaterial destacado, entre este o entroido coa súa máscara típica, o «troteiro». Engádesse a Festa do Peixe a finais de maio ou principios de xuño e a festa de San Roque (festas patronais). Tamén celebran no verán a feira-mostra de recursos endóxeos e existe un museo de iconas (iconas bizantinas e pinturas clásicas sobre táboas e cerámicas) en Santa Comba, nunha antiga vivenda de campo rehabilitada.

A oferta de aloxamento da zona está dispersa por toda a zona da Baixa Limia, fundamentalmente en casas rurais, apartamentos e pequenos hoteis. Os máis próximos son pequenas casas de alugamento como a Casa da Abuela e a Casa Regueiro a 5 km do complexo arqueolóxico. A menos de 20 quilómetros atópase o albergue municipal en Bande e a Casa Mariña de turismo rural (8 km), e na zona de Muíños a Casa Reboxo (15 km) e a casa rural As Fontes (19 km). En dirección a Portugal atópase o maior número de aloxamentos, como a casa da Feiravella e o hotel Barcelona en Entrimo (14 km), e en Lobios (15 km) os hoteis Lusitano e AV apartamentos, a casa Rosalía e os apartamentos Vía Nova. A pouco máis de 20 km atópase o aloxamento de maior calidade da zona, trátase do hotel balneario de Lobios, do grupo Caldaria en Lobios. A maioría dos/as visitantes aloxados na zona fano neste balneario de 4 estrelas. Os apartamentos privados abundan máis na marxe sur do encoro (zona de Muíños). Na zona tamén hai varias cafetarías e 3-4 restaurantes dun garfo.

En canto á percepción do turismo da zona, non é unha cantidade tan significativa que afecte as/os residentes. Gran parte das persoas que visitan a zona termal son da

zona ou das proximidades, e beneficianse elas mesmo do termalismo e das melloras levadas a cabo na zona termal. En canto ás visitas ao centro de interpretación, os rexistros mostran a visita de 5193 persoas en 2018, o 14,5 % estranxeiros/as, a maioría de Portugal (10,6 %). Dos/as visitantes nacionais o 28 % viña de fóra de Galicia, principalmente de Madrid (12,7 %). Os/As visitantes de Galicia foron o 57,5 %, cunha representación moi igualada de Ourense (18,8 %), A Coruña (17,1 %) e Pontevedra (16,7 %). De Lugo só procedía o 2,6 % dos/as visitantes, e da comarca só o 2,3 %. As cifras son moi semellantes ás rexistradas en 2017 cando visitaron o centro 6206 persoas, pero a porcentaxe de estranxeiros/as foi menor (11,8 %) e a maioría de visitantes volveu ser da provincia de Ourense (19,7 %). As principais fontes de información declaradas polos/as visitantes foron o boca a boca (21,1 %) e internet (20 %). Un pouco máis da metade dos/as visitantes atópase no intervalo de idade entre os 30 e os 65 de anos (52 %) e chama a atención que unha porcentaxe importante (22 %) tiña máis de 65 anos.

A zona conta con recursos, especialmente os vinculados co espazo natural, pero precisa dunha maior posta en valor destes para captar un maior volume de turistas/visitantes. A zona do campamento, termas e mansión viaria son de libre acceso. Como na maioría dos xacementos deste tipo, a recomendación dos técnicos/as entrevistados é que se cobre unha pequena tarifa de acceso. Un dos problemas parece estar nos arredores da termas, onde as fins de semana aparcan vehículos e caravanas e fórmanse campamentos temporais. Vese necesario o control destes asentamentos, así como a ordenación e a urbanización da contorna.

O labor de promoción do xacemento aínda ten un importante camiño por percorrer. Numerosos/as visitantes acoden á zona coa intención de visitar a igrexa visigoda de Santa Comba de Bande –presente en moitas guías de arte e patrimonio– e decátanse logo da existencia do xacemento romano. Nos últimos anos realizáronse algunhas tarefas de promoción e de difusión do complexo. Entre as iniciativas postas en marcha atópanse o proxecto virtual Aquis Querquennis, dentro do programa Gerês-Xurés Dinámico da Deputación; incluír Aquis Querquennis como imaxe da Semana de Industrias Culturais e Creativas [Ourense ICC Week] en 2017; e o Encontro de Radioaficionados desde Aquis Querquennis.

5. Conclusións

Un aspecto que cómpre ter en conta na análise da vulnerabilidade son os danos producidos no ámbito turístico. Ademais dos aspectos económicos, esta valoración debe incluír un número amplo de dimensións heteroxéneas como aspectos sociais, culturais e ambientais que poden intensificar ou mitigar os danos. A análise da avaliación do número de visitantes debería ser o primeiro parámetro na avaliación debido a que facilita avaliar os danos de forma directa e permite unha comparación obxectiva, tanto temporal para o mesmo recurso coma con outros casos de recursos afectados e tipos de inundación.

Este estudo comprende unha breve aproximación ao valor histórico e patrimonial do recurso Aquis Querquennis, analízanse os fluxos de visitantes e a posible estacionalidade. O presente caso mostra a existencia de variacións cíclicas no nivel da auga do encoro das Conchas, variacións que afectan a accesibilidade ao complexo arqueolóxico e sinálase no estudo que os meses finais do ano son a época de maior accesibilidade. A zona termal alágase con menor cota e as probabilidades de inundación son maiores. Achouse correlación entre os datos do nivel da auga e as visitas ao complexo, e intensifícanse estas nos meses en que o nivel da auga é menor ou se permite o acceso ao recurso turístico.

Conclúese tamén que o complexo Aquis Querquennis é un dos principais reclamos turísticos do destino, xunto coa Vía Nova, o espazo natural Baixa Limia-Serra do Xurés e a igrexa de Santa Comba de Bande; conta con certa oferta complementaria de patrimonio relixioso e algunha festa de interese turístico, principalmente o entroido. O volume de turistas non é tal que afecte as/os residentes da zona, polo que non hai unha percepción marcada sobre os/as turistas por parte da poboación local.

6. Agradecementos

Agradecemoslle á Fundación Aquae Querquennis-Vía Nova a atención recibida e a dispoñibilidade para proporcionarnos información turística sobre o complexo e o xacemento.

7. Referencias

- [1] Alén, M. A., Fraiz, J. F. (2006). Relación entre la calidad de servicio y la satisfacción del consumidor. Su evaluación en el ámbito del turismo termal. Investigaciones europeas de dirección y economía de la empresa, 12(1), 251-272
- [2] Moragues, D. (2006). Turismo, cultura y desarrollo. Agencia Española de Cooperación Internacional. Madrid.
- [3] Rodríguez, A. (2016). Aquae Querquennae, Roman Headquarters and Inn. A Guide to the Archaeological Site. Dirección Xeral de Turismo, Xunta de Galicia, Spain.
- [4] Turismo de Galicia (2015). <http://turismodegalicia.org/info-turismo/termalismo-en-galicia/termas-do-bano-.php>
- [5] Caldaria (2019). <https://www.caldaria.es/aquis-querquennis-y-la-estrategia-de-los-romanos/>

Perfís aritméticos na escola elemental

V. Iglesias-Sarmiento*, L. Pérez*, S. Alfonso*,
A. Conde*, M. García-Señorán*, M. Raposo** e F. Tellado*

**Departamento de Psicología Evolutiva e Comunicación,
campus de Ourense, Universidade de Vigo*

***Departamento de Didáctica, Organización Escolar e Métodos de Investigación,
campus de Ourense, Universidade de Vigo*

visarmiento@uvigo.gal, leiperez@uvigo.gal, soalgj@uvigo.gal, angelesconde@uvigo.gal,
msenorran@uvigo.gal, mraposo@uvigo.gal, ftellado@uvigo.gal

Este estudo analizou a contribución das habilidades cognitivas e de dominio específico ao rendemento aritmético alcanzado nos tres últimos graos da escola elemental na procura de perfís para os grupos formados. Participaron 165 escolares ($M = 10,8$ anos; $SD = 1,47$) organizados en tres grupos: dificultades de aprendizaxe (DA), alto rendemento (AR) e rendemento típico (RT). Avaliáronse os procesos cognitivos PASS e as habilidades de dominio específico coas baterías CAS e BANEVHAR en dúas sesións individuais ao termo do curso escolar. O grupo con DA mostrou un rendemento deficitario en codificación, procesamento numérico e comprensión conceptual respecto ao grupo con RT. Os nenos e nenas con AR obtiveron resultados significativamente máis altos ca o grupo con RT en procesamento simultáneo, contaxe, procesamento numérico e comprensión conceptual.

Palabras clave:

Rendemento aritmético, dificultades de aprendizaxe, alto rendemento, procesos cognitivos.

1. Introducción

Este estudo centrouse na análise da contribución das habilidades cognitivas e de dominio específico ao rendemento aritmético alcanzado nas aulas ordinarias nos tres últimos graos da escola elemental española (4.º, 5.º e 6.º), ao redor da análise dos

dous niveis de rendemento aritmético extremos, dificultades de aprendizaxe (DA) e alto rendemento (AR), respecto ao seu grupo de iguais con rendemento típico (RT). Partiu-se dunha concepción global da aritmética como a habilidade para resolver sumas, restas, multiplicacións e divisións recuperando feitos e regras e implementando correctamente os algoritmos correspondentes [1], co fin de vincular a aprendizaxe cos graos educativos previos e eliminar o posible efecto teito. Neste contexto, os estudos con nenos e nenas dos graos finais da escola elemental con DA severas identificados con respecto ás súas habilidades aritméticas e nenas e nenos con AR que non sexan superdotados son raros. Desde o punto de vista do funcionamento cognitivo acudíuse ao modelo PASS de Das, Naglieri e Kirby [2] pola comprensividade da teoría para interpretar os resultados provenientes doutros enfoques teóricos e polo seu sistema de avaliación estandarizado. Tamén se acudiu a medidas estandarizadas e directas das variables matemáticas de contaxe, procesamento do número e comprensión conceptual. A utilización de medidas estandarizadas buscou, seguindo a Meyer, Salimpoor, Wu, Geary e Menon [3], analizar as diferenzas no rendemento entre os grupos, unha vez controlado o desenvolvemento normativo. A análise das puntuacións directas de tarefas ou grupos de tarefas matemáticas xorde da necesidade de confrontar os resultados coa literatura actual.

1.2. Habilidades subxacentes ao rendemento aritmético

A explicación teórica do funcionamento cognitivo baseada na teoría PASS [2, 4], operativizada a través do test Cognitive Assesment System (CAS) [5], mostrouse como un enfoque suxestivo para explicar como o alumnado realiza diferencialmente as tarefas académicas [6] e na obtención de perfís cognitivos que poden permitir desenvolver propostas concretas de actuación [7].

Outra fortaleza da teoría provén da súa permeabilidade para acoller explicacións baseadas noutros enfoques [8]. O funcionamento executivo explícase na teoría PASS a partir dos procesos de planificación e atención [9]. A planificación defínese como a función executiva que proporciona o control cognitivo seleccionando, supervisando e autorregulando solucións a problemas para lograr o obxectivo; mentres a atención permite unha actuación focalizada, selectiva e sostida, centrándose nuns estímulos e inhibindo outros en función dos obxectivos [2]. Distintos estudos correlacionais enlazaron a planificación co rendemento matemático en 3.º curso [10] e entre 4.º e 6.º

curso da escola elemental [1], así como co rendemento aritmético en 5.º curso [11]. En canto á atención, aínda que se estableceu como un proceso importante en tarefas académicas [5], en poucos estudos con mostras escolares informouse de relacións directas co rendemento matemático [1].

Para operar sobre a información de entrada, a teoría utiliza dous procesos cognitivos: o procesamento simultáneo, polo que o suxeito integra os estímulos nunha totalidade perceptiva ou conceptual, e o procesamento sucesivo, co que o suxeito integra os estímulos nunha orde específica [5]. As tarefas de procesamento simultáneo e sucesivo do CAS relacionáronse respectivamente con tarefas que avalían a axenda visoespacial e o compoñente fonolóxico da memoria de traballo [12]. Dous estudos recentes sinalaron o procesamento simultáneo como o mellor predictor do rendemento matemático [1] e aritmético [13] en mostras xerais de 4.º a 6.º curso. Ademais, localizáronse relacións significativas entre o procesamento sucesivo e o rendemento matemático nestes graos [1].

Doutro lado, Butterworth [14] sostén que a contaxe, o procesamento das magnitudes numéricas ou a estimación son precursores das habilidades aritméticas. Con todo, ao longo do ensino elemental, esta relación non se mostrou lineal nin as habilidades implicadas foron sempre as mesmas [15].

A contaxe, como sinalan Noël e Rouselle [16], fundaméntase no sistema de subitización e pode entenderse como a habilidade pola que as nenas e nenos son capaces de aprehender a cardinalidade e ordinalidade do número baseándose nos principios de Gelman e Gallistel [17]. Hai evidencias lonxitudinais que establecen relacións predictivas entre a contaxe avaliada en preescolar e o rendemento aritmético posterior en 5.º curso da escola elemental [18].

Respecto ás habilidades numéricas, relacionouse o procesamento da magnitude arábica con tarefas de restas con números multidíxitos en 3.º e 4.º curso [19]. Tamén existen evidencias que enlazan a comprensión do sistema numérico, analizada a través de probas de valor posición, co rendemento aritmético alcanzado en 3.º curso [20]. Ademais, sinalouse que a transcodificación entre as notacións verbal e escrita con números multidíxitos parece evolucionar ao longo da escola elemental [21], desde os momentos iniciais en que os e as escolares mostran dificultades en todos os casos [22] ata os graos finais nos que as nenas e nenos de 5.º aínda mostran diferenzas significativas na produción verbal con milleiros [21].

Aínda que a comprensión conceptual aritmética recibiu menor atención na literatura e a súa definición non está suficientemente consensuada [23], este constructo analizouse a través do coñecemento dos símbolos aritméticos [24] e, de forma máis concreta, acudindo á derivación de respostas exactas e aproximadas vinculadas, respectivamente, co manexo dos principios aritméticos básicos ou coa descomposición dos números en partes [25] e coas habilidades de estimación aritmética [22].

A investigación ao redor da obtención de respostas exactas na escola elemental sinalou que o rendemento aritmético pode predicirse en 2.º e 3.º curso a partir de medidas vinculadas co coñecemento dos principios aritméticos básicos, unha vez controladas as habilidades cognitivas [26]. Con respecto á estimación aritmética, LeFevre, Greenham e Waheed [27], no seu estudo transversal con tarefas de multiplicación con díxitos simples e multidíxitos, atoparon que só o 20 % dos nenos e nenas de 4.º curso podían resolver as tarefas de estimación propostas, mentres que en 6.º curso a maior parte das nenas e nenos as cubrían adecuadamente.

1.2. A dificultade aritmética na escola elemental

Na actualidade hai certo acordo respecto á natureza heteroxénea das dificultades de aprendizaxe e á necesidade de establecer perfís concretos que faciliten unha adecuada categorización e posterior intervención [28]. Neste contexto, algunhas metaanálises e revisións recentes apuntaron que algunhas variables como a severidade e a comorbilidade do déficit, a idade dos nenos e nenas e os dominios utilizados na selección poden condicionar os resultados obtidos [29].

Desde a teoría PASS a selección dos nenos e nenas con DA realizouse habitualmente con probas matemáticas globais e con criterios diversos. Kroesbergen, Van Luit e Naglieri [30] seleccionaron nenas e nenos con DA de 8,9 anos de media baseándose en puntuacións por baixo do percentil 25 nunha proba curricular nacional. O grupo con DA obtivo un rendemento medio inferior ao grupo control nos catro procesos PASS. Resultados similares obtiveron Cai *et al.* [12] con estudantes con DA de 6.º a 8.º curso. Dous estudos recentes con alumnado con DA severas entre 4.º e 6.º curso (percentil \leq 10), seleccionados baseándose no seu rendemento matemático global [1] e aritmético [13], informaron de perfís cognitivos diferentes. Mentres o grupo con DA severas vinculadas co seu rendemento matemático global mostraba, coma nos estudos anteriores, un rendemento significativamente máis baixo ca os controis nos catro procesos PASS,

o grupo con DA severas vinculado co seu rendemento aritmético obtivo puntuacións inferiores aos seus pares en atención, procesamento simultáneo e procesamento sucesivo. Ata o momento non se localizaron estudos PASS que establezan preditores específicos para grupos con DA no dominio da aritmética, aínda que si se vinculou co procesamento simultáneo como predictor do rendemento en resolución de problemas nun grupo con DA seleccionado con respecto ao seu rendemento matemático global [8].

Diferentes metaanálises e revisións de estudos heteroxéneos focalizaron os déficits de nenas e nenos con DA escolarizados na escola elemental na contaxe [31], o procesamento numérico [16] e as estratexias vinculadas coa comprensión dos conceptos aritméticos [32]. Cando a selección da mostra parte do seu rendemento aritmético, os resultados, aínda que incipientes, parecen apuntar a déficits en contaxe e en procesamento numérico. Moll, Göbel e Snowling [33], no seu estudo que abarca toda a escola elemental con nenos e nenas con DA seleccionados baseándose nun rendemento aritmético inferior ao percentil 16, localizaron dificultades nun amplo rango de tarefas matemáticas respecto ao grupo control que abarcaron a contaxe, o procesamento da magnitude simbólica e a transcodificación. Landerl, Fusseneger, Moll e Willburger [34] localizaron diferenzas significativas respecto ao grupo control en tarefas de procesamento da magnitude simbólica en nenos e nenas con DA seleccionados cun criterio amplo (< percentil 35) entre 2.º e 4.º curso, que Iglesias-Sarmiento e Deaño [13], no seu estudo con nenas e nenos con DA severas entre 4.º e 6.º curso, só constataron cando a notación utilizada era verbal escrita e oral. Tamén existen evidencias de diferenzas na comprensión do sistema numérico decimal, avaliado a través de tarefas de valor posición en alumnado con DA entre 3.º e 6.º curso [35] e na transcodificación entre notacións entre 4.º e 6.º curso [13].

Polo que respecta ás habilidades conceptuais, os estudos localizados con nenos e nenas con DA maiores, cuxas dificultades foron identificadas baseándose no seu rendemento aritmético, obtiveron datos discordantes. Anderson [35], cun criterio de selección máis estrito (rendemento de 1,5 SD por baixo da media), localizou déficits respecto aos seus iguais na utilización dos principios e na estimación aritmética entre 3.º e 6.º curso da escola elemental. Nos mesmos graos, Mabbott e Bisanz [36], seguindo un criterio de corte máis amplo (percentil < 25), non localizaron diferenzas na comprensión dos principios aritméticos vinculada nese estudo coa multiplicación.

1.3. O alto rendemento aritmético na escola elemental

Á hora de establecer perfís do alumnado con alto rendemento nun dominio concreto, a problemática inicial non resolta nunha boa parte dos estudos refírese á diferenciación entre superdotado e AR [37], que poden darse de forma conxunta ou independente. Ademais, coma no caso do alumnado con DA, os criterios usados para seleccionar os nenos e nenas foron heteroxéneos, o que pode condicionar a interpretación dos resultados obtidos [38, 39].

As escasas investigacións que analizan o funcionamento cognitivo das nenas e nenos con AR proveñen do constructo da memoria de traballo. Swanson [40], empregando o rendemento aritmético para seleccionar o grupo de AR na escola elemental e un criterio de corte similar en sentido contrario ao que se usa para a DA (1,5 SD respecto á media), atopou que, na súa mostra de nenos e nenas de entre 6-8 anos, o grupo con AR rendía unicamente por enriba dos seus iguais en idade nas tarefas vinculadas co executivo central. Wiklund-Hörnqvist, Jonsson, Korhonen, Eklof e Nyroos [41], utilizando un criterio de selección laxo baseado no rendemento matemático (percentil 75) en 3.º curso da escola elemental, só localizaron un rendemento superior do grupo con AR respecto aos seus iguais en procesamento fonolóxico. En alumnado adolescente os estudos transversais que empregan probas matemáticas xerais e criterios de selección máis estritos (percentil > 95) parecen confluír ao redor do rendemento visoespacial como a variable diferenciadora respecto aos seus iguais [42, 38].

Na súa investigación lonxitudinal entre o xardín de infancia e 3.º curso da escola elemental, Geary *et al.* [43] atoparon diferenzas significativas en 1.º curso do grupo con AR (5 % da mostra) en tarefas vinculadas co executivo central e coa axenda visoespacial; esta foi a variable preditora da inclusión na categoría e, por tanto, do rendemento matemático. Este estudo sitúa como característica definitoria do grupo con AR a competencia numérica avaliada a través de probas de *number sets* que abarcan o procesamento das magnitudes simbólica e non simbólica.

Respecto á competencia conceptual do alumnado con AR, os estudos realizados na escola elemental son eminentemente descritivos. Dowker [22], nunha investigación con nenos e nenas de entre 5 e 9 anos, atopou que quen presentaba maior éxito en tarefas de aritmética mental con sumas mostraba unha maior utilización das estratexias de feitos derivados ca os seus iguais. No caso da estimación aritmética, Star, Rittle-Johnson, Lynch e Perova [44] vincularon o maior rendemento previo en alumnado de

5.º e 6.º curso con estratexias que conducían a estimacións máis precisas respecto ao menor rendemento, que se asociou a estratexias menos sofisticadas.

2. Obxectivos do estudo

Á luz dos condicionantes teóricos e metodolóxicos sinalados ao redor da aritmética e dos seus niveis de rendemento, este estudo explorou a contribución conxunta dos procesos cognitivos PASS (planificación, atención, simultáneo e sucesivo) e as habilidades de dominio específico (contaxe, procesamento numérico e comprensión conceptual) ao rendemento aritmético diferencial alcanzado por alumnado con DA e AR respecto aos seus iguais con RT nos tres últimos graos da escola elemental española (4.º, 5.º e 6.º).

3. Metodoloxía

3.1. Participantes

A mostra incluíu 165 alumnos e alumnas (89 nenos e 76 nenas) do total de 390 escolarizados nos cursos de 4.º ($n = 56$), 5.º ($n = 54$) e 6.º ($n = 55$) en sete colexios de ámbito urbano e semiurbano das provincias de Ourense e Pontevedra, situadas no extremo noroeste de España, con escolares pertencentes a familias de nivel sociocultural medio e, maioritariamente, con estudos secundarios [45].

Para a selección inicial da mostra, despois de solicitar o consentimento familiar, peidiuse a colaboración de profesionais especialistas dos centros co fin de comprobar que ningún dos nenos e nenas mostrase trastornos do desenvolvemento ou necesidades educativas especiais resultantes de aspectos socioculturais. A continuación, asignouse o alumnado ás distintas condicións experimentais en función do rendemento alcanzado na escala de cálculo da batería neuropsicolóxica de avaliación das habilidades aritméticas (BANEVHAR) [46].

O criterio para seleccionar os 26 alumnos e alumnas do grupo con DA (9 de 4.º, 9 de 5.º e 8 de 6.º) foi unha puntuación estándar igual ou menor ca 80 na escala, o que representa unha puntuación igual ou inferior ao percentil 10 [47]. A idade variou entre os 9,3 e os 12,6 anos ($M_{idade} = 10,8$ anos; $SD = 1,47$).

Seleccionáronse 21 alumnas e alumnos para o grupo de AR (8 de 4.º, 7 de 5.º e 6 de 6.º), con puntuacións estándar iguais ou superiores a 120, o que os sitúa por enriba do percentil 90 [48]. Ningún dos nenos e nenas acudía a unidades especiais nin estaba

identificado pola administración educativa como superdotado. A idade variou entre os 9,7 e os 11,6 anos ($M_{idade} = 10,4$; $SD = ,91$).

Como grupo de control (RT) seleccionáronse 118 alumnos e alumnas (39 de 4.º, 38 de 5.º e 41 de 6.º) con rendemento aritmético entre os percentís 26 e 89. A idade variou entre os 9,7 e os 11,6 anos ($M_{idade} = 10,6$; $SD = 1,10$).

3.2. Instrumentos

3.2.1. Habilidades cognitivas

Utilizouse a batería CAS [5] para avaliar o funcionamento cognitivo. A adaptación española proporciona puntuacións estandarizadas (100, 15) dos procesos de planificación, atención, simultáneo e sucesivo, calculadas por grupos de idade a intervalos de seis meses para suxeitos entre 5 e 18 anos. A fiabilidade para a mostra española foi de .90 (planificación), .89 (atención), .92 (simultáneo) e .91 (sucesivo) [49].

As probas de planificación, de natureza executiva, requiren que o neno ou nena deba elaborar un plan, avaliar a súa utilidade, controlar a súa efectividade e, no seu caso, corrixilo ou rexeitalo e crear un novo en función das demandas da tarefa. As tarefas son de lapis e papel e demandan a localización de números iguais con distinta complexidade en secuencias de filas (emparellamento numérico), a conversión de letras segundo un código específico (planificación de códigos) e a conexión alternativa de letras e números distribuídos de forma aleatoria nunha orde secuencial (planificación de conexións).

A escala de atención contén tres tarefas que analizan a atención focalizada, sostida e selectiva a través de probas de tipo *stroop* (atención expresiva), seleccionando números entre unha gran cantidade de distractores (procura de números) e recoñecendo pares de letras fisicamente idénticas ou iguais desde o punto de vista léxico (atención receptiva).

As probas de procesamento simultáneo, de natureza visoespacial, abarcan contidos de tipo verbal e non verbal e demandan a integración das partes nunha Gestalt, a comprensión de relacións lóxico-gramaticais e a síntese das partes nun grupo. O neno ou nena debe descubrir as relacións entre as partes dun elemento (matrices non verbais), elixir a resposta correcta entre seis opcións a partir de información espacial presentada de forma escrita e oralmente (relacións espazo-verbais) e identificar figuras presentadas de forma previa dentro de figuras complexas (memoria de figuras).

Nas probas de procesamento sucesivo a nena ou neno debe lembrar información presentada de forma oral. As dúas primeiras probas demandan a repetición de palabras monosílabas nunha orde concreta (series de palabras) e de oracións que presentan conflito semántico (repetición de frases). A última proba (preguntas sobre frases) require a comprensión do significado implícito das frases.

3.2.2. Habilidades de dominio específico

A avaliación das habilidades de dominio específico levouse a cabo desde as tarefas da BANEVHAR [46]. Esta batería proporciona puntuacións normalizadas (100,15), calculadas por nivel educativo, respecto á competencia individual do suxeito en contaxe, comprensión dos conceptos aritméticos, procesamento numérico e cálculo. Os índices de fiabilidade obtidos coa mostra de estandarización foron de .87 (contaxe), .82 (procesamento numérico), .75 (comprensión conceptual) e .84 (cálculo).

A escala de contaxe inclúe tres grupos de tarefas distintas nas que se avalía o coñecemento oral da cadea numérica con números non consecutivos cara adiante e cara atrás (comprensión da contaxe), a especificación de números anteriores e posteriores ao número facilitado de forma escrita (seriación) e un grupo de cinco tarefas que implican a contaxe verbal e de imaxes en condicións cronometradas (velocidade de contaxe).

A escala de procesamento numérico analiza a comprensión e a produción numérica en forma oral, verbal escrita e arábica. Un grupo de tres tarefas clásicas (comparación de magnitude) valora o procesamento da magnitude numérica en notación arábica, verbal e escrita. Outro grupo de seis tarefas (transcodificación) analiza todas as conversións posibles entre as tres notacións. As tres últimas tarefas da escala analizan o procesamento da estrutura complexa do número utilizando billetes de valores fixos (comprensión do valor numérico), a comprensión do número como unha secuencia estable solicitando establecer a orde dun conxunto de dez números con varias cifras (ordenación de números multidíxitos) e o valor da posición dos díxitos dentro do sistema numérico decimal (valor posición).

Coa escala de comprensión conceptual analízase implícita e/ou explicitamente a comprensión das operacións básicas, os principios aritméticos elementais, a comprensión semántica da cantidade, a estimación e a súa adaptación a tarefas novas. Nas dúas primeiras tarefas (comprensión operacional), solicítaselle ao neno ou nena que expoña por escrito de forma simple o que significa cada unha das operacións aritméticas e que

complete co seu símbolo aritmético cinco problemas. Coa proba de principios aritméticos avalíase a aplicación da propiedade conmutativa da suma e da multiplicación, o principio de $n + 1$, o principio de $n - 1$, o principio de $n \times 10$, o principio inverso da resta e da suma e o principio inverso da multiplicación e da división. A cuarta tarefa (comprensión da cantidade) avalía información numérica de tipo semántico. A quinta tarefa (estimación) avalía a capacidade para aproximarse con rapidez ao resultado correcto sen efectuar a conta. Na proba final (rutinas) avalíase, a través dunha tarefa implícita, a capacidade para derivar respostas exactas a ítems non rutineiros que inclúen fraccións, porcentaxes, potencias, conversión de decimais a fraccións, operacións con signos etc.

A escala aritmética de cálculo inclúe dúas tarefas que avalían a comprensión dos signos aritméticos de forma oral e escrita (procesamento operacional), catro tarefas nas que se avalían de forma separada a recuperación de feitos da suma, resta, multiplicación e división (aritmética mental) e catro tarefas coas que se avalía a recuperación dos feitos, regras e procedementos das catro operacións aritméticas (aritmética escrita).

3.3. Procedemento

As dúas baterías administráronselles ás e aos participantes en dúas sesións individuais diferentes nos seus colexios de orixe ao final do curso escolar. Na primeira sesión, levada a cabo durante o mes de maio, pasouse a batería CAS. Durante o mes de xuño completouse a avaliación coa BANEVHAR. A media de duración das sesións situouse ao redor de 1,5 horas para a primeira sesión e de 2 horas para a segunda. Dado que son dúas probas regradas e estandarizadas, seguíronse de forma explícita as instrucións de aplicación e de puntuación recollidas nelas.

3.4. Análise de datos

Para establecer perfís realizouse unha análise de covarianza multivariante (MANCOVA) controlando o grupo de idade das e dos participantes (intervalos de seis meses) para as puntuacións estandarizadas obtidas nas habilidades cognitivas (planificación, atención, procesamento simultáneo e procesamento sucesivo) e matemáticas (contaxe, procesamento numérico e comprensión conceptual) en función dos grupos de rendemento aritmético (3; DA, RT, AR) e o grao educativo (3; 4.º, 5.º e 6.º). No caso das habilidades de dominio específico tamén se utilizaron as puntuacións directas utilizando puntuacións directas de tarefas/grupos de tarefas incluídas nas escalas de

contaxe (comprensión da contaxe, seriación e velocidade de contaxe), procesamento numérico (comparación da magnitude nas notacións arábica, oral e verbal escrita, valor posición e transcodificación) e comprensión conceptual (comprensión de operacións, principios aritméticos e estimación).

4. Resultados

4.1. Rendemento cognitivo por grupos e por graos

O rendemento cognitivo dos grupos diferenciouse en planificación, $F(2,155) = 3.672$, $p = .028$, $\eta^2_{\text{partial}} = .045$; procesamento simultáneo, $F(2,155) = 3.672$, $p = .028$, $\eta^2_{\text{partial}} = .045$; e sucesivo, $F(2,155) = 9.956$, $p < .001$, $\eta^2_{\text{partial}} = .114$. O estudantado con DA obtivo significativamente menor puntuación media ca o do grupo con AR en planificación ($\Delta M = -10.256$, $p = .025$), procesamento simultáneo ($\Delta M = -21.234$, $p < .001$) e procesamento sucesivo ($\Delta M = -16.272$, $p < .001$). O grupo con DA tamén obtivo significativamente menor puntuación media ca o grupo con RT en procesamento simultáneo ($\Delta M = -10.117$, $p = .001$) e procesamento sucesivo ($\Delta M = -10.744$, $p = .001$). O grupo con RT obtivo significativamente menor puntuación media ca o grupo de AR en procesamento simultáneo ($\Delta M = -11.117$, $p = .001$).

Por grao educativo obtivéronse diferenzas significativas nas puntuacións medias de planificación, $F(2,155) = 4.674$, $p = .011$, $\eta^2_{\text{partial}} = .057$, e atención, $F(2,155) = 4.821$, $p = .009$, $\eta^2_{\text{partial}} = .059$. O estudantado de 4.º curso obtivo significativamente menor puntuación media ca o de 5.º ($\Delta M_{\text{plan}} = -9.012$, $p = .048$; $\Delta M_{\text{aten}} = -11.385$, $p = .009$) e 6.º curso ($\Delta M_{\text{plan}} = -17.290$, $p = .010$; $\Delta M_{\text{aten}} = -14.799$, $p = .038$) en ambos os procesos cognitivos.

Non se obtivo a interacción significativa grupo x grao educativo para ningunha das habilidades cognitivas.

4.2. Rendemento matemático por grupos e por graos

4.2.3. Puntuacións estandarizadas

Atopáronse variacións significativas de puntuación media por grupos para contaxe, $F(2,155) = 6.881$, $p = .001$, $\eta^2_{\text{partial}} = .082$; procesamento numérico, $F(2,155) = 17.995$, $p < .001$, $\eta^2_{\text{partial}} = .188$; e comprensión conceptual, $F(2,155) = 24.939$, $p < .001$, $\eta^2_{\text{partial}} = .243$.

En contaxe, os grupos DA e RT obtiveron significativamente menor puntuación media ca o grupo de AR ($\Delta M_{DA} = -16.634, p = .001$; $\Delta M_{RT} = -8.983, p = .040$). Nas habilidades de procesamento numérico e comprensión conceptual o grupo con DA obtivo significativamente menor puntuación media ca o grupo de AR ($\Delta M_{PN} = -22.752, p < .001$; $\Delta M_{CC} = -29.413, p < .001$) e ca o grupo con RT ($\Delta M_{PN} = -12.717, p < .001$; $\Delta M_{CC} = -14.350, p < .001$). Á súa vez, o grupo con RT obtivo significativamente menor puntuación media ca o grupo de AR ($\Delta M_{PN} = -10.034, p = .004$; $\Delta M_{CC} = -15.063, p < .001$).

Por grao educativo, as variacións significativas de puntuación media localizáronse para o procesamento numérico, $F(2,155) = 3.078, p = .049, \eta^2_{\text{partial}} = .038$. Nesta habilidade, o estudiantado de 4.º curso obtivo significativamente menor puntuación media ca o de 6.º ($\Delta M = -14.291, p = .045$).

Non se obtivo a interacción significativa grupo x grao educativo para ningunha das habilidades de dominio específico.

4.2.2. Cálculo

Os resultados mostraron variacións significativas nas puntuacións medias para a tarefa de comprensión da contaxe $F(2,155) = 3.809, p = .024, \eta^2_{\text{partial}} = .047$. O grupo con DA obtivo significativamente menor puntuación directa en comprensión ca o grupo de AR ($\Delta M = -3.399, p = .020$).

Tamén se produciron variacións significativas para o grao educativo sobre as puntuacións de comprensión, $F(2,155) = 4.805, p = .009, \eta^2_{\text{partial}} = .058$; seriación, $F(2,155) = 8.284, p < .001, \eta^2_{\text{partial}} = .097$; e velocidade, $F(2,155) = 5.432, p = .005, \eta^2_{\text{partial}} = .065$. O estudiantado de 5.º curso obtivo significativamente menor puntuación directa en comprensión ca o de 6.º curso ($\Delta M = -4.337, p = .007$). En seriación o alumnado de 4.º curso obtivo significativamente menor puntuación directa ca o de 5.º ($\Delta M = -1.015, p < .001$) e 6.º curso ($\Delta M = -1.392, p = .002$). En velocidade foi o estudiantado de 6.º curso o que obtivo un mellor rendemento en comparación cos de 4.º ($\Delta M = -33.389, p = .006$) e 5.º curso ($\Delta M = -43.607, p = .008$).

Ademais, obtívoase interacción significativa do grupo de rendemento aritmético x grao educativo para as puntuacións directas de seriación. Dentro do grupo de alumnado con DA o de 4.º curso tivo significativamente menor puntuación directa ca o de 5.º ($\Delta M = -2.127, p < .001$) e 6.º curso ($\Delta M = -2.615, p < .001$). Por grao educativo, en 4.º curso o estudiantado do grupo con DA tivo significativamente menor puntuación media ca o do grupo de AR ($\Delta M = -1.713, p < .001$) e RT ($\Delta M = -1.671, p < .001$).

4.2.3. Procesamento numérico

Obtivéronse diferenzas significativas por grupo nas puntuacións medias da comparación da magnitude verbal-escrita, $F(2,155) = 10.783$, $p < .001$, $\eta^2_{\text{partial}} = .122$; comparación da magnitude oral, $F(2,155) = 6.690$, $p = .002$, $\eta^2_{\text{partial}} = .079$; transcodificación, $F(2,155) = 11.960$, $p < .001$, $\eta^2_{\text{partial}} = .134$; e valor da posición, $F(2,155) = 6.876$, $p = .001$, $\eta^2_{\text{partial}} = .081$. En comparación coa magnitude verbal-escrita, o estudantado do grupo con DA tivo significativamente menor puntuación directa ca o alumnado do grupo de AR ($\Delta M = -1.437$, $p < .001$) e RT ($\Delta M = -.814$, $p = .002$). O estudantado do grupo con RT tamén tivo significativamente menor puntuación directa ca o alumnado con AR ($\Delta M = -.623$, $p = .044$). En comparación coa magnitude oral, o grupo con DA obtivo significativamente menor puntuación directa ca o grupo con AR ($\Delta M = -1.111$, $p = .001$). Na tarefa de transcodificación o grupo con DA obtivo significativamente menor puntuación directa ca o grupo de AR ($\Delta M = -5.484$, $p < .001$) e ca o grupo con RT ($\Delta M = -3.704$, $p < .001$). Na tarefa de valor posición o grupo con DA tivo significativamente menor puntuación directa ca o grupo de AR ($\Delta M = -1.959$, $p = .003$) e RT ($\Delta M = -1.398$, $p = .004$).

Por grao educativo as puntuacións medias variaron significativamente para as tarefas de comparación da magnitude verbal-escrita, $F(2,155) = 6.280$, $p = .002$, $\eta^2_{\text{partial}} = .075$; valor da posición, $F(2,155) = 4.364$, $p = .014$, $\eta^2_{\text{partial}} = .053$; e transcodificación, $F(2,155) = 5.580$, $p = .005$, $\eta^2_{\text{partial}} = .067$. O estudantado de 4.º curso obtivo significativamente menor puntuación directa ca o de 5.º e 6.º curso en comparación coa magnitude verbal-escrita ($\Delta M_{\text{quinto}} = -.911$, $p = .010$; $\Delta M_{\text{sexto}} = -1.618$, $p = .003$), transcodificación ($\Delta M_{\text{quinto}} = -2.914$, $p = .040$; $\Delta M_{\text{sexto}} = -6.003$, $p = .003$) e valor posición ($\Delta M_{\text{quinto}} = -1.400$, $p = .041$; $\Delta M_{\text{sexto}} = -2.477$, $p = .016$).

Obtívose a interacción significativa grupo de rendemento aritmético x grao educativo para a tarefa de transcodificación. No grupo de estudantado con DA o de 4.º curso tivo significativamente menor puntuación directa ca o de 5.º ($\Delta M = -5.252$, $p = .027$) e ca o de 6.º curso ($\Delta M = -11.382$, $p < .001$). Á súa vez, o de 5.º curso tamén tivo significativamente menor puntuación directa ca o de 6.º curso ($\Delta M = -6.130$, $p = .030$). Dentro do grupo con RT o de 4.º e de 5.º curso obtivo significativamente menor puntuación directa ca o de 6.º curso ($\Delta M_{\text{cuarto}} = -5.329$, $p = .004$; $\Delta M_{\text{quinto}} = -3.358$, $p = .009$). Por grao educativo, en 4.º curso o alumnado do grupo con DA tivo significativamente menor puntuación media ca o do grupo de AR ($\Delta M = -10.089$, $p < .001$) e RT ($\Delta M = -6.815$, $p < .001$). En 5.º curso, o estudantado con DA obtivo significativamente menor puntuación media ca o grupo con AR ($\Delta M = -6.357$, $p = .006$).

4.2.4. *Comprensión conceptual*

Nesta habilidade matemática as puntuacións medias das tarefas por grupos variaron significativamente en comprensión de operacións, $F(2,155) = 9.680, p < .001, \eta^2_{\text{partial}} = .111$; principios aritméticos, $F(2,155) = 14.452, p < .001, \eta^2_{\text{partial}} = .157$; e estimación aritmética, $F(2,155) = 10.217, p < .001, \eta^2_{\text{partial}} = .116$. En comprensión de operacións o grupo con DA tivo significativamente menor puntuación directa ca os grupos AR ($\Delta M = -2.424, p < .001$) e RT ($\Delta M = -1.687, p = .001$). En principios aritméticos o estudantado do grupo con DA tivo significativamente menor puntuación directa ca o alumnado do grupo de AR ($\Delta M = -2.224, p < .001$) e RT ($\Delta M = -1.171, p = .001$). O estudantado do grupo con RT tivo significativamente menor puntuación directa ca o alumnado con AR ($\Delta M = -1.053, p = .006$). Para a tarefa de estimación aritmética o grupo con DA tivo significativamente menor puntuación directa ca os grupos AR ($\Delta M = -1.489, p < .001$) e RT ($\Delta M = -.971, p = .001$).

Tamén se produciron variacións significativas nas puntuacións medias por curso nas tarefas de principios aritméticos, $F(2,155) = 4.001, p = .020, \eta^2_{\text{partial}} = .049$, e estimación aritmética, $F(2,155) = 3.937, p = .021, \eta^2_{\text{partial}} = .048$. En principios aritméticos o estudantado de 4.º curso obtivo significativamente menor puntuación directa ca o de 5.º ($\Delta M = -1.026, p = .036$) e 6.º curso ($\Delta M = -1.639, p = .030$). En estimación aritmética foi o alumnado de 4.º e 5.º curso quen significativamente menor puntuación directa obtivo en comparación co de 6.º curso ($\Delta M_{\text{cuarto}} = -1.444, p = .020$; $\Delta M_{\text{quinto}} = -.978, p = .043$).

5. **Discusión e conclusións**

Este estudo analizou comparativamente a contribución conxunta das habilidades cognitivas e de dominio específico ao rendemento aritmético mostrado por nenos e nenas con DA, AR e RT dos tres últimos graos da escola elemental española. De forma concreta, tratábase de explorar no contexto da aula ordinaria os perfís cognitivos e matemáticos existentes en función do seu rendemento aritmético previo.

5.1. **Caracterización da dificultade aritmética severa**

No dominio cognitivo os resultados dos nenos e nenas con DA sitúan o seu rendemento por baixo dos grupos con RT e AR en procesamento simultáneo e sucesivo, coincidindo con algunhas investigacións recentes con nenas e nenos con DA seleccionados con idades e criterios diversos e grupos control heteroxéneos [13, 30].

En canto ás variables executivas analizadas desde o modelo PASS, non se atoparon diferenzas de rendemento respecto ao grupo con RT. Estes resultados contrastan cos obtidos noutros estudos con mostras seleccionadas baseándose no seu rendemento matemático global nos que a planificación [1, 30] e a atención [12, 30] resultaron variables diferenciadoras. Estas diferenzas poderían deberse a que tales estudos utilizaron mostras con idades e criterios de selección máis amplos e/ou probas con contidos máis globais [12, 30]. A diferenciación da mostra en grupos de rendemento tamén achegou un resultado interesante nas variables executivas como é o menor rendemento en planificación do grupo con DA respecto ao grupo con AR. Non se coñecen estudos en cuxas análises comparativas se inclúan estes grupos tal e como son avaliados e seleccionados neste estudo.

No que se refire ás habilidades de dominio específico do grupo con DA, os datos obtidos de forma global apoian e estenden a estes graos educativos as conclusións da literatura vinculadas co rendemento deficitario en procesamento do número e comprensión conceptual tanto respecto ao grupo con RT [16, 32] coma de forma nova respecto ao grupo con AR.

No caso da contaxe, os resultados da puntuación estándar non parecen reflectir un déficit concreto, aínda que si se localizan diferenzas significativas respecto ao grupo con AR que a análise por tarefas focaliza na comprensión da contaxe cara adiante e cara atrás. Ademais, esténdense as dificultades á hora de seriar localizadas por Stock, Desoete e Roeyers [50] en 2.º curso ata o 4.º grao educativo. Neste estudo, as diferenzas localizadas respecto aos grupos con AR e RT non se poderían considerar, coma no estudo de Moll *et al.* [33], unha característica explícita do rendemento do DA na escola elemental, xa que en 5.º e 6.º curso o seu rendemento foi similar aos seus iguais.

A análise das tarefas numéricas achega datos que conflúen cos escasos estudos existentes no que se refire ao rendemento deficitario do alumnado con DA severas respecto aos seus iguais con RT no coñecemento do sistema numérico decimal [35, 13] e na transcodificación entre notacións [33]. No caso do procesamento da magnitude simbólica, os resultados obtidos indican que os nenos e nenas con DA severas, na liña do obtido por Iglesias-Sarmiento e Deaño [13], mostran dificultades para procesar o número na súa magnitude verbal escrita que, no caso da comparativa co grupo con AR, se estenden tamén ao procesamento do número na súa magnitude oral. A comparativa co grupo con AR tamén sinala un dominio inferior do coñecemento do sistema

numérico decimal e a transcodificación entre notacións. No caso da notación arábica, os resultados do estudo contradín os doutros estudos [34, 33], que a sitúan como unha característica intrínseca do alumnado con DA severas nestes graos educativos.

En relación coas dificultades conceptuais mostradas polos nenos e nenas con DA nestes graos, a análise por tarefas parece indicar que non dominan coma os seus iguais con RT e AR a comprensión de operacións e principios aritméticos e a utilización da estimación aritmética. Estes resultados apoian e estenden os datos de Anderson [35], quen subliñou déficits característicos no manexo de principios e na estimación aritmética entre 3.º e 6.º curso. Ademais, obsérvase que estas dúas habilidades conceptuais melloran para todo o alumnado durante este período educativo, mentres que hai un progreso específico no dominio dos principios aritméticos no grupo con DA na liña prevista por LeFevre *et al.* [27], con cambios que parecen levar os nenos e nenas cara a un maior coñecemento das estratexias no último grao educativo [51].

5.2. Caracterización do alto rendemento aritmético

No que se refire ao funcionamento cognitivo PASS do grupo con AR, os resultados sinalan o procesamento simultáneo como a única variable diferenciadora respecto ao grupo control con RT, en consonancia cos datos descritivos con alumnado superdotado utilizado na estandarización da batería CAS, que xa apuntaban o simultáneo como a variable na que se obtiña unha puntuación lixeiramente máis alta [5]. Os resultados tamén parecen confluír cos de estudos a partir de 3.º curso con nenas e nenos con AR seleccionados baseándose no seu rendemento matemático, que sinalaban a axenda visoespacial como unha das variables diferenciadoras respecto ao grupo control [43, 38].

Doutra parte, non se atoparon diferenzas significativas respecto ao grupo con RT nas variables executivas, en contraste cos resultados de Swanson [40] que, desde o constructo da memoria de traballo, sinalaba o executivo central como elemento diferenciador. Ademais do constructo teórico e das probas empregadas, nese estudo os graos educativos e a selección da mostra con AR e con RT foron diferentes e non se controlou especificamente a idade nin se utilizaron puntuacións estandarizadas.

No que se refire ás habilidades de dominio específico analizadas, o rendemento alcanzado polo grupo con AR foi significativamente máis alto ca o grupo con RT nas tres medidas estandarizadas: contaxe, procesamento do número e comprensión con-

ceptual. Estes datos son novos, xa que non se localizaron estudos comparables que recollan variables constituídas factorialmente.

A análise individual das tarefas matemáticas focaliza as diferenzas no procesamento da magnitude verbal escrita e ao redor do dominio dos principios aritméticos básicos. En contraste co estudo realizado por Geary *et al.* [43], no que se establecían diferenzas significativas en 1.º curso asociadas á tarefa de *number sets*, neste estudo non se aprecian diferenzas no procesamento da magnitude simbólica arábica. Isto pode deberse a que nos situamos nos graos finais da escola elemental, comparamos grupos con niveis de competencia aritmética media ou alta e a súa selección asociouse a tarefas aritméticas orais e escritas con números arábigos.

Un achado interesante é que no alumnado con AR as habilidades de dominio específico parecen estar consolidadas cando entran o 4.º grao educativo, mentres que os outros grupos continúan progresando ao longo dos graos analizados en aspectos como a seriación, a transcodificación e a utilización dos principios aritméticos. Nesta liña podería ser interesante estudar se o maior dominio alcanzado nestas variables matemáticas podería representar unha vantaxe para os nenos e nenas con AR cando se enfronten a tarefas novas, máis complexas ou formuladas, como o caso da resolución de problemas aritméticos, en formato oral ou verbal escrito.

En definitiva, este estudo trata de responder conceptual e metodoloxicamente a algunhas das necesidades establecidas pola literatura á hora de caracterizar o alto rendemento e a dificultade matemática respecto aos seus iguais na aula ordinaria [38, 29]. Con este fin o estudo sitúase nun dominio concreto, a aritmética, categoriza os grupos en función de criterios concretos desvinculándoos doutros trastornos ou categorías e controla especificamente a idade dos suxeitos. Ademais, empréganse probas estandarizadas que permiten contrastar o desenvolvemento normativo e acódece a puntuacións directas nas tarefas para comparar os resultados obtidos cos da literatura actual.

A caracterización da aula baseada en criterios como os utilizados parece diferenciar os grupos DA, AR e RT nun continuo de variables cognitivas e matemáticas concretas. Ademais, a caracterización dun grupo con AR non superdotado achega novos achados para ter en conta en investigacións futuras. En todo caso, sería interesante incorporar alumnado con baixo rendemento, superdotado ou con trastornos como o TDAH para achegarse á realidade exacta da aula. Tamén sería desexable contar cunha mostra máis heteroxénea no que se refire ás variables socioculturais, introducir outras variables que

a literatura foi tendo en conta como o rendemento lector ou as habilidades socioafectivas e, sobre todo, estender o estudo aos graos educativos anteriores co fin de profundar lonxitudinalmente na relación entre as variables co fin de deseñar intervencións temperás axustadas por idade e por grupo de rendemento.

6. Referencias

- [1] Iglesias-Sarmiento, V., Deaño, M. (2011). Cognitive processing and mathematical achievement: A study with schoolchildren between 4th and 6th grade of Primary Education. *Journal of Learning Disabilities*, 44(6), 570-583.
- [2] Das, J. P., Naglieri, J. A., Kirby, J. R. (1994). *Assessment of cognitive processes: The PASS theory of intelligence*. Boston, MA: Allyn & Bacon.
- [3] Meyer, M. L., Salimpoor, V. N., Wu, S. S., Geary, D. C., Menon, V. (2010). Differential contribution of specific working memory components to mathematics achievement in 2nd and 3rd graders. *Learning and Individual Differences*, 20, 101-109.
- [4] Naglieri, J. A. (2015). 100 years of intelligence testing: Moving from traditional IQ to second-generation intelligence tests. In S. Goldstein, D. Princiotta, J. A. Naglieri (Eds.), *Handbook of intelligence: Evolutionary theory, historical perspective, and current concepts* (pp. 295–316). New York, NY: Springer.
- [5] Naglieri, J. A., Das, J. P. (1997). *Cognitive Assessment System*. Itasca, IL: Riverside.
- [6] Das, J. P., Naglieri, J. A. (2001). The Das-Naglieri cognitive assessment system in theory and practice. In J.J.W. Andrews, D.H. Sakolfske, & H. L. Janzen (Eds.), *Handbook of Psychoeducational Assessment: Ability, achievement, and behavior in children* (pp. 34-64). San Diego, CA: Academic Press.
- [7] Deaño, M., Alfonso, S., Das, J. P. (2015). Program of arithmetic improvement by means of cognitive enhancement: An intervention in children with special educational needs. *Research in Developmental Disabilities*, 38, 352-361.
- [8] Iglesias-Sarmiento, V., Deaño, M., Alfonso, S., Conde, A. (2017). Mathematical learning disabilities and attention deficit and/or hyperactivity disorder: a study of the cognitive processes involved in arithmetic problem solving. *Research in Developmental Disabilities*, 61, 44-54.
- [9] Das, J. P., Misra, S. B. (2015). *Cognitive planning and executive functions. Applications in management and education*. New Delhi, India: SAGE.
- [10] Männamaa, M., Kikas, E., Peets, K., Palu, A. (2012). Cognitive correlates of math skills in third-grade students. *Educational Psychology*, 32, 21-44.
- [11] Garofalo, J. (1986). Simultaneous synthesis, regulation, and arithmetical performance. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 4(3), 229-238.

- [12] Cai, D., Li, Q. W., Ping, C. P. (2013). Cognitive processing characteristics of 6th to 8th grade Chinese students with mathematics learning disability: Relationships among working memory, PASS processes, and processing speed. *Learning and Individual Differences*, 27, 120-127.
- [13] Iglesias-Sarmiento, V., Deaño, M. (2016). Arithmetical difficulties and low arithmetic achievement: Analysis of the underlying cognitive functioning. *Spanish Journal of Cognitive Psychology* 19(e36), 1-14.
- [14] Butterworth, B. (2010). Foundational numerical capacities and the origins of dyscalculia. *Trends in Cognitive Sciences*, 14, 534-541.
- [15] Geary, D. C. (2011). Cognitive predictors of individual differences in achievement growth in mathematics: A five year longitudinal study. *Developmental Psychology*, 47, 1539-1552.
- [16] Noël, M.-P., Rousselle, L. (2011). Developmental changes in the profiles of dyscalculia: an explanation based on a double exact-and-approximate number representation model. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5, 165.
- [17] Gelman, R., Gallistel, C. R. (1978). *The child's understanding of numbers*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- [18] Hannula-Sormunen, M. M., Lehtinen, E., Räsänen, P. (2015). Preschool children's spontaneous focusing on numerosity, subitizing, and counting skills as predictors of their mathematical performance seven years later at school. *Mathematical Thinking and Learning*, 17(2-3), 155-177.
- [19] Linsen, S., Verschaffel, L., Reynvoet, B., De Smedt, B. (2015). The association between numerical magnitude processing and mental versus algorithmic multidigit subtraction in children. *Learning and Instruction* 35, 42-50.
- [20] Moeller, K., Pixner, S., Zuber, J., Kaufmann, L., and Nuerk, H.-C. (2011). Early place-value understanding as a precursor for later arithmetic performance—A longitudinal study on numerical development. *Research in Developmental Disabilities*, 32, 1837-1851.
- [21] Skwarchuk, S. L., Betts, P. (2006) An error analysis of elementary school children's number production abilities. *Australian Journal of Educational & Developmental Psychology*, 6, 1-11.
- [22] Dowker, A. (2005). *Individual differences in arithmetic*. Hove: Psychology Press.
- [23] Crooks, N. M., Alibali, M. W. (2014). Defining and measuring conceptual knowledge in mathematics. *Developmental Review*, 34 (4), 344-377.
- [24] Ploger, D. & Hetch, S. (2009). Enhancing Children's Conceptual Understanding of Mathematics Through Chartworld Software. *Journal of Research in Childhood Education*, 23, 267-277.

- [25] Baroody, A. J. (2006). Why children have difficulty mastering the basic number combinations and how to help them. *Teaching Children Mathematics*, 13, 22-31.
- [26] Cowan, R., Donlan, C., Shepherd, D.-L., Cole-Fletcher, R., Saxton, M., Hurry, J. (2011). Basic calculation proficiency and mathematics achievement in elementary school children. *Journal of Educational Psychology*, 103, 786–803.
- [27] LeFevre, J.- A., Greenham, S. L., Waheed, N. (1993). The development of procedural and conceptual knowledge in computational estimation. *Cognition and Instruction*, 11(2), 95-132.
- [28] Szűcs, D., Goswami, U. (2013). Developmental dyscalculia: fresh perspectives. *Trends in euroscience and Education*, 2(2), 33–37.
- [29] Peng, P., Wang, C., Namkung, J. (2018). Understanding the Cognition Related to Mathematics Difficulties: A Meta-Analysis on the Cognitive Deficit Profiles and the Bottleneck Theory. *Review of Educational Research*, 88(3), 434-476.
- [30] Kroesbergen, E. H., van Luit, J. E. H., Naglieri, J. A. (2003). Mathematics learning difficulties and PASS cognitive processes. *Journal of Learning Disabilities*, 36(6), 574-582.
- [31] Geary, D. C. (2004). Mathematics and learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 37(1), 4-15.
- [32] Shin, M., Bryant, D.P. (2015). A synthesis of mathematical and cognitive performances of students with mathematics learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 48(1) 96–112.
- [33] Moll, K., Göbel, S. M., Snowling, M. J. (2015). Basic number processing in children with specific learning disorders: Comorbidity of reading and mathematics disorders. *Child Neuropsychology*, 21, 399–417.
- [34] Landerl, K., Fussenegger, B., Moll, K., Willburger, E. (2009). Dyslexia and dyscalculia: Two learning disorders with different cognitive profiles. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103, 309–324.
- [35] Andersson, U. (2010). Skill development in different components of arithmetic and basic cognitive functions: findings from a 3-year lonxitudinal study of children with different types of learning difficulties. *Journal of Educational Psychology* 102(1), 115-134
- [36] Mabbott, D. J. & Bisanz, J. (2008). Computational skills, working memory, and conceptual knowledge in older children with mathematics learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 41(1), 15-28.
- [37] Piirto, J. (1999). *Talented children and adults: Their development and education* (2nd Ed.). Upper Saddle River, NJ: Merrill.

- [38] Leikin, M., Paz-Baruch, N., Leikin, R. (2013). Memory abilities in generally gifted and excelling in mathematics adolescents. *Intelligence*, 41, 566–578.
- [39] Leikin, M., Paz-Baruch, N., Leikin, R. (2014). Cognitive characteristics of students with superior performance in mathematics. *Journal of Individual Differences*, 35(3), 119-129.
- [40] Swanson, H. L. (2006). Cognitive processes that underlie mathematical precociousness in young children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 93, 239–264.
- [41] Wiklund-Hörnqvist, C., Jonsson, B., Korhonen, J., Eklof, H., Nyroos, M. (2016). Untangling the Contribution of the subcomponents of working memory to mathematical proficiency as measured by the national tests: a study among Swedish third graders. *Frontiers in Psychology*, 07: 1062.
- [42] Dark, V.J., & Benbow, C.P. (1991). Differential enhancement of working memory with mathematical versus verbal precocity. *Journal of Educational Psychology*, 83, 48–60.
- [43] Geary, D. C., Bailey, D. H., Littlefield, A., Wood, P., Hoard, M. K., Nugent, L. (2009). First-grade predictors of mathematical learning disability: A latent class trajectory analysis. *Cognitive Development*, 34, 411–429.
- [44] Star, J. R., Rittle-Johnson, B., Lynch, K., Perova, N. (2009). The role of prior knowledge in the development of strategy flexibility: the case of computational estimation. *Mathematics Education*, 41, 569-579.
- [45] Instituto Galego de Estatística (2017). *Análise do sector cultural [Analysis of the cultural sector]*. Santiago de Compostela: Author.
- [46] Iglesias-Sarmiento, V. (2009). *Dificultades de aprendizaxe no dominio aritmético e no procesamento cognitivo subxacente [Learning difficulties in the mastery of arithmetic and in the underlying cognitive processing]*. (Doutoral dissertation). Available from ProQuest database. (UMI Non. AAT 3386296)
- [47] Mazzocco, M.M.M. (2007). Defining and differentiating mathematical learning disabilities and difficulties. In D. Berch & M.M.M. Mazzocco (Eds.), *Why is math so hard for some children. The nature and origins of mathematical learning difficulties and disabilities* (pp. 29-47). Baltimore: Paul H. Brookes.
- [48] Gagné, F. (2005). From gifts to talents: The DMGT as a developmental model. In R. J. & Sternberg J. E. Davidson (Eds.), *Conceptions of giftedness* (2nd ed., pp. 98–119). New York, NY: Cambridge University Press.
- [49] Deaño, M., Alfonso, S, Fernández, M. J. (2006). O D.N:CAS como sistema de avaliación cognitiva para a aprendizaxe [The D.N:CAS as a cognitive assessment system of learning.]. In M. Deaño (Ed.), *Formación do profesorado para atender ás necesidades específicas de apoio educativo. XXXII Reunión Científica Anual.* (pp.159-182). Ourense, Spain: AEDES.

- [50] Stock, P., Desoete, A., Roeyers, H. (2010). Detecting children with arithmetic disabilities from kindergarten: Evidence from a 3-year longitudinal study on the role of preparatory arithmetic abilities. *Journal of Learning Disabilities*, 43, 250–268.
- [51] Lemaire, P., Lecacheur, M., (2002). Children's strategies in computational estimation. *Journal of Experimental Child Psychology* 82, 281–304.

Solución tecnológica para PREVIN-MAT

F. J. Ribadas-Pena, S. Gómez Meire,
E. Barreiro Alonso, I. Fernández Mariño e J. Rodeiro-Iglesias

Departamento de Informática, campus de Ourense, Universidade de Vigo

ribadas@uvigo.gal, sgmeire@uvigo.gal, enrique@uvigo.gal, irenefernandezmarino@gmail.com, jrodeiro@uvigo.gal

Este proxecto realiza a implementación tecnológica dun proceso de avaliación cognitiva e matemática de alumnado de idade escolar. Este proceso de avaliación é un estándar utilizado amplamente. Está composto por un conxunto de escalas, que á súa vez están compostas de probas e estas están formadas por exercicios. Un avaliador/a realiza unha avaliación cun alumno/a dirixindo o proceso de realización de todos os exercicios, tendo cada un deles unha mecánica diferente e un conxunto de características de execución e medición dos resultados específico. Os resultados e os datos de execución (como tempo, número de intentos ou número de erros) almacénanse para cada proba de cada avaliación para un posterior cálculo de cualificacións normalizadas para cada alumno/a. Esta ferramenta está construída nunha arquitectura cliente-servidor cun servidor Apache, linguaxe de programación PHP e base de datos MYSQL.

Palabras clave:

Tecnoloxía, avaliación, proceso cognitivo, matemáticas.

1. Introducción

Este subproxecto ten como obxectivo crear mecanismos tecnológicos de validación e de intervención a partir da investigación que se está a realizar no Departamento de Psicoloxía Evolutiva e Comunicación e no Departamento de Didáctica, Organización Escolar e Métodos de Investigación, concretamente no proxecto «O desenvolvemento

matemático dos estudantes ourensáns de educación infantil e primaria: claves para a intervención temperá (PREVIN-MAT)».

A investigación deste grupo consiste nunha avaliación do alumnado de colexios composta dun conxunto de probas que avalían aspectos do seu desenvolvemento cognitivo e matemático. Cada proba está dividida nun conxunto de exercicios estándar e dos cales se almacenan os resultados para posteriormente establecer medidas normalizadas para cada neno e nena.

O estudo realizado co alumnado dos colexios para dar soporte a esta investigación estase a facer dun xeito tradicional. Isto implica un esforzo moi alto en dedicación do persoal investigador, tanto na súa realización coma na captura dos datos utilizados para establecer resultados e a partir deles establecer estratexias de actuación.

A partir da información obtida de entrevistas e do traballo co persoal investigador do proxecto PREVIN-MAT, xunto con documentación sobre as probas estandarizadas que realizan na súa investigación, elaborouse unha ferramenta tecnolóxica que permita automatizar as probas cos nenos e nenas dunha forma sinxela e cómoda, tanto para o neno ou nena coma para a investigadora ou investigador que o supervisa. Con esta información, ademais, creouse e caracterizouse un catálogo de tipos de probas.

Este proxecto pretendía nun principio ir un pouco mais aló da mecanización das probas actuais, creando ferramentas que permitiran construír novas probas de forma automatizada a partir de parámetros de control que a persoa investigadora estableza no sistema. Desta maneira, a partir do catálogo de tipos de probas poderíase construír automaticamente para cada tipo delas un conxunto de probas a medida. Non obstante, unha vez comezado o proxecto, esta aproximación resultou inadecuada debido a que o conxunto de probas para mecanizar na ferramenta son un estándar que non se pode cambiar en ningunha das súas características, polo que non tiña sentido ningún elaborar unha ferramenta que permitise parametrizalas e modificalas para a súa execución.

A ferramenta creada neste proxecto rexistra información para poder ampliar o ámbito e a profundidade da investigación do proxecto PREVIN-MAT permitindo establecer novas liñas de investigación e ampliando o alcance das actuais. Toda a información obtida a partir da utilización da ferramenta gárdase nunha base de datos para poder realizar sobre ela estudos con maior profundidade nun momento posterior.

A creación desta ferramenta está centrada na facilidade de uso e na transparencia de cara ao seu uso polos nenos e nenas suxeitos de estudo. Creouse un sistema o máis economicamente viable para poder ampliar a súa implantación e poder chegar a moitos máis nenos e nenas.

2. Obxectivos

Os obxectivos desde proxecto expóñense a continuación como un conxunto de tarefas agrupadas en fases xunto cos elementos resultado e entrada de cada fase.

FASE 1. ANÁLISE DE PROBAS

T1.1. Caracterización das probas desde un punto de vista tecnolóxico

T1.2. Determinación das interfaces de entrada e saída de cada unha das categorías, así como da información que é necesario almacenar de cada proba

Entradas: documento impreso das probas realizadas (D1.1); entrevistas cos e coas responsables de avaliar (D1.2)

Saídas: catálogo das probas dividido en tipos de proba (D1.3); listaxe de entradas, saídas e información para gardar de cada tipo de proba (D1.4); listaxe de parámetros aplicables a cada un dos tipos de proba (D1.5); documento de visto e prace por parte do subproxecto 1 para os tipos de proba e de información asociada a cada proba que se vai construír (D1.6)

FASE 2. DEFINICIÓN DE MOTORES

T2.1. Co catálogo de probas, agrupamento en tipos tecnolóxicos

T2.2. Análise e determinación dos procesos da capa de vista, da capa de proceso e da capa de modelo

T2.3. Establecemento da arquitectura do sistema e das bases de datos precisas para almacenar os datos e garantir a súa recuperación óptima dependendo dos estudos posteriores do subproxecto 1

Entradas: documentos de saída da fase 1 do subproxecto 2 (D1.3, D1.4, D1.5, D1.6)

Saídas: documento de tipos de tecnoloxía de interfaces de entrada e de saída de datos (D2.1); documento coa determinación da comunicación entre vista, proceso e modelo para adquirir, procesar e almacenar a información de cada

proba (D2.2); documento coa definición de arquitectura e de base de datos para o sistema (D2.3)

A fase 3 modificouse na súa tarefa T3.1, tal e como se indicou na introdución, ao non ter sentido a construción dun motor de xeración automática de exercicios dado que estes son un conxunto perfectamente establecido e identificado de exercicios estándar que non se poden modificar, polo cal non é indicada a súa parametrización.

FASE 3. CONSTRUCCIÓN DOS MOTORES E VALIDACIÓN

T3.1. Construción dos exercicios de avaliación

T3.2. Verificación das probas co persoal do subproxecto 1

Entradas: documentos da fase 2 do subproxecto 2 (D2.1, D2.2, D2.3)

Saídas: código fonte (D3.1); manual de instalación (D3.2); documento de probas do sistema (D3.3)

FASE 4. EXPERIMENTACIÓN DE CAMPO

T4.1. Realización das probas e da avaliación do rendemento do sistema

Entradas: información obtida polas probas

Saídas: informe de resumo dos resultados obtidos (D4.1); documento de melloras e ampliación do sistema (D4.2)

3. Metodoloxía

O proxecto seguiu un proceso de desenvolvemento iterativo e incremental como o Proceso Unificado, o cal ten tres características principais [1, pp. 5-8]:

1. Dirixido por casos de uso. O proceso segue un fío de traballo que avanza a través dunha serie de fluxos que parten dos casos de uso.
2. Centrado na arquitectura. A medida que os casos de uso se especifican, descóbreanse máis detalles da arquitectura, o que se traduce na maduración de novos casos de uso ata dispoñer dunha arquitectura estable.
3. Desenvolvemento iterativo e incremental. O traballo divídese en partes máis pequenas onde cada unha delas é unha iteración. En cada iteración selecciónanse os casos de uso a traballar, resultando nun incremento no sistema total, o que aumenta as súas funcionalidades.

O Proceso Unificado repítese ao longo dunha serie de ciclos que, ao rematar, dan lugar a unha versión do produto. Este proceso consta de catro fases [1, pp. 10-12]:

- Inicio. Obtense unha descrición do produto final e preséntase a análise do negocio. Da mesma maneira, realízase o modelo de casos de uso simplificado e identifícanse os riscos.
- Elaboración. Especificanse en detalle os casos de uso e deséñase a arquitectura do sistema.
- Construción. Trabállase o produto ata conseguir un sistema completo. Ao final desta fase o produto contén todos os casos de uso.
- Transición. Durante esta fase o produto convértese nunha versión beta. Corríxense os erros e incorpóranse algunhas melloras.

Nestas catro fases lévanse a cabo as seguintes actividades durante a vida do proxecto:

- Fase de inicio. Defínese o problema, detallando os requisitos da ferramenta, prepárase e familiarízase co contorno. Ademais, realízase a planificación inicial e estúdanse as diferentes ferramentas precisas ao longo da vida do proxecto.
- Fase de elaboración. Defínense os casos de uso, os diagramas de clases e de secuencia, establécese o modelo entidade-relación para a base de datos e tamén un prototipo falso da aplicación.
- Fase de construción. Créase a base de datos e comezan a implementarse as funcionalidades da aplicación, ao mesmo tempo que se realizan as probas que garanten o seu correcto funcionamento.
- Fase de transición. Execútanse as probas globais e corríxense os erros atopados para garantir un comportamento óptimo da ferramenta, que converte a aplicación nunha versión beta.

Elixíuse o Proceso Unificado como metodoloxía de desenvolvemento porque unha das súas principais características reside na flexibilidade para seleccionar compoñentes do proceso que mellor se axusten ás necesidades ou aos requisitos do proxecto, á vez que se pode aplicar tanto a grandes coma a pequenos proxectos e á existencia dunha extensa documentación sobre a metodoloxía.

4. Resultados obtidos

A ferramenta resultado do proxecto utiliza unha arquitectura cliente-servidor de maneira que os clientes comunícanse cun servidor web HTTP (Hypertext Transfer Protocol) a través dun navegador. O servidor é o encargado de responder as peticións realizadas polos diferentes usuarios. Unha arquitectura cliente-servidor presenta principalmente os seguintes compoñentes [2, p. 161]:

- Servidor web. Aplicación que lle ofrece un servizo aos diferentes usuarios (clientes) e xestiona as súas interaccións co sistema.
- Clientes. Usuarios que lle realizan as peticións ao servidor e consomen os servizos que este proporciona a través dun navegador web.
- Conexión de rede. As peticións que os clientes lle realizan ao servidor fanse por medio do intercambio de peticións e respostas HTTP a través da rede.

Os sistemas baseados nunha arquitectura cliente-servidor dependen de que exista unha separación clara entre a presentación da información e a parte que inclúa a lóxica para realizar o procesamento desta información. En consecuencia, podemos diferenciar catro elementos [2, p. 469]:

- Presentación. É a capa encargada de presentar a información que visualizarán os clientes a través dos seus navegadores web.
- Xestión de datos. É a capa encargada de manexar a información intercambiada entre cliente e servidor.
- Procesamento. É a capa que implementa a lóxica e o modelo de negocio da aplicación.
- Base de datos. Almacena a información que se lle presentará aos clientes.

Para conseguir esta separación entre os elementos mencionados séguese o patrón de deseño MVC (Model-View-Controller), onde cada unha das capas que o conforman representa un elemento que procesa información. Estas capas son as seguintes [3, p. 36]:

- Modelo. Representa a lóxica de negocio. Encárgase de xestionar os accesos á información funcionando como un intermediario entre os datos e a base de datos na que están almacenados.
- Vista. Representa a información de forma gráfica para presentarllela aos clientes que utilizan a aplicación.
- Controlador. Funciona como intermediario entre a vista e o modelo, de forma que xestiona as interaccións do usuario ao solicitarlle os datos ao modelo e pasarllos á vista.

Realízase, pois, o proxecto coa creación dunha aplicación web que poida ser accedida desde internet mediante un navegador, desenvolvida no lado do servidor empregando a linguaxe PHP[4] e con MySQL[5] como sistema xestor de base de datos. Na parte cliente utilízase a biblioteca *bootstrap* [6] con HTML [7], CSS[8] e JavaScript [9]. O servidor web empregado será Apache.

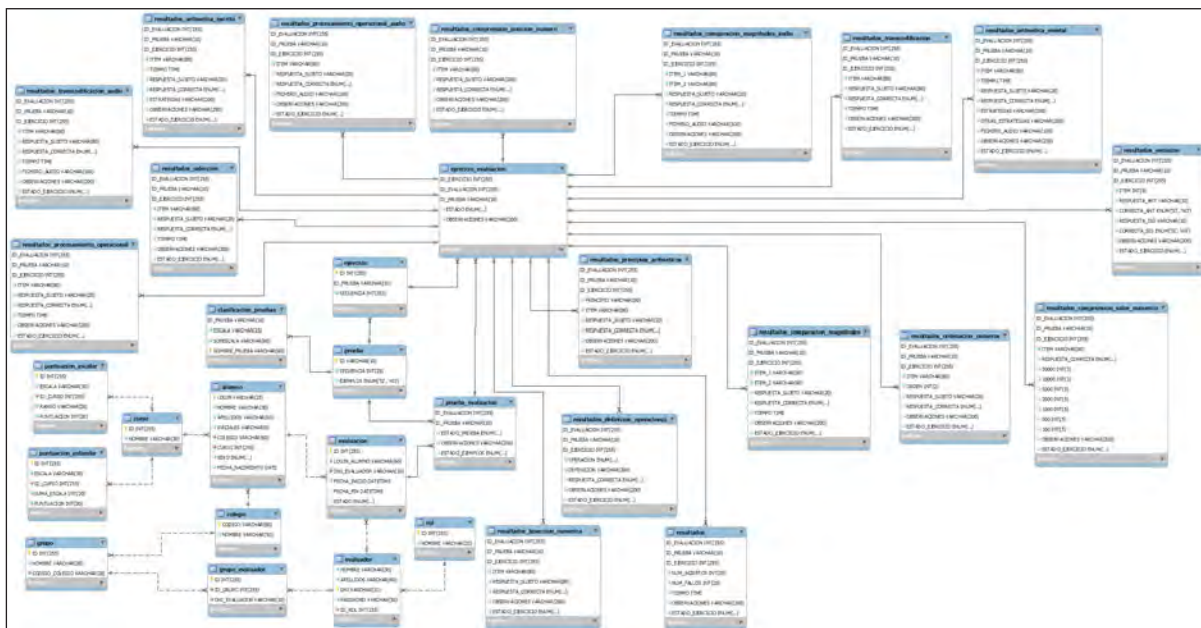


Figura 1: Estrutura da base de datos

4.1. Base de datos

A estrutura da base de datos móstrase na figura 1. Esta base de datos contén toda a información precisa para establecer o acceso á aplicación por parte dos actores que utilizan a súas funcionalidades, a estrutura das probas e exercicios precisos para realizar cada avaliación e os resultados de cada unha das avaliacións.

É importante indicar que dado que cada proceso de avaliación pode ter unha avaliación diferente na súa execución, dependendo das habilidades do alumnado avaliado e das decisións do avaliador/a, cómpre manter o estado de cada un dos exercicios e das probas que conforman a avaliación para poder seguir con ela, se esta se detén, noutro momento.

4.2. Interface

Para a interface de usuario (figura 2) decidiuse utilizar unha plantilla *bootstrap* sinxela e doada de usar por parte de nenos e nenas, buscando que ao mesmo tempo fora capaz de ofrecer todas as características precisas para executar as probas e os exercicios dos que consta a aplicación.

É interesante indicar que algúns exercicios precisan de funcionalidades adicionais para usar na parte cliente, como por exemplo almacenar o tempo que lle leva ao alumno/a facer un determinado exercicio desde que este se comeza ata que se remata. Este control de tempo, ademais, ten que gardarse nun formato concreto que é o esperado polo sistema de cálculo de cualificacións da avaliación.

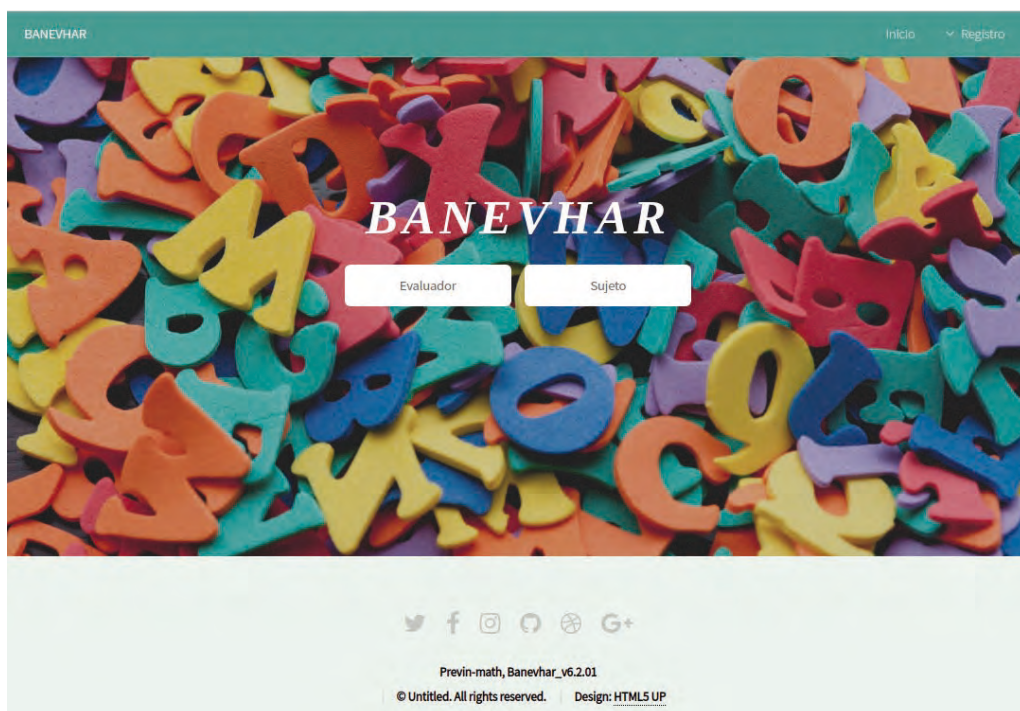


Figura 2: Páxina principal da aplicación

Unha característica deste proxecto é que ten que sincronizar a funcionalidade no cliente do alumno/a avaliado/a e no cliente do avaliador/a. O avaliador/a é quen leva o control da execución da avaliación, dálles comezo aos exercicios que o avaliado/a ten que realizar e establece os saltos entre exercicios ou probas segundo considere necesario. Isto lógrase con bandeiras na base de datos que son consultadas e modificadas polos clientes da avaliación.

Na figura 3 vese a páxina inicial do avaliado/a, na cal non existe autenticación de usuario/a, ao contrario ca no caso do avaliador/a. Isto débese a que o avaliador/a si que se ten que autenticar na aplicación mediante un nome de usuario e un contrasinal. O avaliador/a, unha vez autenticado na aplicación, pode escoller o alumno/a que vai rea-

lizar a avaliación e a partir de aí pode comezar unha avaliación nova ou retomar unha xa comezada anteriormente. Cando o avaliador/a ten unha avaliación comezada, no cliente do avaliado/a aparece directamente o exercicio que o avaliador/a decide que se realizará nese momento, pasando a partir de aquí a estar o control da avaliación exclusivamente en mans do avaliador/a, de xeito que o avaliado/a só pode realizar os exercicios que o avaliador/a autoriza e controla.



Figura 3. Páxina de inicio do avaliado/a

4.3. Probas e exercicios

A ferramenta tecnolóxica PREVIN-MAT ten dous tipos de actores. O primeiro destes actores é o avaliador/a. Un avaliador/a é un/unha profesional que dirixe os exercicios e a análise cognitiva estándar que compoñen unha avaliación. Para iso, unha vez autenticado e escollido un alumno/a para avaliar, comeza a realización dos exercicios co alumno/a, xa sexa desde unha avaliación nova ou continuando unha xa existente. O avaliador/a activa cada exercicio para que o alumno/a poida realizalo. Unha vez que este/a realice a proba, o avaliador/a pode poñer as súas observacións no exercicio, ao

mesmo tempo que se almacenan todos os datos relevantes da avaliación actual. Na figura 4 pódese ver o cliente dun usuario avaliador/a para o exercicio de contaxe de 0 a 30 de tres en tres oralmente por parte do alumnado. Neste exercicio en concreto, o avaliador/a pode marcar os números nos que se trabuca o alumnado e calquera observación que considere adecuado deixar indicada sobre a realización do exercicio.

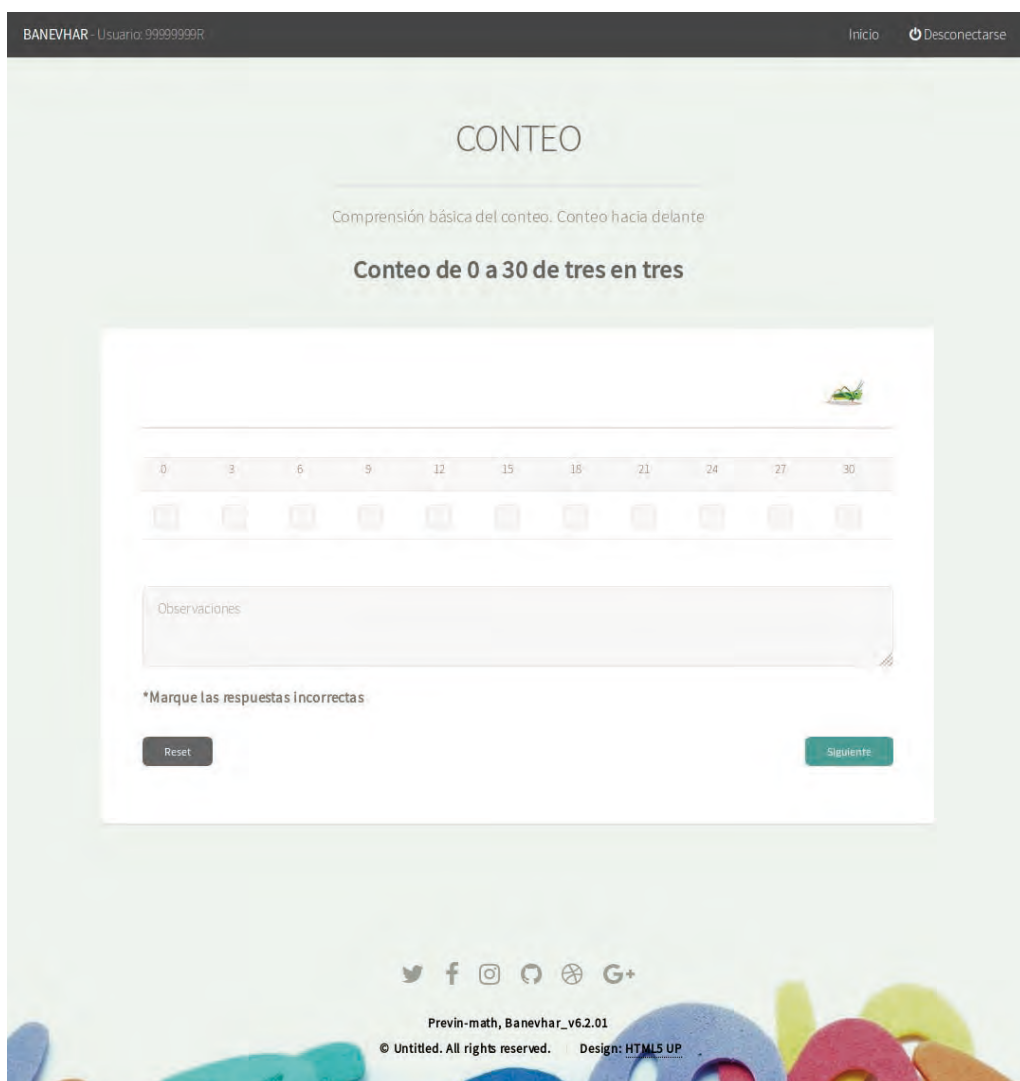


Figura 4: Vista avaliador do exercicio de contaxe de 0 a 30 de tres en tres

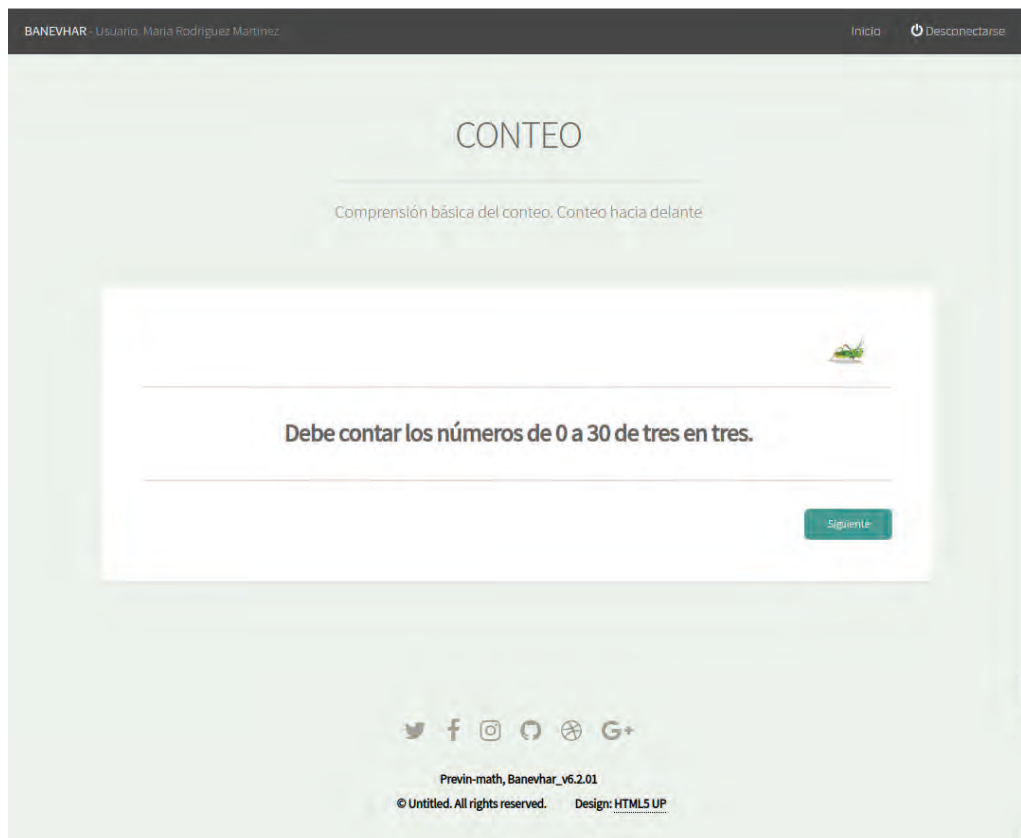


Figura 5: Vista avaliado/a do exercicio de contaxe de 0 a 30 de tres en tres

O outro actor do sistema é o alumno/a avaliado. Este/a entra na opción de avaliado/a na páxina principal da ferramenta e deseguido escolle o seu nome no despregable. Unha vez feito isto, e só se o avaliador/a ten iniciada unha avaliación co seu nome, apareceralle un exercicio para realizar (o que teña escollido o avaliador/a), como se ve na figura 5. O alumno/a avaliado realizará o exercicio tal e como se lle explica no enunciado do propio exercicio e, cando remate ou así llo indique o avaliador/a, pasará ao seguinte exercicio.

Ademais disto, o alumno/a avaliado pode, a petición do avaliador/a, saltar ao seguinte exercicio ou á seguinte proba. Isto é así porque o avaliador/a pode considerar que o alumno/a non está en condicións de realizar un determinado exercicio ou proba e prefire deixalo para outro momento.

The screenshot shows a web application interface for evaluating Maria Rodriguez Martinez. At the top, there is a header with the text 'BANEVHAR - Usuario: 99999999R' on the left and 'Inicio' and 'Desconectarse' on the right. The main content area has a title 'Evaluacion de Maria Rodriguez Martinez' and a subtitle 'Iniciada el 03/03/2020 a las 09:50'. Below this, there are two main sections: 'Conteo' and 'Seriación'. Each section contains a table with columns 'Prueba' and 'Estado', and an 'Acceder' button.

Prueba	Estado	
Conteo hacia delante	Terminado	Acceder
Conteo hacia atras	Terminado	Acceder

Prueba	Estado	
Ejemplos	-	Acceder
Seriacion	Pausado	Acceder

Figura 6. Vista da consulta en detalle do estado de probas e de exercicios

Como se poden deixar exercicios e probas para realizar no futuro, é importante que o avaliador/a poida saber cales son os exercicios que están rematados, os que aínda non se iniciaron e cales están en proceso de realización. Para iso, os grupos de exercicios agrúpanse tamén en escalas que pode consultar o avaliador/a en calquera momento. Cando un avaliador/a quere saber o estado no que se atopa unha avaliación realizada por partes, ten a posibilidade cando entra na aplicación de ver en cada unha das avaliacións que ten se están rematadas ou se están en proceso de avaliación. Se non están rematadas, pode entrar dentro delas para comprobar cal é o seu estado. O primeiro que atopa é unha agrupación de probas chamadas escalas, nas cales pode pulsar para ver o estado das probas que están en cada unha delas.

Estas escalas están relacionadas coas medidas de puntuación estándar establecidas a partir dos resultados obtidos na avaliación. Primeiro obtéñense puntuacións escalares correspondentes á velocidade de contaxe, contaxe, comprensión conceptual, procesamento numérico e cálculo, e a partir destas obtense unha puntuación estándar de escala completa por combinación de todas as anteriores.

BANEVHAR Inicio Registro

Registro Evaluador

Regístrate en el sistema para acceder a la aplicación

DNI

Contraseña

Nombre

Apellidos

Continuar

Volver

Twitter Facebook Instagram YouTube Google+

Previn-math, Banevhar_v6.2.01
© Untitled. All rights reserved. Design: HTML5 UP

Figura 7: Páxina de rexistro de avaliadores

Na figura 6 pode verse a desagregación para unha escala concreta do estado en que están cada unha das probas que a compoñen. E, dentro de cada unha das probas,

pode comprobarse tamén cal é o estado en que se atopa cada un dos exercicios para que o avaliador/a poida decidir en que punto retomar a avaliación.

Mentres o conxunto de probas e de exercicios non se complete, non finalizará a avaliación e calquera dos usuarios/as pertencentes ao mesmo grupo ca o avaliador/a inicial poderá continuar a avaliación co alumno/a desta.

Unha vez que unha avaliación estea completa, poderá cuantificarse a súa puntuación coa normalización escalar correspondente.

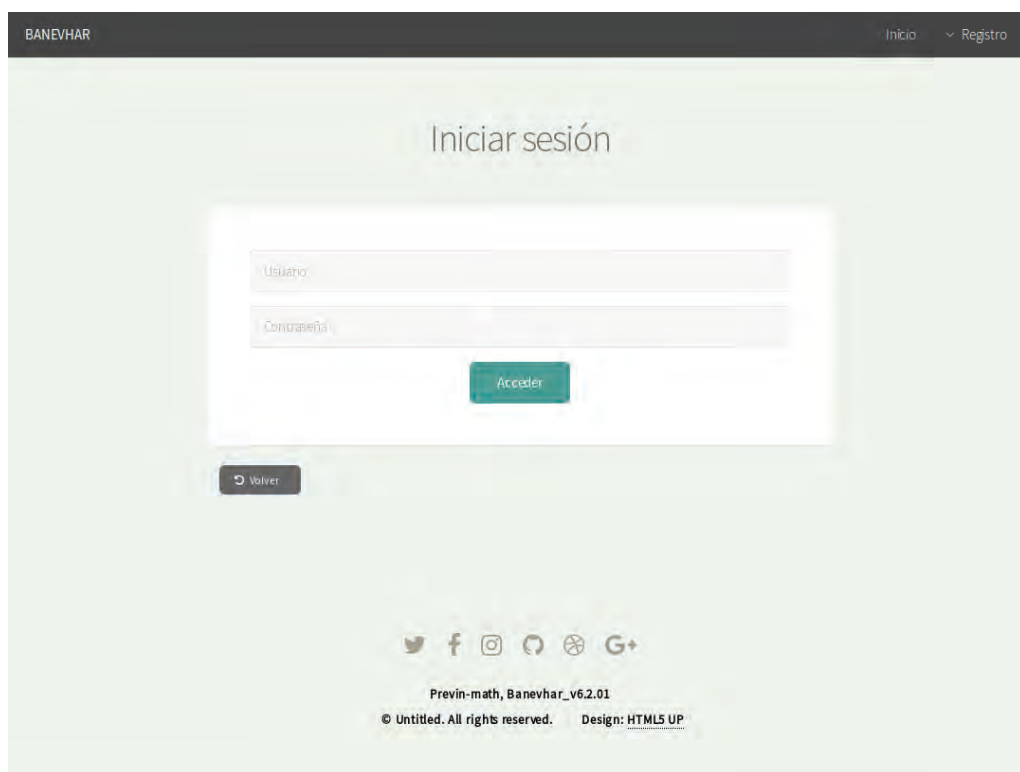


Figura 8. Páxina de autenticación dos avaliadores/as

4.4. Seguridade

A aplicación ten incorporada a autenticación dos avaliadores/as para garantir o acceso adecuado á información existente. Inclúe, ademais, unha xestión do alumnado avaliado de maneira que só o usuarios autorizados poidan acceder aos seus datos.

Os avaliadores/as poden rexistrarse (figura 7) para aforrarlles tempo aos administradores do sistema, en vez de que estes teñan que dalos de alta obrigatoriamente. Polo

tanto, os avaliadores/as fan un rexistro no sistema e a continuación os administradores poden validar ese rexistro ou rexeitalo para que non se poidan autenticar no sistema, ademais de poder asignarlles no mesmo proceso un grupo ao cal pertencer dentro da aplicación.

Tamén se pode facer un rexistro manual por parte do administrador dun novo avaliador/a e asignarlle un ou varios grupos aos cales pertencer.

Para poder acceder ás funcionalidades de avaliador/a un usuario/a debe pasar polo proceso de autenticación, como se pode ver na figura 8.

5. Conclusións

Este proxecto realizouse co fin de eliminar todos os procesos manuais relacionados coa confección e recollida de datos dos resultados da realización das avaliacións do alumnado en estudo. Proveuse dunha ferramenta que cumpre cos criterios e coas necesidades do persoal investigador, e garante unha xestión eficaz da información sobre o alumnado e os avaliadores/as. Tamén permite unha agrupación dos avaliadores/as por centros, o que simplifica a realización de avaliacións que se teñen que deixar retidas para continuar noutro momento.

Ademais disto, a aplicación permite a automatización da consecución dos resultados das avaliacións e a xeración dun ficheiro de intercambios cos resultados que é útil, tanto para informar os centros dos resultados do seu alumnado coma para realizar futuros traballos de investigación que exploten os resultados obtidos.

6. Referencias

- [1] I. Jacobson, G. Booch, J. Rumbaugh, El proceso unificado de desarrollo de software. Madrid: Addison Wesley, 2006.
- [2] I. Sommerville, Software Engineering, 9th ed. Boston. Pearson, 2011.
- [3] "CLIENTE-SERVIDOR - Mapa Mental". [En línea]. Disponible en: <https://www.mindomo.com/es/mindmap/cliente-servidor-17780098c75436987dae9b5181728cc>. Última visita: 28/2/2020.
- [4] «PHP: ¿Qué es PHP? - Manual». [En línea]. Disponible en: <https://www.php.net/manual/es/intro-what-is.php>.
- [5] «MySQL : Developer Zone». [En línea]. Disponible en: <https://dev.mysql.com/>.
- [6] «Bootstrap». [En línea] M. O. contributors Jacob Thornton, and Bootstrap. Disponible en: <https://getbootstrap.com/>.

- [7] «HTML documentation — DevDocs». [En línea]. Disponible en: <https://devdocs.io/html/>.
- [8] «HTML & CSS - W3C». [En línea]. Disponible en: <https://www.w3.org/standards/webdesign/htmlcss>.
- [9] «Fundamentos de JavaScript», Documentación web de MDN. [En línea]. Disponible en: https://developer.mozilla.org/es/docs/Learn/Getting_started_with_the_web/JavaScript_basics.
- [10] por E. B. en T. de Hosting, «Tipos de Servidores Web - Características, Ventajas y Desventajas», Infranetworking, 16-nov-2018. [En línea]. Disponible en: <https://blog.infranetworking.com/tipos-de-servidores-web/>.

Desenvolvemento de ferramentas para apoiar a calidade e a mellora continua no sector hoteleiro ourensán

D. Frade-Amil,** A. Borrajo,* T. R. Cotos-Yáñez,** E. Lorenzo,* A. Pérez-González,** R. Pavón,* M. A. Mosquera-Rodríguez,** L. Borrajo* e R. Laza*

**Departamento de Informática,
campus de Ourense, Universidade de Vigo. Subproxecto EPOCa*

***Departamento de Estatística e Investigación Operativa,
campus de Ourense, Universidade de Vigo. Subproxecto AMOCa*

rlaza@uvigo.gal, pavon@uvigo.gal, lborrajo@uvigo.gal, eva@uvigo.gal, abvieitez2@esei.uvigo.gal, diego.frade.amil@gmail.com, cotos@uvigo.gal, mamrquez@uvigo.gal, anapg@uvigo.gal

O obxectivo principal deste proxecto coordinado é extraer de forma automática datos de comentarios sobre hoteis da provincia de Ourense das plataformas Booking.com e Tripadvisor.es (dous importantes portais nos que se recollen as opinións dos e das turistas) para analizar posteriormente aplicando técnicas estatísticas e/ou de minaría de datos.

Medición e análise da reputación en liña (*on-line*) son dous conceptos que non se poden entender de maneira independente. O emprego de boas ferramentas para captar os datos é moi importante e complexo, debido ao volume de información presente (moitas opinións), á súa dispersión e heteroxeneidade nos mecanismos de captación, á presentación dos datos (datos procedentes de distintas plataformas de reserva con distintos formatos) e á escasa (a miúdo nula) estruturación dos datos. Neste senso, logrouse un grande avance pola obtención dun sistema funcional de extracción automática das características dos hoteis da provincia, ademais das opinións vertidas sobre eles.

Técnicas básicas e avanzadas de modelización estatística e de exploración ou minaría de datos (*data mining*) permitiron explicar a valoración global do usuario en

función da valoración dos diferentes servizos do hotel e dos comentarios de opinión sobre eles. Axustar un modelo que sirva para identificar tipoloxías de mensaxes ou temáticas de interese por parte dos e das hóspedes é unha ferramenta que achega información valiosa na toma de futuras decisións.

Palabras clave:

Big data, modelaxe de opinións, regresión xeneralizada, data mining.

1. Introducción

Na actualidade, o sector hoteleiro ourensán atópase nun excelente momento segundo os datos extraídos do Instituto Nacional de Estatística. Particularmente, segundo os datos difundidos recentemente, os hoteis da provincia aloxaron en febreiro 20413 persoas, e foi este o segundo mellor dato da última década a estas alturas do ano (soamente superado polos/as 22205 visitantes do ano 2018).

No ano 2017, o 70 % das reservas de aloxamento formalizáronse a través das plataformas en liña (*on-line*) segundo o estudo «Minerva Travel 2017» realizado por Google España [1]. Atendendo á mesma fonte, o 42 % busca información en liña do lugar visitado (que visitar, onde aloxarse, que actividades se poden realizar...) e, se se ten unicamente en conta a xente máis nova, esta porcentaxe increméntase ata o 74 %. Por esta razón, gozar dunha boa reputación en liña vai predispoñer futuros clientes e clientas para confiar nos produtos e nos servizos ofertados.

As plataformas en liña que permiten as reservas de aloxamento tamén comparten opinións de clientas e clientes que visitaron os establecementos con anterioridade. Estes datos poden ser explotados polos hoteis para detectar deficiencias e mellorar a calidade dos servizos prestados. Así tamén o identificaron D. H. Moya e J. Majó, os cales centraron a súa investigación en analizar as opinións recibidas por medios virtuais en 57 hoteis latinoamericanos. A partir destes comentarios, elaboraron un manual de boas prácticas con recomendacións sobre seis ámbitos hoteleiros (cuartos, alimentos e bebidas, recepción, centro de negocios, seguridade e xerencia) para optimizar a calidade nos hoteis e mellorar a reputación en liña [2]. Por tanto, a análise dos datos das interaccións producidas entre os clientes e clientas dos hoteis ofreceralles unha vantaxe competitiva sobre quen non o faga, xa que con elas e eles poden mellorar os servizos do hotel e espertar o interese de posibles clientas e clientes.

Medición e análise da reputación en liña son dous conceptos moi relacionados. O emprego de boas ferramentas para obter a información adecuada é moi importante e complexo debido ao gran volume de información manexada, ademais da heteroxeneidade dos datos. Neste senso, a explotación desta información implica a combinación de técnicas de procesamento de grandes volumes de datos (*big data*) e de análise estatística.

Segundo o estudo «Barómetro sobre la gestión de la satisfacción del huésped 2016» realizado por ReviewPro, o 67 % dos hoteis consideraron difícil xestionar a retroalimentación (*feedback*) proporcionada polas plataformas de reservas, e dous terzos destes establecementos consideraron eses datos difíciles de manexar, o que reforza a necesidade de ter ferramentas especializadas para facilitar a xestión da satisfacción da clientela.

Nos últimos anos, o uso de métodos estatísticos e de aprendizaxe automática orientados a resolver problemas emerxentes na análise de datos no sector turístico acadou un notable crecemento. Este feito reflectiuse no aumento do índice de impacto que teñen revistas científicas como *Tourism Management*, *Annals of Tourism Research* ou *Journal of Travel Research*. Por outra parte, a aparición e o aumento de plataformas web, onde o usuariado pode valorar a súa experiencia durante a súa estadía en establecementos hoteleiros, dotou o sector dun mecanismo efectivo para recoller información de especial importancia tanto para os xestores e xestoras dos establecementos coma para o futuro usuariado. De feito, o 86 % dos viaxeiros e viaxeiras non reservan aloxamento sen antes ler as opinións do usuariado sobre el (TripBarometer do ano 2017-2018).

As ferramentas de análise estatística, xunto coas de minaría de datos serven para atopar cales son os aspectos/características dun hotel do que falan as e os seus hóspedes. Técnicas básicas e avanzadas de análise clúster van permitir agrupar mensaxes ou características para identificar tipoloxías de mensaxe ou temáticas de interese por parte dos e das hóspedes. Finalmente, a minaría de datos vai permitir encontrar patróns que poidan achegar información valiosa na toma de futuras decisións [3].

Na seguinte sección preséntase o traballo levado a cabo no subproxecto EPOCa «Extracción e Preprocesamento de Opinións sobre a Calidade dos servizos prestados polo sector hoteleiro ourensán», na sección 3 descríbese o traballo desenvolvido no subproxecto AMOCa «Análise e Modelaxe de Opinións sobre a Calidade dos servizos

prestados polo sector hoteleiro ourensán» e, por último, a sección 4 estará dedicada ás conclusións extraídas dos resultados.

2. Subproxecto EPOCa: «Extracción e Preprocesamento de Opinións sobre a Calidade dos servizos prestados polo sector hoteleiro ourensán»

Big data é un termo que describe e engloba o gran volume de datos (tanto estruturados coma non estruturados), xunto coas técnicas, para tratar a súa explotación e entender a realidade. Isto fai que *big data* sexa tan útil e que, cunha cantidade tan grande de información, os datos se poidan moldear e analizar para poder identificar os problemas dunha forma máis comprensible.

Big data é unha gran mina para explotar debido á existencia dunha cantidade inmensa de datos almacenados que posúen un gran valor pero que necesitan ser tratados, refinados e preprocesados mediante ferramentas de analítica de datos. O preprocesamento de datos é fundamental para converter os datos almacenados en datos de calidade [4].

Google deseñou MapReduce [5], que se considera como a plataforma pioneira para procesar datos masivos, así como un paradigma para procesar datos mediante a división de ficheiros de datos. A pesar da súa popularidade, MapReduce e a súa versión de código aberto Hadoop [6] teñen limitacións en certos escenarios. Apache Spark [7] nace como unha alternativa que intenta darlles solución ás limitacións de MapReduce/Hadoop. Spark converteuse nunha das ferramentas máis potentes e populares no ecosistema do *big data*, grazas ás súas operacións de uso intensivo de memoria que lle permiten ser capaz de cargar datos en memoria e consultarlos rapidamente.

Algúns métodos de preprocesamento que se poden aplicar no contexto *big data* son discretización e normalización, extracción de atributos, selección de atributos, conversión de atributos, técnicas para o preprocesamento de texto... [4]

As plataformas de reserva en liña, grazas ao *big data*, posúen enorme cantidade de información que os propios clientes e clientas foron deixando en internet sobre os seus gustos, hábitos e preferencias. Un rastro que pode axudar o sector a personalizar os seus servizos e a adaptarse á demanda.

Por todo o indicado anteriormente, o obxectivo principal do subproxecto EPOCa é extracción de datos dos establecementos hoteleiros ourensáns da plataforma de reservas Booking e do portal de promoción turística TripAdvisor, así como as tarefas de pre-

procesamento que permitan a explotación dos datos obtidos desde un punto de vista estatístico. Ambas as plataformas ofertan unha API (*Application Programming Interface*, interface para o desenvolvemento de aplicacións) RESTful (*Representational State Transfer*, transferencia de representación do Estado), aínda que no caso de Tripadvisor non permite consultar comentarios e, doutra parte, en Booking o acceso á API está limitado a negocios hoteleiros. Neste senso, foi necesario acudir ao emprego de técnicas de *web scrapping*, que permitiron procesar as páxinas web de forma automática para obter a información desexada [8].

Para desenvolver o proxecto, empregouse como linguaxe de programación Java porque ultimamente os sitios web están a desenvolverse en JavaScript, o que supón un problema para a recollida de datos polas cargas asíncronas, polo que unha biblioteca necesaria é Selenium + Jsoup.

Selenium foi desenvolvido por SeleniumHQ. O obxectivo principal desta tecnoloxía é acceder a calquera sitio web mediante o uso dun controlador que permite a manipulación dun navegador, pero a medida que a cantidade de información na rede creceu, Selenium comezou a usarse para recoller información.

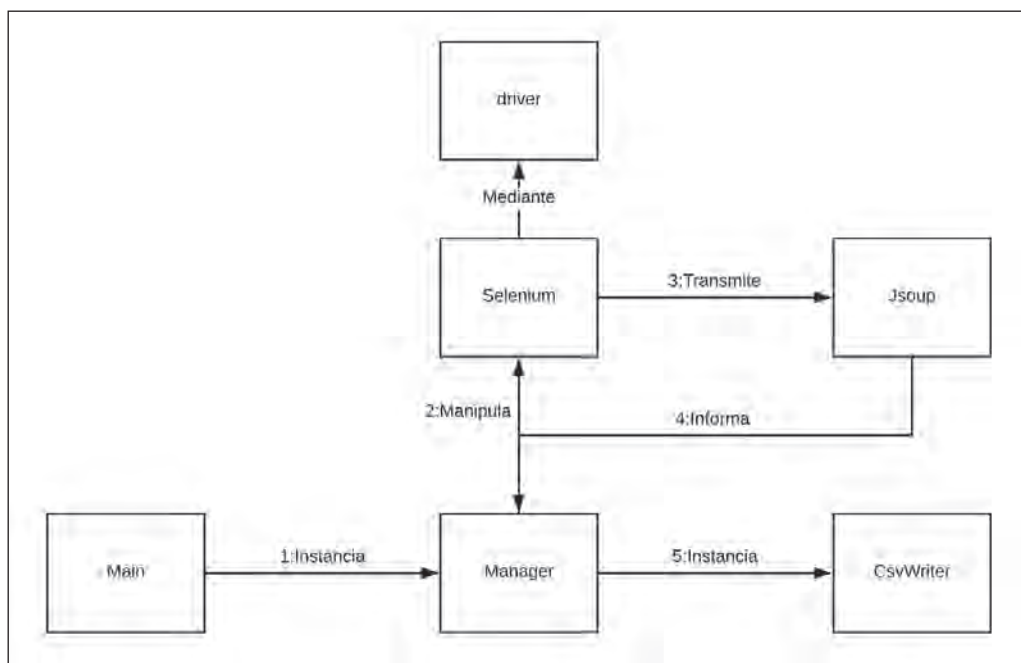


Figura 1. Arquitectura do sistema

Jsoup é unha biblioteca Java para traballar con HTML (*HyperText Markup Language*) do mundo real. Proporciona unha API moi cómoda para extraer e manipular datos, empregando o mellor de DOM (*Document Object Model*), CSS (*Cascading Style Sheets*) e métodos similares ao *jquery*.

Na figura 1 preséntase a arquitectura do sistema: o *main* é o encargado de instanciar un *manager* construído a través dun URL (o URL da provincia). No construtor do *Manager FirefoxDriver* (Selenium) instánciase co URL que lle chega como parámetro; o resultado é un Firefox aberto nese URL. A información deste Firefox envíase á biblioteca Jsoup; finalmente, o Firefox péchase e instanciáanse os CSV (véxase a figura 2).

```
final URL url = new URL( s: "https://www.tripadvisor.es/Hotels-g1768741-Province_of_Ourense_Galicia-Hotels.html");
Manager man = new Manager(url);

/**
 * Constructs a new instance of {@link Manager}
 *
 * @param url the URL of the province
 */
public Manager(URL url) {
    this.urlHotel = url;
    WebDriver driver = new FirefoxDriver();
    try {
        driver.get(url.toString());
        this.docHotel = Jsoup.parse(driver.getPageSource()).normalise();
    } finally {
        driver.quit();
    }
    this.csvDatasetWriter = new CSVDatasetWriter( csvDatasetPath: "prueba.csv");
    this.csvUbicationWriter = new CSVDatasetWriter( csvDatasetPath: "prueba-ubication.csv");
}
```

Figura 2. Código Java para instanciar un *Manager FirefoxDriver*

O comando *run ()* inicia a recollida de todos os datos da provincia. O primeiro que fai é saber cantas páxinas de hoteis ten esa provincia. Para isto, Jsoup permite pasar a través da árbore DOM empregando a clase *pagenum*. Desta forma, percorrerase cada

páxina e empregárase o *driver* de Firefox para conseguir os hoteis dispoñibles nesa páxina.

The image shows a screenshot of the Booking.com website. It features two hotel listings. The top listing is for 'Hotel Miño', which is marked as 'Patrocinado'. It shows a room with a bed, a price of 40€ (with a crossed-out 44€), and a 'Ver oferta' button. The listing also includes a rating of 232 opinions, free Wi-Fi, and a bar/salón. The bottom listing is for 'Barceló Ourense', marked as 'El mejor valorado' and 'Lo más reservado'. It shows a room with a desk and a bed, a price of 68€, and a 'Ver oferta' button. This listing also includes a rating of 277 opinions, free Wi-Fi, a special offer, and a 'Visitar sitio web del hotel' link. Both listings show prices from other travel agencies like Expedia, eDreams, and Agoda.

Figura 3. Información de dous hoteis dispoñibles en Booking

O *driver* cargará algo similar ao exemplo dos hoteis da figura 3, que para acceder á súa información ten que pasarlle os datos a Jsoup, e pasará por cada hotel para extraer os seus datos; para iso a árbore DOM percorrerase a través da clase *property_title*.

Unha vez almacenada toda a información, o seguinte que se obtén é a latitude e a lonxitude do hotel pola rúa onde está situado. Para iso emprégase a API de xeolocalización de Google, tal e como se pode ver na figura 4.

Outra información importante son os comentarios que se atopan ao final da páxina de cada hotel e que teñen, á súa vez, unha serie de páxinas de comentarios. Para cada páxina de comentarios abrírase un *driver* Firefox que amosará unha certa cantidade de comentarios que serán tratados por Jsoup.

```
String province = hotelDoc.getElementsByClass( className: "link").text().split( s: " ")[5];
defCsv.put( k: "nombreProvincia", province);

//Id of the location
int idLocation = Integer.parseInt(urlSplitted[1].substring(1));
defCsv.put( k: "idTripLocalizacion", idLocation);
//Name location
String nameLocation = hotelDoc.getElementsByClass( className: "ui_pill inverted").text();
defCsv.put( k: "nombreLocalizacion", nameLocation);

//Name hotel
String nameHotel = hotelDoc.getElementById("HEADING").text();
defCsv.put( k: "nombreHotel", nameHotel);
ubicationCsv.put( k: "nombreHotel", nameHotel);

if (!street.equals("")) {
    GeoApiContext context = new GeoApiContext.Builder()
        .apiKey("AIzaSyA4Nn-9ULHutLrGoANFUzHYAss0cmRrIu0")
        .build();
    FindPlaceFromText results = null;
    try {
        results = PlacesApi.findPlaceFromText(context, street, inputType).await();
    } catch (ApiException ex) {
        ex.printStackTrace();
    } catch (InterruptedException ex) {
        ex.printStackTrace();
    }
}
```

Figura 4. Código para obter a localización dun hotel

A información extraída das dúas plataformas indícase na táboa 1. En canto aos formatos de opinión, Booking recolle de forma separada os comentarios positivos e negativos de cada establecemento, xunto cunha puntuación nun rango de 0-10. Doutra parte, Tripadvisor non estrutura a opinión en aspectos a favor e en contra, e a puntuación atópase no rango de 0-5. Tendo en conta estas diferenzas, as tarefas de preprocesamento foron especialmente relevantes para os comentarios procesados. Á vista das particularidades detectadas no problema, o tratamento desta información fíxose empregando técnicas de manipulación de grandes volumes de datos (*big data*).

Tripadvisor	Booking
Localización	Localización
Nome da provincia (aínda que neste caso non sería necesario)	Nome da provincia (aínda que neste caso non sería necesario)
Identificador do hotel	Identificador do hotel
Nome do hotel	Nome do hotel
Categoría do hotel (estrelas)	Categoría do hotel (estrelas)
Servizos: aparcadoiro, piscina, almorzo, gardaría... [un total de 153 servizos clasificados con 1 (se posúe) e 0 (se non posúe)]	Categoría Booking (estrelas indicadas por Booking)
	Servizos: aparcadoiro, ceas temáticas, piscina, almorzo, chan de moqueta... [un total de 418 servizos clasificados con 1 (se posúe) 0 (se non posúe)]
Identificador de comentario (autoincremental)	Identificador de comentario (autoincremental)
Valoración total do hotel	Valoración total do hotel
Valoración total da localización	Valoración total da localización
Valoración total da limpeza	Valoración total da limpeza
Valoración total dos servizos	Valoración total das instalacións
Valoración total da relación calidade/prezo	Valoración total da relación calidade/prezo
Valoración individual do usuario/a	Valoración total da wifi
Identificador do comentario propio de Tripadvisor	Valoración total do persoal
Título do comentario	Valoración individual do usuario/a
Tipo de viaxe	Título do comentario
Comentario	Comentario positivo
Consellos	Comentario negativo
Votos útiles do comentario	Votos útiles do comentario
Data do comentario	Data do comentario
Usuario/a	
Número de contribucións do usuario/a	
Votos útiles do usuario/a	
Nivel de colaboración	

Táboa 1. Información extraída das plataformas Tripadvisor e Booking

A información almacenouse en arquivos CSV, os cales poderán ser analizados polo equipo do subproxecto AMOCa. Cómpre indicar que se xerou un arquivo CSV coa información de todos os comentarios de cada plataforma e, ademais, outros dous arquivos coa localización dos diferentes hoteis analizados.

3. Subproxecto AMOCa: «Análise e Modelaxe de Opinións sobre a Calidade dos servizos prestados polo sector hoteleiro ourensán»

Este proxecto cos datos obtidos dos comentarios sobre hoteis da provincia de Ourense das plataformas Booking e Tripadvisor (dous importantes portais nos que se recollen as opinións dos e turistas) obtén información aplicando técnicas estatísticas e/ou de minaría de datos.

Na seguinte sección repasarase o estado actual do sector hoteleiro na provincia de Ourense e describiremos brevemente os portais web TripAdvisor e Booking. Na subsección 3.1 describiranse os datos obtidos destas plataformas e empregaranse para aplicar as técnicas detalladas na subsección 3.2.

3.1. O sector hoteleiro ourensán

Segundo os datos do Instituto Galego de Estatística (IGE), no período comprendido entre agosto de 2018 e xullo de 2019 estímase que había abertos arredor de 160-170 establecementos hoteleiros en toda a provincia de Ourense. Estes déronlles emprego a máis de 600 traballadores/as e aloxamento a unha media mensual de 28800 usuarios/as, que realizaron unha estadía media inferior ás dúas noites. Se comparamos estes datos cos do ámbito autonómico e estatal, observamos que a estadía media na provincia de Ourense é similar ao dato galego, pero bastante inferior respecto ao estatal (figura 5 der.). No que respecta ao grao de ocupación, a situación é semellante,

Ourense atópase por debaixo dos datos galego e estatal (figura 5 esq.). Algo que si é semellante nos tres casos é a evolución da estadía media e da ocupación, que presenta uns altos índices nos meses do verán e valores máis baixos durante o inverno.

O IGE tamén ofrece datos do número de hoteis con estrelas localizados na provincia de Ourense no ano 2019 (véxase a táboa 2), xunto coa cantidade de cuartos e de prazas dispoñibles. Destaca que nesta provincia non se localiza ningún establecemento co máximo número de estrelas (5). Estes mesmos datos atópanse, ademais, disgregados por comarcas (véxase a táboa 3) e por concellos, onde se pode observar que só 38 dos 92 concellos teñen establecementos hoteleiros catalogados cunha ou máis estrelas.

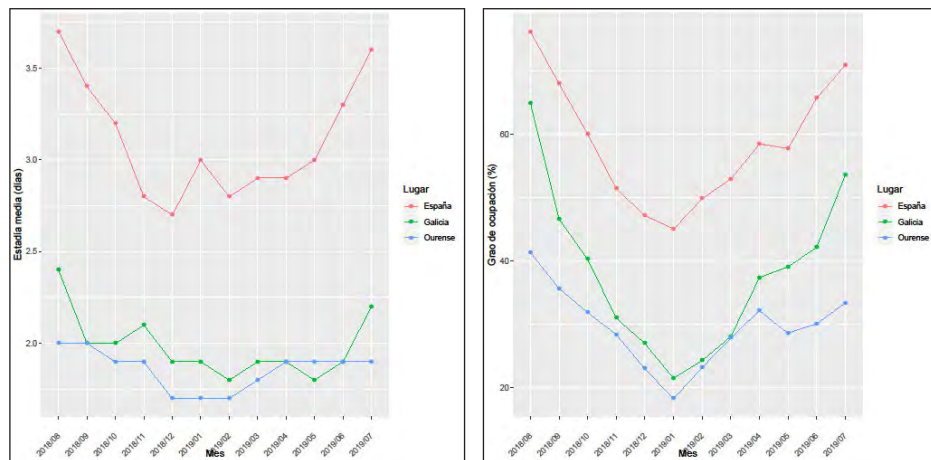


Figura 5. Comparativa da estadía media no ámbito provincial, galego e estatal (esq.), e comparativa do grao de ocupación no ámbito provincial, galego e estatal (der.)

Categoría	Establecementos	Cuartos	Prazas
5 estrelas	0	0	0
4 estrelas	15	837	1549
3 estrelas	8	219	500
2 estrelas	24	503	905
1 estrela	46	845	1528

Táboa 2. Datos dos hotéis con estrelas na provincia de Ourense

Lugar	Establecementos	Cuartos	Prazas
Allariz-Maceda	8	183	335
Baixa Limia	4	151	338
O Carballiño	10	256	563
A Limia	4	81	138
Ourense	32	1011	1793
O Ribeiro	5	188	370
Terra de Caldelas	4	35	44
Terra de Celanova	2	36	74
Terra de Trives	2	30	59
Valdeorras	10	192	329
Verín	4	83	162
Viana	8	158	277

Táboa 3. Datos dos hotéis con estrelas por comarca

3.2. Os portais *TripAdvisor* e *Booking*

3.2.1. *Análise descritiva*

Nesta sección resúmense as características dos establecementos hoteleiros da provincia de Ourense, así como as valoracións e os comentarios realizados polo usuario, información extraída das plataformas *TripAdvisor* e *Booking* e proporcionada polo subproxecto EPOCa (véxase a táboa 4). A grandes trazos, a información proporcionada das mencionadas plataformas consta de dúas partes:

- Os datos identificativos de cada establecemento rexistrado (nome, localización, categoría –no seu caso–); servizos ofertados, tanto no propio establecemento coma na súa contorna; e unha ou varias valoracións globais.
- Cada comentario achega a opinión do usuario/a; a súa valoración xeral e sobre diversas características; e, en maior ou en menor medida, información sobre o propio usuario/a.

A estes datos engádense os relativos ao número de cuartos e de prazas de cada establecemento, información que proporciona o directorio de empresas e de establecementos turísticos (Turismo de Galicia, 2019).

	TripAdvisor	Booking
Comentarios	5806	22227
Establecementos	154	137
Concellos	57	38
Cuartos	2148	1355
Prazas	4360	2740
Servizos	153	418

Táboa 4: Resumo dos datos totais extraídos de *TripAdvisor* e *Booking*

3.2.2. *Plataforma TripAdvisor*

Desta plataforma dispónse dun total de 5806 comentarios referidos a 154 establecementos hoteleiros, que se atopan distribuídos en 57 dos 92 concellos de Ourense e que teñen presenza en todas as comarcas da provincia (figura 6). O recuento do número de cuartos destes establecementos ascende a 2148 cuartos, que permiten aloxar un total de 4360 hóspedes (figura 7). *TripAdvisor* realiza unha clasificación dos hoteis en

estrelas tendo en conta a calidade dos seus servizos e das instalacións, unhas categorías que non teñen por que coincidir coas clases reais dos establecementos.

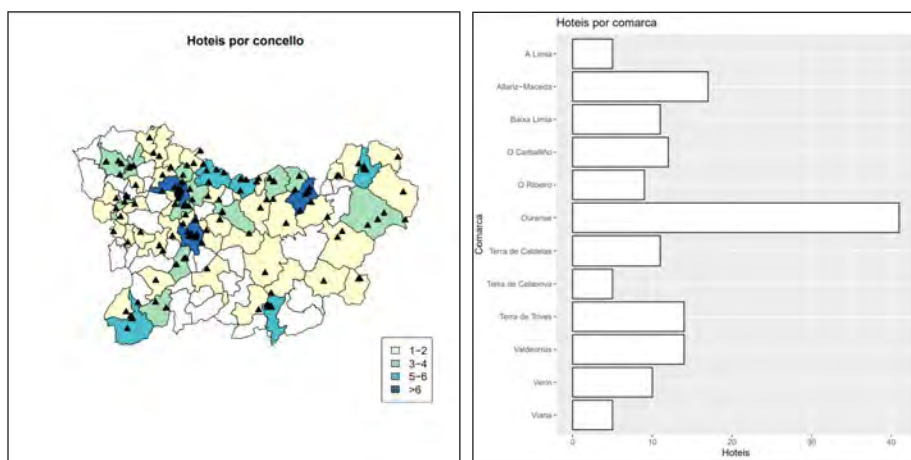


Figura 6. Comparativa da estadía media no ámbito provincial, galego e estatal (esq.), e comparativa do grao de ocupación no ámbito provincial, galego e estatal (der.)

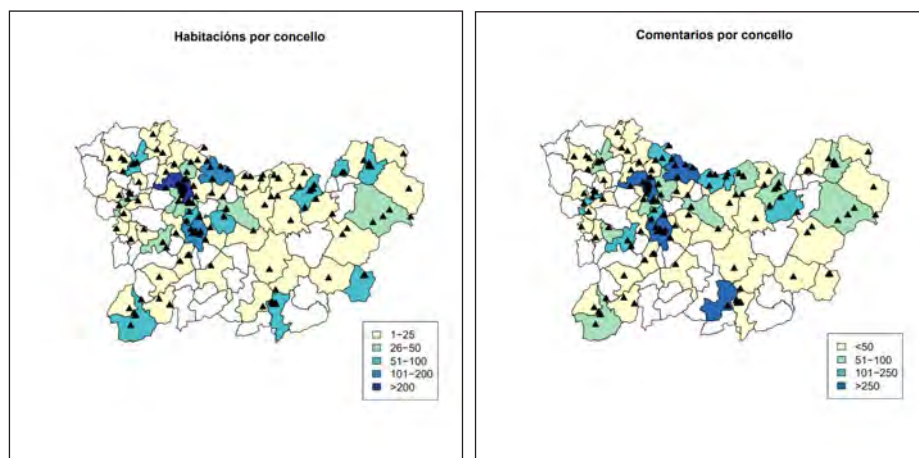


Figura 7. Comparativa da estadía media no ámbito provincial, galego e estatal (esq.), e comparativa do grao de ocupación no ámbito provincial, galego e estatal (der.)

As variables recollidas nesta plataforma poden dividirse en dous grupos:

- Información dos servizos. Trátase de 153 variables de tipo binario que indican os servizos ofertados polos establecementos como, por exemplo, se conta con restaurante, zona infantil, aparcadoiro de balde, internet de alta velocidade, piscina...

• Valoracións dos servizos. Puntúanse os seguintes aspectos:

- Valoración total do establecemento. Puntuación calculada como a media das valoracións individuais que realiza cada usuario/a.
- Valoracións da localización, limpeza, servizo e calidade-prezo. Valoracións xerais calculadas segundo as respostas dos usuarios/as.
- Valoración individual. Puntuación xeral que cada usuario/a lle outorga ao establecemento.

A puntuación individual toma valores enteiros entre 0 e 5, mais as restantes poden tomar valores intermedios. Hai nunha alta porcentaxe de casos nos que o usuariado dá unha valoración de 3 puntos ou superior.

Cada comentario ou opinión permite tamén extraer certa información sobre o usuario/a que o realizou:

- Tipo de viaxe. Clasifícanse en cinco categorías (negocios, parella, familia, amizades e só).
- Data de estancia. Período no que realizou a súa estancia no establecemento.
- Contribucións realizadas. Número de achegas do usuario/a en TripAdvisor.
- Votos útiles. Número de persoas que consideran útil as achegas do usuario/a.
- Nivel de colaboración. Categoría á que pertence o usuario/a en función dunha puntuación outorgada polas diversas achegas que se poden realizar (opinións, fotos, publicacións, votos útiles...). Consta de seis niveis: 1 (máis de 300 puntos), 2 (máis de 500), 3 (máis de 1000), 4 (máis de 2500), 5 (máis de 5000) e 6 (máis de 10000).

Atendendo á categoría do establecemento, as peores valoracións medias recíbenas en xeral os de dúas estrelas. Para establecementos sen categoría ou cunha estrela, as valoracións dos distintos aspectos son moi similares. Por outra parte, os hoteis de tres estrelas reciben a menor puntuación na valoración individual (que dá lugar á xeral do establecemento) e os de catro estrelas, na relación calidade-prezo. Neste último caso, contraponse á alta puntuación que reciben en canto á súa localización. Ao considerar as valoracións dos usuarios e usuarias segundo o tipo de viaxe, obsérvase que as puntuacións máis altas en todas as clases de viaxe adoitan ser para a localización dos establecementos. Pola contra, a relación calidade-prezo é a menos valorada nas viaxes en familia, parella ou de amizades e a valoración individual rexistra os datos máis baixos no caso de usuarias e usuarios que se desprazan por negocios ou só.

Na figura 8 pódese ver o número dos comentarios por concello (esquerda), así como a valoración media de cada municipio (dereita). Para calcular a citada valoración, tomouse a media das valoracións totais dos establecementos situados no correspondente concello, polo que tomará valores entre 0 e 5.

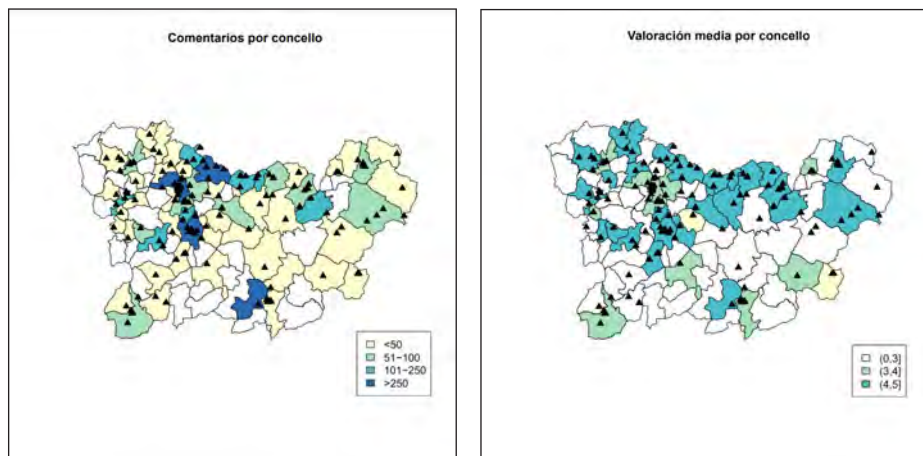


Figura 8. Comparativa da estadia media no ámbito provincial, galego e estatal (esq.), e comparativa do grao de ocupación no ámbito provincial, galego e estatal (der.)

3.2.3. Plataforma Booking

Desta plataforma extraéronse un total de 22227 comentarios relativos a 137 establecementos hoteleiros localizados en 38 dos 92 concellos cos que conta a provincia de Ourense (véxase a figura 9). A diferenza de TripAdvisor, non aparece rexistrado ningún establecemento en Booking localizado na comarca da Terra de Celanova.

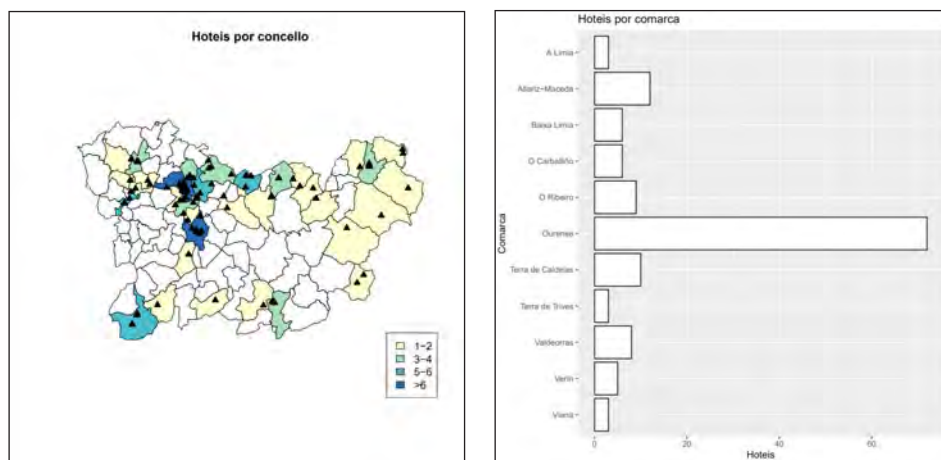


Figura 9. Número de establecementos por concello (esq.) e comarca (der.) rexistrados en Booking

O número de cuartos e de prazas dos establecementos ourensáns rexistrados en Booking ascende a 1355 e 2740, respectivamente, (véxase a figura 10). Esta plataforma clasifica os hotéis en función das súas estrelas e crea tamén categorías para os apartamentos ou vivendas de uso turístico rexistrados.

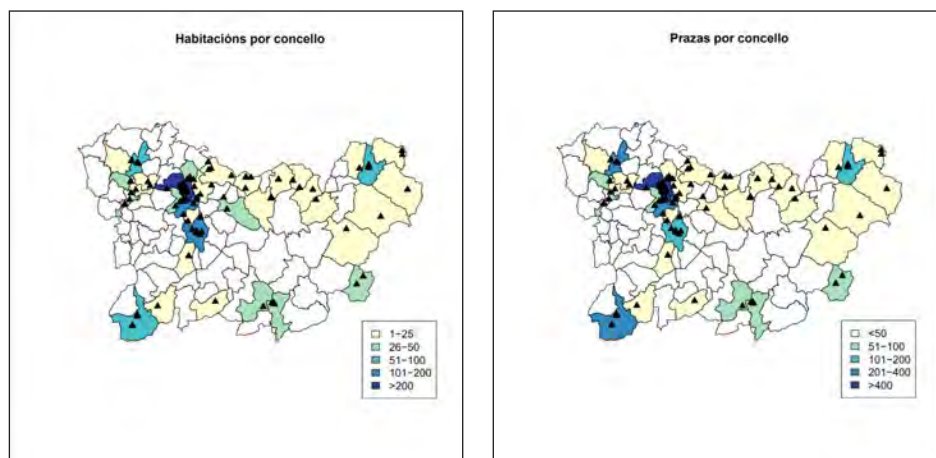


Figura 10. Número de establecementos por concello (esq.) e comarca (der.) rexistrados en Booking

Os dous grupos de variables recollidos en Booking son:

- Información dos servizos. Son 418 variables binarias que indican os servizos ofertados polos establecementos como, por exemplo, aparcadoiro público, conexión a internet, piscina, idiomas de atención á clientela...
- Valoracións dos servizos. Avalíanse oito aspectos (establecemento en xeral, persoal, instalacións/servizos, limpeza, confort, relación calidade-prezo, localización e wifi gratuita), aos que se engade unha valoración que fai de xeito individual cada usuario ou usuaria.

Neste caso, as valoracións están puntuadas entre 0 e 10, e poden tomar calquera valor intermedio. Obsérvase que estas superan os 5 puntos na totalidade ou nunha porcentaxe moi elevada dos casos. Convén engadir, ademais, que a valoración xeral do establecemento se calcula como a media das valoracións individuais dos usuarios/as, motivo polo cal non aparece reflectida explicitamente na citada figura, como tamén ocorría en TripAdvisor.

Ao considerar as valoracións medias do usuariado por categoría de hotel e de apartamento, obsérvase que os establecementos de catro estrelas de ambos os tipos obtéñen en xeral as puntuacións máis altas en todos os aspectos valorados.

Agora, a información do usuario/a que se pode obter límitase a un nome que non se corresponde cun usuario/a rexistrado ou único e a unha data de aloxamento. Ademais, para poder opinar en Booking, o usuario/a debe reservar ou hospedarse previamente no establecemento. Isto non ocorre en TripAdvisor, onde calquera persoa pode deixar a súa opinión sen necesidade de ter estado no establecemento. Do mesmo xeito ca antes, represéntanse o número de comentarios e a valoración media por concello na figura 11; esta última toma valores entre 0 e 10.

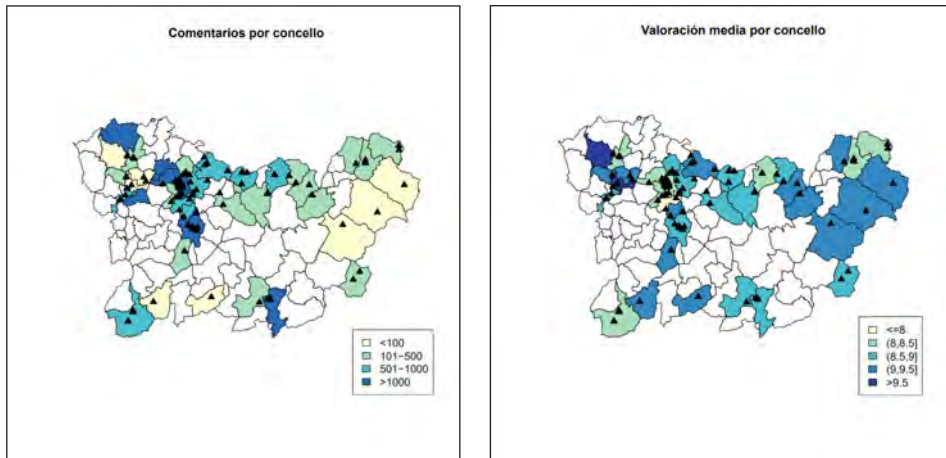


Figura 11. Número de establecementos por concello (esq.) e comarca (der.) rexistrados en Booking

3.3. Análise das opinións

As opinións do usuariado recollidas nas plataformas TripAdvisor e Booking contan cunha parte cuantitativa, correspondente ás puntuacións realizadas aos distintos aspectos do establecemento; e unha cualitativa, a relativa á experiencia da súa estancia no hotel que está reflectida no comentario realizado.

Para o tratamento dos comentarios, empregouse unha técnica de minaría de textos denominada análise de sentimentos, que permite converter textos en variables cuantitativas indicando o sentimento global do comentario.

Unha vez transformados os comentarios en variables numéricas, aplícanse modelos para estudar a valoración do sector hoteleiro.

3.3.1. Análise de sentimentos

A técnica de análise de sentimentos permitiu extraer unha valoración nunha escala continua dos comentarios do usuariado. A partir desta escala púidose modelar a valoración global do establecemento en función do comentario.

De forma xeral, unha vez dada unha opinión transfórmase en palabras recollidas nun dicionario onde previamente se lles asignou un valor ou unha clase de opinión.

Aínda que de xeito xeral se poida denominar análise de contido semántico, empregárase calquera das dúas denominacións para referirse a unha técnica de minaría de textos consistente en clasificar de xeito automático textos (ben sexan documentos enteiros, parágrafos, frases...) en función da información que conteñan. No noso caso, dado que as opinións adoitan ser positivas ou negativas, trátase de extraer a polaridade de cada comentario. Para calcular esta polaridade, botárase man de dicionarios ou listaxes de palabras positivas e negativas, coas cales se comparará cada termo do comentario. As palabras que conforman os dicionarios teñen asociados valores -1 e 1 considerando termos negativos e positivos, respectivamente. O procedemento xeral (véxase a figura 12) consiste en atopar para cada comentario os termos que aparecen no dicionario, convertelos nos valores numéricos asociados e, posteriormente, transformatos nun valor s .

$$\text{sentence} \Rightarrow \begin{pmatrix} word_1 \\ word_2 \\ \vdots \\ word_k \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_k \end{pmatrix} \Rightarrow s$$

Figura 12. Esquema de funcionamento da análise de sentimentos

Como resultado, obtérase un valor numérico comprendido no intervalo $[-1, 1]$. O *software* estatístico R [9] dispón dunha serie de paquetes que permiten realizar esta análise como, por exemplo, *syuzhet*, *Rsentiment*, *sentimentr* ou *SentimentAnalysis* (véxase [10] e referencias dentro). Os dous últimos foron os empregados neste traballo, pois están baseados nos monogramas, é dicir, toman cada termo do comentario para comparalo co dicionario, a diferenza doutros que poden tomar combinacións de dous, tres ou máis termos (n-gramas).

3.3.2. *SentimentAnalysis*

Nun primeiro momento, utilízase *SentimentAnalysis*, realizando unha serie de tarefas previas á súa execución, denominadas preprocesamento. Nas técnicas de minaría de datos os comentarios adoitan almacenarse nunha especie de base de datos para

xestionar posteriormente. Esta colección recibe o nome de corpus [11]. Neste inclúen-se unicamente os comentarios escritos en lingua castelá, que conforman a porcentaxe máis alta. Unha vez elaborado o corpus, aplícanse distintos métodos de limpeza e de estruturación para un conxunto máis simplificado para posteriores análises. Entre as transformacións máis comúns están a conversión de maiúsculas en minúsculas, a eliminación das *stopwords* (as palabras máis frecuentes dunha lingua), signos de puntuación, números e espazos en branco innecesarios, e a lematización (*stemming*) ou transformación a lemas das palabras que compoñen os comentarios [11]. Ademais, tamén adoita ser habitual eliminar os termos cun número reducido ou relativamente grande de caracteres, xa que a información que achegan adoita ser ínfima. Unha vez depurado o corpus, acostúmase a crear a matriz de documentos-termos, cuxas filas se corresponden cos documentos (neste caso, comentarios) e as columnas cos termos ou palabras, xa que moitas aplicacións toman a devandita matriz como parámetro de entrada. Na táboa 5 recóllense as dimensións (é dicir, comentarios e termos) das matrices resultantes para os datos de TripAdvisor e de Booking. A modo ilustrativo, a figura 13 mostra, en forma de nubes de palabras, os termos máis frecuentes nos comentarios extraídos das mencionadas plataformas.

Plataforma	Comentarios (filas)		Terminos (columnas)
TripAdvisor	5739	17637	
Booking	20064	11255	

Táboa 5. Dimensións das matrices de documentos-termos para cada plataforma

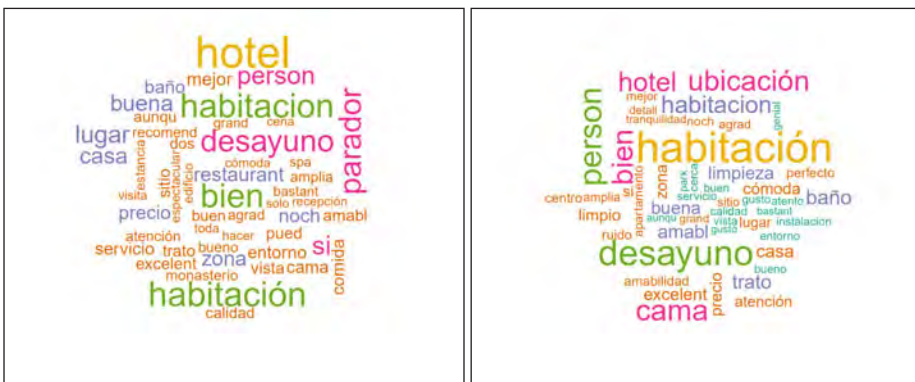


Figura 13. Termos máis frecuentes nos comentarios de TripAdvisor (esq.) e de Booking (der.)

De forma xeral, *SentimentAnalysis* devolve para cada texto e cada dicionario empregado os seguintes valores continuos:

- Puntuación de sentimento

$$\frac{\#positivo - \#negativo}{\#all}$$

onde *#positivo* e *#negativo* se refiren ao número de palabras positivas e negativas do dicionario empregado que aparecen no texto, respectivamente; e *#all* ao número de «palabras significativas» (substantivos, adxectivos, verbos, adverbios) do texto. Cómpre destacar que a puntuación está no intervalo [-1; 1] e que o valor 0 indica que hai tantas palabras positivas coma negativas.

- Puntuación de negatividade

$$\frac{\#negativo}{\#all}$$

tomando valores en [0; 1].

- Puntuación de positividade

$$\frac{\#positivo}{\#all}$$

tomando valores en [0; 1].

- Ratio

$$\frac{\#positivo + \#negativo}{\#all}$$

SentimentAnalysis conta con varios dicionarios, dos cales tomamos o *Harvard-IV* (referido como *DictionaryGl*), conformado por dúas coleccións de palabras positivas e negativas, respectivamente (táboa 5). Ademais, tomamos o léxico de opinión de Hu e Liu [12], que tamén está constituído por dúas coleccións de palabras negativas e positivas [12] (táboa 6). Xa que estes dicionarios recollen termos en inglés, tivemos que realizar a súa tradución para poder empregalos en castelán.

Palabras	DictionaryGI		Hu e Liu	
Positivas	1637	44,95 %	2005	29,55 %
Negativas	2005	55,05 %	4780	70,45 %
Total	3642		6785	

Táboa 6. Datos dos dicionarios

Na figura 14 obsérvase o resultado de estimar a densidade dos sentimentos ou do contido semántico (proporcionado pola rutina *analyzeSentiment()* de *SentimentAnalysis*) en función de distintos valores da valoración individual. Destácase que, empregando calquera dos dous dicionarios arriba mencionados, se obteñen polaridades moi próximas ao 0. As curvas de densidade están moi solapadas, polo que o carácter predictivo do sentimento é escaso. Isto é, dado un valor calquera do sentimento/polaridade, non se pode distinguir a que valor da puntuación individual se corresponde. Esta mesma situación ocorre cando empregamos os datos de Booking.

Estes malos resultados manifestan algúns problemas que apareceron:

- Eliminar as *stopwords* pode cambiar o sentido do comentario. Por exemplo, onde nun primeiro momento está a frase «No recomendaría este sitio» (comentario claramente negativo), descartando eses termos máis comúns do idioma queda a frase «Recomendaría sitio», que parece indicar algo positivo.
- A lematización en castelán non é perfecta, pois non reduce a lemas todas as palabras e, ás veces, faino de xeito «estraño». Para mostra, na figura 14 obsérvanse varios termos que comparten unha raíz ou un lema común, e que se deberían considerar como un único, e outros cuxa redución resulta «estraña» ou «absurda». Por exemplo, no caso de TripAdvisor *buena*, *bueno* e *buen* comparten a raíz *buen*, termo ao que se deberían reducir as dúas primeiras palabras. No caso de Booking, atopamos *aunqu**, lematización absurda de *aunque*.
- A polaridade e o dicionario empregado. A alta densidade de comentarios cuxo sentimento se sitúa arredor do valor 0 fai pensar que algo está a fallar no cálculo da polaridade, pois non parece normal que a maioría dos comentarios sexan neutros. Aquí inflúen dous factores:
 - O dicionario empregado. Xa que en castelán non se atopan dicionarios para a análise de sentimentos, tradúcense os arriba mencionados. A tradución automática do inglés ao castelán implica, en moitos casos, a perda de infor-

mación, posto que un termo inglés cunha soa forma pode ter máis dunha variante en castelán (formas masculina, feminina, singular e plural, por exemplo). Isto pode provocar que moitas palabras se pasen por alto ao aplicar a análise.

- A forma de calcular a polaridade. Dividir polo número total de palabras parece o razoable cando todas (ou case todas) estas palabras teñen asignado un valor ou un tipo de opinión positivo ou negativo. Pero se, tal e como se indicou antes, o dicionario pasa por alto moitas palabras, estas non serán detectadas como positivas ou como negativas, polo que o numerador tenderá a ser pequeno, encamiñando a polaridade a ser próxima a 0. O mesmo pasaría se o comentario é relativamente longo.

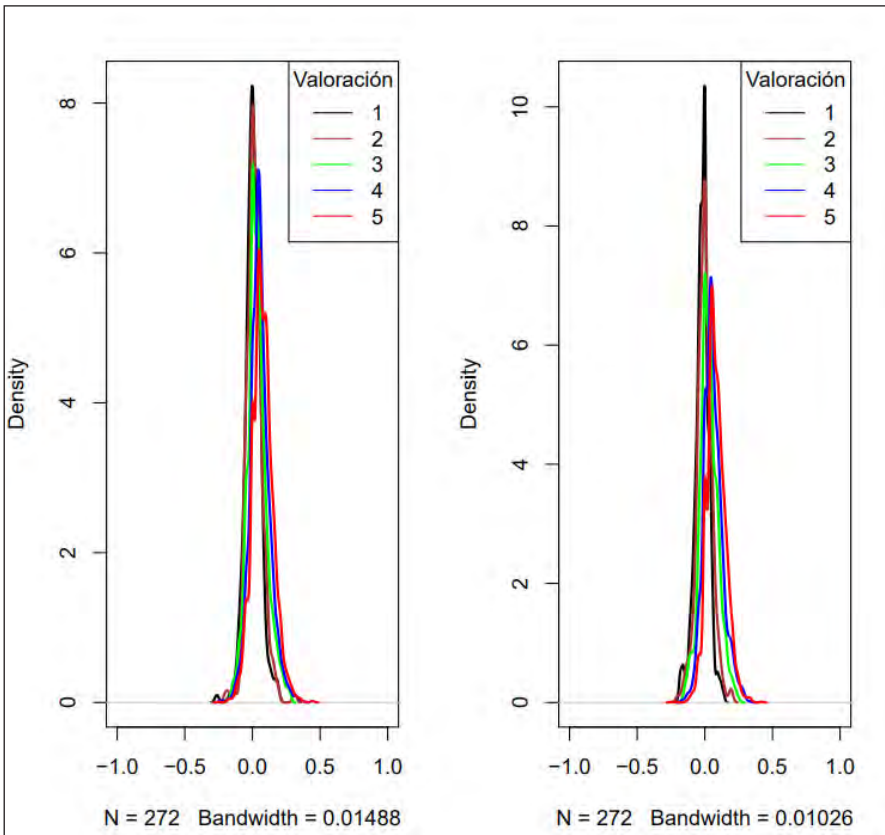


Figura 14. Densidades estimadas do sentimento empregando o dicionario *Gl* (esq.) e o léxico de Hu e Liu (der.) en función da valoración individual para TripAdvisor

3.3.3. *Sentimentr*

Para tratar de paliar as eivas atopadas no uso de *SentimentAnalysis*, emprégase o paquete *Sentimentr*. Este conta cunha gran vantaxe que o fai preferible aos demais, pois ten en conta os potenciadores. Trátase de palabras que actúan sobre o monograma, alterando dun modo ou outro o seu valor: cambian o signo (negadores), aumentan ou diminúen o impacto do monograma sobre o total do comentario etc. Na táboa 7 vese un exemplo que ilustra esta situación: dadas dúas opinións aparentemente opostas, *SentimentAnalysis* valora ambas de xeito positivo, pois non ten en conta o adverbio de negación *no*, mentres que *Sentimentr* si que o considera, cambiando o signo do valor asociado ao adxectivo *bueno*.

	Comentarios	
Paquete	«Este hotel es bueno»	«Este hotel no es bueno»
<i>SentimentAnalysis</i>	0,5	0,5
<i>Sentimentr</i>	1	-1

Táboa 7. Comparativa entre *SentimentAnalysis* e *Sentimentr*

Convén salientar que no uso de *Sentimentr* prescindíuse de eliminar as *stopwords* e de realizar a lematización polos problemas vistos no apartado anterior. No caso do dicionario, empregouse unicamente o léxico de Hu e Liu (maior número de termos ca o dicionario *G1*) e tratouse de corrixir os posibles defectos de tradución, así como traducir tamén a listaxe de potenciadores desde o inglés ao castelán. Nun primeiro momento, aplicouse a rutina *sentiment()* para obter a polaridade de cada comentario, pero as densidades volvían acumularse arredor do 0, debido ao denominador (no que se teñen en conta todas as palabras e os potenciadores). Para tratar de mellorar o resultado, cambiouse o citado denominador por

$$\#positivo + \#negativo;$$

o que leva aparelado que nesa suma só se teñen en conta as palabras detectadas polo dicionario, número inferior ao total de termos que compoñen o comentario. A pesar destas consideracións, os resultados non foron moito mellores aos obtidos anteriormente, como mostran as densidades estimadas representadas na figura 15 para o caso de TripAdvisor.

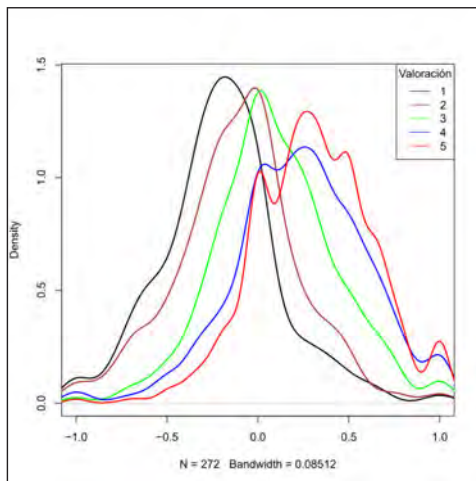


Figura 15. Densidades estimadas do sentimento en función da valoración individual para TripAdvisor

3.3.4 Análise da valoración individual

Xa que a valoración individual do hotel non é unha relación lineal perfecta coas valoracións das distintas características, estableceuse un marco teórico aditivo na súa relación entre a valoración individual do establecemento e as distintas características mais a valoración dos comentarios, i. e.:

$$Val. individual = f(val. caract.) + g(val. cont. semántico)$$

A función $g()$ aplícase ao resultado dada pola análise de sentimentos da subsección anterior.

Desde o ámbito do turismo, considérase que na valoración individual inclúen as valoracións que o usuario ou usuaria fai das diferentes características do establecemento, así como a experiencia na súa estancia, que se ve traducida en forma de comentario. Baixo este marco teórico, propónse a construción de modelos explicativos que trate de explicar a mencionada puntuación individual a partir da información que se ten a disposición. A valoración individual corresponderase coa variable dependente Y , as demais valoracións son as variables explicativas X_1, \dots, X_p e a explicativa relativa ao sentimento ou ao contido semántico denotarase por X_p . Para comprobar como inclúe o contido semántico na valoración individual, constrúanse modelos de regresión sen e coa correspondente variable explicativa X_p .

A partir deste modelo teórico aplicáronse diferentes técnicas de regresión e de *data mining*, na procura dun modelo de predición e clasificación. Os modelos finais que deron mellor resultado foron os modelos de regresión xeneralizada, regresión ordinal e o de Random Forest.

Regresión xeneralizada. No caso de TripAdvisor, a valoración individual toma unicamente os valores enteiros 1, 2, 3, 4 e 5, que se poderían corresponder con outras tantas categorías ou clases de valoración, por exemplo, «moi mala», «mala», «regular», «bo» e «moi bo». Considerando entón a variable resposta Y como unha variable categórica, cabe pensar na posibilidade de construír modelos de regresión xeneralizada, no noso caso usaremos regresión loxística linear e aditiva.

Regresión loxística. A principal característica da regresión loxística é que a variable resposta sexa dicotómica ou binaria, isto é, que tome os valores 0 ou 1. Para iso, a partir de Y constrúense cinco variables binarias do seguinte xeito:

$$Y(j)_i = \begin{cases} 1, & \text{se } Y_i = j \\ 0, & \text{noutro caso} \end{cases} \quad 1 \leq i \leq n, \quad j \in \{1, 2, 3, 4, 5\} \quad (1)$$

A probabilidade de éxito será $P(Y(j) = 1)$. Nesta situación, asúmese unha relación lineal entre as variables explicativas e a *log-odds* do evento $Y(j) = 1$, polo que o correspondente modelo se formula como segue:

$$\log \frac{\mathbb{P}(Y(j)_i = 1)}{\mathbb{P}(Y(j)_i = 0)} = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_{p-1} x_{ip-1} + \beta_p x_{ip}.$$

Neste subproxecto, o axuste de cada modelo dá a probabilidade de que cada comentario se corresponda coa respectiva categoría que determinan as valoracións individuais. Tamén se pode calcular como:

$$\mathbb{P}(Y(j)_i = 1) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_{p-1} x_{ip-1} + \beta_p x_{ip}}}{e^{\beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_{p-1} x_{ip-1} + \beta_p x_{ip}} + 1} = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_{p-1} x_{ip-1} + \beta_p x_{ip})}}$$

A rutina *glm()* permite calcular ambos os modelos loxísticos, un sen considerar a variable do sentimento e outro engadíndoa. Nas matrices de confusión elaboradas cos axustes obtidos vese a porcentaxe de clasificación correcta, que tende a mellorar considerando o contido semántico, pero que se mantén en valores similares aos obtidos cos modelos lineais e aditivos. Os estatísticos globais Accuracy e Kappa seguen na mesma liña ca no caso dos modelos citados (táboa 8).

	Accuracy	Kappa
Loxístico	0,5217	0,0914
Loxístico (contido)	0,5327	0,1291

Táboa 8. Estatísticos globais das matricés de confusión para os modelos loxísticos en TripAdvisor

Regresión loxística aditiva. Agora a modelización supón que a relación entre as v . explicativas e a función enlace é non paramétrica coa restrición de que sexa aditiva. É dicir, para $j = 1, \dots, 5$ defínese a v . binaria $Y_j = I\{Val.Ind=j\}$:

$$P(I_{\{Val.Ind=j\}} | \mathbf{x}_i) = \text{link} (f(\text{val. caract.}_i) + g(\text{val. cont. semántico}_i))$$

Definindo $p_{ij} = P(Y_j = 1 | \mathbf{x}_i)$, obtéñense para cada j :

$$\hat{p}_{ij} = \text{logit} \left(\hat{f}_j(\text{val. caract.}_i) + \hat{g}_j(\text{val. cont. semántico}_i) \right),$$

e asígnase a clase correspondente como:

$$\hat{J}_i = \underset{j=1, \dots, 5}{\text{argmax}} \hat{p}_{ij}$$

Cómpre destacar que as probabilidades estimadas en $j = 1, \dots, 5$ non suman 1. Na táboa 9 amósase a matriz de confusión resultante da clasificación do modelo (columnas) e os valores reais (filas).

		Predición					Total
		1	2	3	4	5	
Referencia	1	43,01	0,00	8,82	21,32	26,84	271
	2	16,81	0,00	13,36	31,90	37,93	232
	3	4,64	0,00	12,69	35,14	47,52	645
	4	1,66	0,00	2,55	23,39	72,40	1553
	5	0,60	0,00	0,32	7,63	91,45	2754

Táboa 9. Matriz de confusión do modelo loxístico aditivo con TripAdvisor (%)

Como estatísticos globais, na táboa 10 dáse a Accuracy ou a proporción de datos correctamente clasificados e o Kappa que reflicte a mellora que se produce no modelo, se se considera toda a información dispoñible fronte a unha situación na que se carece de información.

N.º clases	Estat. / Modelo	TripAdvisor	
		Lineal	Aditivo
5	Accuracy	53,27	56,85
	Kappa	12,91	23,04

Táboa 10. Estatísticos resumo do modelo loxístico e do modelo de regresión xeneralizada con compoñentes aditivas

Idénticos resultados atópanse para Booking.

Regresión ordinal. Na regresión ordinal non é preciso modificar a variable resposta ou construír outras apropiadas, pois admite variables con máis de dúas categorías, que deben vir marcadas por unha orde. Así, para a variable resposta Y con cinco categorías defínese o correspondente modelo lineal como segue:

$$\log \frac{\mathbb{P}(Y_i \leq j)}{\mathbb{P}(Y_i > j)} = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_{p-1} x_{ip-1} + \beta_p x_{ip}, \quad i \leq n, \quad j \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$$

A rutina *polr* do paquete MASS [13] permítenos construír ambos os modelos ordinais, un considerando a variable do contido semántico e o outro non. Os resultados (táboa 11) seguen na mesma liña dos modelos anteriores.

	Accuracy	Kappa
Ordinal	0,5275	0,1238
Ordinal (contido)	0,5453	0,1948

Táboa 11. Estatísticas resumo do modelo de regresión ordinal

Random Forest para clasificación. Esta técnica de clasificación, tamén denominada bosques aleatorios, está baseada nas árbores de decisión, método no que se realizan particións binarias dos datos de xeito recursivo e cuxo resultado se pode representar en forma de árbore [11]. No caso do Random Forest xéranse moitas árbores de decisión. Este método emprega o concepto de *bagging*, no que o conxunto de datos que servirán de adestramento se seleccionan ao azar con substitución, é dicir, que un mesmo dato pode saír varias veces. Con cada selección, adéstrase o modelo, mentres que o resto do conxunto de datos se empregará para probar o algoritmo.

A algorítmica do Random Forest vén dada por:

1. *Bootstrap* con substitución: réplicas \leftrightarrow árbores.
2. Para cada réplica constrúese unha árbore de clasificación e, polo tanto, unha predición.
3. A predición final consiste en asignar a clase con maior frecuencia de aparición.

Neste subproxecto empregouse o paquete Random Forest [14] de R para levar a cabo esta técnica. Tomouse de xeito aleatorio unha mostra formada polo 80 % dos nosos datos, que se empregou para adestrar o algoritmo. Unha vez feito isto, aplicouse ao restante conxunto de datos. Os resultados (táboas 12 e 13) que devolve Random Forest seguen a liña dos que proporcionaron todos os métodos anteriores.

		Predición					
		1	2	3	4	5	Total
Referencia	1	34,55	3,64	18,18	16,36	27,27	271
	2	21,15	3,85	21,15	28,85	25,00	232
	3	5,30	3,79	16,67	36,36	37,88	645
	4	1,50	0,60	5,39	25,75	66,77	1553
	5	0,56	0,19	1,49	10,97	86,80	2754

Táboa 12. Matriz de confusión do modelo de Random Forest para TripAdvisor (%) con 80 % para *train* e 20 % de test

	Accuracy	Kappa
Ordinal	0,5356	0,2207

Táboa 13. Estatísticos resumo do modelo de Random Forest

4. Conclusións

Neste traballo obtivéronse de forma automática datos de comentarios sobre hoteis da provincia de Ourense extraídos dos portais TripAdvisor e Booking coa intención de obter información que posibilitase mellorar os servizos prestados por tales establecementos. Para tal fin, empregáronse métodos de regresión e de clasificación (análise de sentimentos, Random Forest), dado que todos os métodos devolveron resultados moi

similares e, á súa vez, con pouco poder predictivo. Se nos fixamos nos valores que toma a variable «valoración individual» (que desempeñou o papel de variable dependente ou resposta), hai unha categoría (valor 5) que sobresaie entre as demais, pois alberga máis do 50 % dos datos, mentres que a porcentaxe restante se ten que repartir entre as outras catro categorías. Isto é sinal dunha mostra *desbalanceada* e provoca que a mellor clasificación se dea precisamente na categoría que conta con maior cantidade de datos. Estratexias como o *subsampling* ou similares permitirían *balancear* as categorías e mellorar o poder clasificador.

Como xa indicou, a ausencia dun dicionario de termos en castelán para a análise de sentimentos provocou algúns atrancos nesta tarefa, polo que a creación dunha listaxe de palabras para esta lingua sería un gran paso para mellorar os resultados desta análise. Tamén se podería considerar combinar o castelán co galego, dadas as similitudes e o uso indiscriminado de palabras de ambas as linguas. Tal dicionario non só debería recoller termos positivos e negativos, senón que sería preciso incluír:

- Erros ortográficos máis frecuentes na correspondente lingua.
- Neoloxismos, que son palabras ou expresións de recente creación nunha lingua ou collida prestada doutra desde hai pouco tempo.
- Emoticonos, dado o seu uso xeneralizado.
- Así mesmo, no caso de usar o paquete *Sentimentr*, debería terse tamén unha boa listaxe de potenciadores.

5. Referencias

- [1] “Minerva Travel 2017” <https://www.thinkwithgoogle.com/intl/es-es/insights/comportamiento-de-los-viajeros-esp%C3%B1oles-en-2017-desde-la-inspiraci%C3%B3n-hasta-el-destino/>
- [2] Moya, D.H. e Majó, J. (2017). Análisis de comentarios en redes sociales para mejorar la reputación online hotelera. *Turismo y Sociedad*. 20, (jul. 2017), 169-190. doi:10.18601/01207555.n20.09.
- [3] Olmeda, I. e Sheldon P.J. (2008) Data Mining Techniques and Applications for Tourism Internet Marketing. Pages 1-20 | Received 01 Oct 2000, Accepted 30 Jun 2001, Published online: 13 Oct 2008. doi: 10.1300/J073v11n02_01
- [4] Dean, J. e Ghemawat, S. (2004). MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters. OSDI 2004.

- [5] García S., Ramírez-Gallego S., Luengo J. e Herrera F. (2016). Big Data: Preprocesamiento y calidad de datos. *Novática* (n. 237)
- [6] White, T. (2012). *Hadoop, The Definitive Guide*. O'Reilly Media.
- [7] Karau, H., Konwinski, A., Wendell, P. e Zaharia, M. (2015). *Learning Spark: Lightning-Fast Big Data Analytics*. O'Reilly Media.
- [8] Castrillo-Fernández O. (2015). *Web Scraping: Applications and Tools*. European Public Sector Information Platform (EPSI Platform). Topic Report Nº 2015/10.
- [9] R Core Team (2019). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>
- [10] Naldi M (2019, xaneiro). A review of sentiment computation methods with R packages. arXiv preprint arXiv:1901.08319.
- [11] Calvo Torres M (2017). *Text Analytics para Procesado Semántico (Traballo de fin de máster, Universidade de Vigo)*. Recuperado de [\url{http://eio.usc.es/pub/mte/descargas/ProyectosFinMaster/Proyecto_1475.pdf}](http://eio.usc.es/pub/mte/descargas/ProyectosFinMaster/Proyecto_1475.pdf)
- [12] Hu M, Liu B (2004, agosto). Mining and summarizing customer reviews. En: *Proceedings of the tenth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*, 168-177.
- [13] Venables WN, Ripley BD (2002). *Modern Applied Statistics with S*, Fourth edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0, <http://www.stats.ox.ac.uk/pub/MASS4>
- [14] A. Liaw and M. Wiener (2002). Classification and Regression by randomForest. *R News* 2(3), 18--22.

Optimizar os indicadores de circularidade económica mediante a inclusión de factores correctores que non penalicen o sector agroalimentario da provincia de Ourense

E. Rivo,¹ M. Rodríguez² e M. Villanueva³

¹Departamento de Organización de Empresas e Márketing, campus de Ourense, Universidade de Vigo

²Departamento de Economía Aplicada, campus de Ourense, Universidade de Vigo

³Departamento de Economía Financeira e Contabilidade, campus de Ourense, Universidade de Vigo

rivo@uvigo.es, miguel.r@uvigo.es, monicavv@uvigo.es

O obxectivo deste subproxecto consiste en optimizar o indicador de circularidade para o sector agroalimentario na provincia de Ourense. Para acadalo, o equipo de investigación económica desenvolveu catro tarefas principais: revisar a literatura sobre a materia, propoñer diversas alternativas metodolóxicas para eliminar o nesgo do que falamos previamente, testar estas alternativas e, finalmente, seleccionar unha nova ferramenta metodolóxica para calcular o nivel de circularidade das actividades alimentarias ourensás. A partir da investigación levada a cabo e dos primeiros enfoques sen éxito dos indicadores cuantitativos, decidiuse, finalmente, optar por un conxunto de indicadores que mesture tanto elementos cuantitativos coma cualitativos. Unha avaliación cualitativa permite obter un maior volume de resposta por parte das empresas, evitando variacións de unidades (peso, volume, euros...) entre as industrias, así como poder incluír aspectos difíciles de cuantificar a priori, como os relacionados coa estratexia ou colaboracións con partes interesadas.

Palabras clave:

Indicador de circularidade, economía circular, industria agroalimentaria.

1. Introducción

O obxectivo xeral deste subproxecto 1 é optimizar os indicadores de circularidade económica empregados habitualmente por organismos públicos ou consultoras mediante a inclusión de factores correctores que non penalicen o sector agroalimentario da provincia de Ourense.

O indicador de circularidade económica empregado habitualmente para avaliar calquera empresa (ex.: indicador Ardán do CZFV baseado na proposta metodolóxica da Fundación Ellen MacArthur) vén determinado esencialmente polo grao de reutilización e de reciclaxe de materias primas e envases e embalaxes; é dicir, os materiais incorporados aos produtos desa empresa que son recirculados no sistema produtivo. Este circuíto debe considerarse no conxunto de empresas que actúan nos diferentes niveis da cadea de valor correspondente a cada sistema produtivo. Ademais, hai que ter en conta que é posible que os materiais que saen dun sistema produtivo se poden utilizar como entrada noutro sistema produtivo. O indicador de circularidade tamén valora o grao de eficiencia tanto na produción coma na recirculación de materiais, de xeito que se poida reutilizar ou reciclar calquera material.

Este indicador empregado polo CZFV merece especial atención, pois establece unha medida para a comparación entre empresas do sistema económico galego e podería ser empregado pola Xunta de Galicia para establecer programas de axudas ás empresas dentro do ámbito da futura estratexia galega de economía circular.

Existe, non obstante, un problema na utilización da metodoloxía proposta pola Fundación Ellen MacArthur para elaborar o indicador de circularidade. A metodoloxía empregada penaliza especialmente todas as actividades vinculadas ao sistema alimentario. Moitos alimentos, ben como materia prima, ben como produto final (ex.: consumo por parte dos fogares), non é posible sometelos a un proceso de recirculación, pois na medida en que son «consumidos» desaparecen do sistema, polo menos no seu formato de alimentos (ex.: carne, verduras ou mesmo a auga consumida por un fogar). Pola contra, un produto metálico (ex.: sector naval, electrodomésticos) si pode someterse a un proceso de recirculación cando o produto chega ao final da súa vida útil (mediante os sistemas de tratamento de residuos).

En consecuencia, atendendo a metodoloxía empregada para elaborar o indicador de circularidade publicado polo CZFV, as empresas que desenvolven actividades vinculadas ao sector alimentario mostrarán necesariamente un grao de circularidade in-

ferior fronte a outras empresas doutros sectores, con independencia dos esforzos e dos investimentos que realice para ser máis circular. Tendo en conta que as actividades pertencentes ao sector alimentario son especialmente relevantes na economía da provincia de Ourense, o seu sistema empresarial mostraría unha valoración máis negativa.

O obxectivo específico deste proxecto é deseñar unha nova ferramenta de análise ou metodoloxía que procure corrixir o nesgo negativo na valoración do grao de circularidade das empresas alimentarias fronte a empresas pertencentes a outros sectores, de tal xeito que se poida observar nas análises de circularidade empresarial, xa sexa polo CZFV ou a Xunta de Galicia, ou mesmo calquera outra institución.

2. Revisión da literatura

O concepto da economía circular popularizouse nas últimas dúas décadas e xa forma parte das estratexias da Unión Europea (Comisión Europea, 2014, 2015) e de moitos outros gobernos de todo o mundo. De acordo coa Fundación Ellen MacArthur (2015), «a economía circular é restauradora e rexenerativa por deseño e ten como obxectivo manter os produtos, compoñentes e materiais na súa maior utilidade e valor en todo momento, distinguindo entre ciclos técnicos e biolóxicos».

A transición cara a unha economía máis circular, onde os produtos, materiais e recursos manteñen o seu valor durante o maior tempo posible, e a xeración de residuos redúcese ao mínimo, é unha contribución esencial aos esforzos da UE para desenvolver unha economía competitiva, sostible, baixa en carbono e eficiente en recursos. É, polo tanto, unha oportunidade para transformar a nosa economía, contribuír a lograr os obxectivos climáticos, preservar os recursos mundiais, crear empregos e xerar vantaxes competitivas novas e sostibles no tempo.

Non obstante, o concepto da economía circular non é novo. Ten a súa orixe en varias escolas de pensamento, como a filosofía e deseño, *cradle to cradle* (McDonough and Braungart, 2002); o deseño rexenerativo (Lyle, 1994); a ecoloxía industrial (Graedel *et al.*, 1995); a biomimese (Benyus, 2002); o capitalismo natural (Hawken *et al.*, 1999); ou a economía azul (Pauli, 2010), entre outros.

No entanto, poñela en práctica non é suficiente. Máis aló do marco conceptual da economía circular, o desafío agora reside en atopar esquemas operativos e poñelos en práctica a través de modelos de negocio e esquemas de xestión da cadea de subministración sostible (Bocken *et al.*, 2016). O novo cambio de paradigma require dun marco

de seguimento con indicadores específicos que permita medir o progreso e avaliar a eficacia da acción cara á economía circular. Neste sentido, nos últimos anos proliferaron diferentes estudos con alcances máis e menos ambiciosos e de natureza cuantitativa e cualitativa.

2.1. Indicadores e escalas de implementación existentes

A revisión da literatura mostra que existen diferentes marcos e indicadores cuxo obxectivo é medir o progreso e avaliar a efectividade das accións cara á economía circular tanto na Unión Europea coma a escala global. Segundo o *European Academies Science Advisory Council* (EASAC, 2016) estes indicadores pódense agrupar nas seguintes categorías: desenvolvemento sostible, medio ambiente, análise do fluxo de materiais, comportamento social, comportamento organizacional e desempeño económico.

Non obstante, de acordo coa investigación realizada, as iniciativas para medir e monitorizar a circularidade da economía e o uso eficiente dos recursos pódense agrupar tamén de acordo con **tres niveis de análise** (Ghisellini *et al.*, 2016; Kirchherr *et al.*, 2017) nas que parece haber un maior consenso:

- Nivel micro: produto, proceso, empresa ou consumidor/a
- Nivel meso: parques ecoindustriais e simbiose industrial
- Nivel macro: cidade, provincia, rexión ou nación



Figura 1. Escala de implementación (Moraga G. *et al.*, 2019)

Porén, esta escala micro, meso e macro non se atopa definida de forma precisa nin se alcanzou un consenso entre os diferentes autores que a mencionan.

Nivel micro

No nivel micro, o traballo da Fundación Ellen MacArthur (Ellen MacArthur Foundation e Granta Design, 2015), co desenvolvemento dun indicador de circularidade material (MCI), foi mencionado como a contribución máis notable ata o momento para medir a circularidade dun produto. Este indicador, de carácter cualitativo, desenvolveuse para avaliar como unha empresa ou un produto se está adaptando aos conceptos de circularidade, e céntrase en avaliar o ciclo técnico e os fluxos de materiais. Non obstante, o MCI non inclúe o ciclo biolóxico, o que limita en gran medida a validez dos datos obtidos, ao non ser de aplicación en sectores como a agricultura ou a alimentación.

Ademais do MCI, desenvóléronse outros indicadores como o *Circular Economy Toolkit* (Evans J., Bocken N. M. P.), o *Circular Economy Indicator Prototype* (Griffith, P., Cayzer, S. 2016) etc., no nivel micro para medir o rendemento de circularidade dos produtos. Estes indicadores baséanse nalgunhas fases do ciclo de vida do produto, como a fabricación e o final da vida útil, e algúns son só cualitativos.

No nivel micro, moitos dos métodos límitanse á análise do ciclo de vida (ACV) dos produtos centrándose en formas posibles de cerrar os ciclos, así como na produción máis limpa e o consumo verde, o que non constitúe un enfoque de economía circular completo. Cabe destacar, ademais, o *Circularity Performance Indicator* (CPI) centrado na circularidade dun produto no uso de cara ao seu redeseño (Saidani, M. et al, 2017).

Os indicadores no nivel micro analizados non abarcan toda a complexidade da economía circular, nin sequera todas as posibles opcións de fin de vida para cerrar o ciclo, nin teñen en contra outros aspectos imprescindibles como a necesidade de simbioses con outras industrias, entre outros aspectos.

Nivel meso

En termos xerais, non obstante, a dispoñibilidade de métodos de avaliación específicos de avaliar a simbiose industrial e as relacións entre empresas nos ecoparques é moito máis limitada. Neste nivel destacan os indicadores MATTM-MiSE-ENEA (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2018) desenvolvidos no documento «Economía circular y uso eficiente de los recursos. Indicadores para medir la economía circular» preparado pola mesa técnica de traballo coordinada polo Ministerio de Medio Ambiente e Protección do Territorio e o Mar (MATTM) e polo Ministerio de Desenvolvemento Económico (MiSE) de Italia. Aínda que non se trata de indicadores específicos para o nivel meso, poden empregarse nos tres niveis.

Este indicador só inclúe os aspectos físicos (é dicir, fluxos de materia e enerxía) e económicos dun sistema económico circular en comparación cun sistema económico lineal. Isto débese a que os aspectos ambientais e sociais, que se deben incluír para unha análise completa, resultan complexos de medir, xa que se deben usar diferentes tipos de ferramentas (ACV, dispoñibilidade de recursos etc.).

En xeral, as avaliacións existentes requiren en moitos casos de ferramentas informáticas, así como dunha análise sofisticada dos resultados, o cal constitúe unha barreira para un maior uso delas.

Nivel macro

No entanto, a maioría das metodoloxías dispoñibles céntranse en medir a circularidade no nivel macro. Unha razón para isto é que unha gran parte das avaliacións existentes se desenvolveron para o seu uso inicial en China, xa que o goberno chino estivo á vangarda da implementación da economía circular ao aprobar unha lei nacional para promover o concepto de economía circular no ano 2008 (Kirchherr *et al.*, 2017).

No ámbito europeo tamén existen diferentes iniciativas entre as que destacan o sistema de monitorización de economía circular dos Países Baixos (2018) ou os indicadores chave de Francia para o seguimento da economía circular (2017). Neste senso, os esforzos da Comisión Europea tamén foron notables. O «Marco de supervisión para a economía circular» adoptado en xaneiro de 2018 (Eurostat, 2018) ten como obxectivo avaliar o progreso cara á economía circular na Unión Europea e os seus estados membros. Este marco abarca as diversas dimensións de todas as etapas do ciclo de vida dos recursos, produtos e servizos, e está formado por un conxunto de dez indicadores chave que recollen elementos principais da economía circular agrupados en catro etapas e aspectos desta:

- 1) Produción e consumo
- 2) Xestión dos residuos
- 3) Materias primas secundarias
- 4) Competitividade e innovación

Estes dez indicadores do marco de seguimento proporcionan unha visión xeral dalgúns dos puntos de apancamento fundamentais para aumentar a circularidade da economía da UE, así como de cada un dos estados membros.

No ámbito global destaca tamén o *Circularity Gap Report* (Witt *et al.*, 2019) desenvolvido por *Circle Economy*. O informe fotografía a situación da economía circular no

ámbito mundial e identifica e mide un só indicador, o *Global Circularity Metric* (GCM), para calcular a circularidade do sistema total computado como a relación entre a materia prima non virxe e a materia prima total utilizada nun ano. En esencia, indica canto do total das materias primas usadas nun ano proveñen da utilización de residuos ou materiais incorporados en produtos xa existentes e reciclados ou reintroducidos nas cadeas de produción.

Por último, cabe destacar que a gran maioría de indicadores de economía circular se publicaron nos últimos anos, o que non proporciona un marco de tempo suficiente como para medir o éxito das accións de economía circular. Moitos destes indicadores de economía circular, de feito, encóntranse aínda na fase piloto.

3. Análise e proposta dun novo indicador de circularidade

Á vista da análise realizada, queda patente que o desenvolvemento dun conxunto de indicadores adecuados para medir e monitorizar a circularidade dentro das organizacións segue a ser un tema que require de maior investigación. A literatura científica identificou a falta de indicadores xerais que recollan tanto aspectos económicos coma ambientais e sociais, destacando que os indicadores unidimensionais non son capaces de capturar a complexidade das características de retroalimentación sistémicas que deberían envolver unha economía plenamente circular (Geng *et al.*, 2008).

En concreto, detectouse unha falta específica na captura da dimensión social nos métodos de avaliación nos tres niveis de análise, aínda cando incluír o impacto social considerase relevante para comprender os efectos máis amplos das actividades da economía circular (WBCSD, 2018). Especificamente, os indicadores deben ter en conta tanto os ciclos técnicos coma biolóxicos, os nutrientes, a materia prima, a enerxía e a auga involucrados en todo o proceso de vida, incluídas as fases de ecodeseño, fabricación, distribución, uso ao final da vida útil, así como as relacións con outras empresas para ser capaz de comparar o rendemento de circularidade e de nivel sectorial, ou incluso entre sectores.

Así mesmo, ningunha organización pode establecer a transición a unha economía circular por si soa. Só se poderá alcanzar unha economía circular se se realizan esforzos en toda a cadea de valor e en diferentes industrias, e os indicadores analizados non inclúen esa visión de colaboración imprescindible para acadar unha circularidade completa.

A investigación revelou, ademais, a necesidade de que as organizacións teñan unha linguaxe común, independentemente do seu tamaño ou sector, así como compartir un mesmo enfoque para medir e monitorizar o desempeño da circularidade (WBCSD, 2018). Para identificar novas propostas metodolóxicas que permitan deseñar un novo indicador de circularidade, podemos identificar catro tarefas concretas:

- T1. Revisión da literatura vinculada á economía circular, en xeral, e ao deseño e á aplicación de indicadores de circularidade, en particular.
- T2. Propoñer diversas alternativas metodolóxicas para limitar ou eliminar o nesgo negativo sobre os resultados dos indicadores de circularidade aplicados á industria alimentaria.
- T3. Testar diversas alternativas metodolóxicas a través dos traballos aplicados (estudo de casos) sobre diversas actividades agroalimentarias dentro do ámbito do subproxecto 2 «Establecemento dos balances de materia no sector agroalimentario da provincia de Ourense a fin de optimizar os indicadores de circularidade material».
- T4. Tras realizar o anterior, seleccionar unha nova ferramenta metodolóxica para calcular o nivel de circularidade das actividades alimentarias de acordo cos resultados obtidos na tarefa anterior.

A principal conclusión do subproxecto 2 «Establecemento dos balances de materia no sector agroalimentario da provincia de Ourense a fin de optimizar os indicadores de circularidade material» é que a única alternativa para solucionar os nesgos negativos para o sector agroalimentario do indicador de circularidade da Ellen MacArthur Foundation, empregado polo Consorcio da Zona Franca de Vigo, é incluír na ecuación de cálculo do citado indicador un novo termo máxico, referido á fracción de masa dun produto que pode ser consumida por un ser vivo. Non obstante, tamén advirten de que actualmente non existen estudos nin referencias internacionais que permitan o seu emprego na práctica, polo que o subproxecto 2 tan só se puido limitar a realizar simulacións teóricas para a súa proposta de indicador. Como consecuencia, o equipo de traballo do subproxecto 1 deseñou un novo método para calcular a circularidade das empresas alternativo ao indicador de circularidade da Ellen MacArthur Foundation, en tanto non sexa posible corrixir o devandito indicador cos coeficientes correctores propostos polo equipo de traballo do subproxecto 2 «Establecemento dos balances

de materia no sector agroalimentario da provincia de Ourense a fin de optimizar os indicadores de circularidade material».

A análise realízase desde a perspectiva de *cradle to cradle* dentro dos límites da empresa e inclúe as fases de extracción de materias primas, deseño de produtos/servizos, proceso de produción e eliminación de residuos despois da fabricación, , así como relacións con distintos grupos de interese.

O indicador proposto está baseado no tratamento de datos que deben recoller unha enquisa construída como nunha batería de preguntas. Antes do inicio da enquisa, incluírase un breve resumo do concepto e principios da economía circular para procurar unha maior comprensión dos conceptos e contextualizar os temas tratados. As diferentes preguntas agrupáronse en bloques indicados a continuación segundo os aspectos clave identificados durante a investigación, tanto na revisión da literatura coma nas entrevistas realizadas:

Estratexia

1. Estratexia para a economía circular
2. Integración da economía circular na cultura da empresa
3. Beneficios de produtos ou servizos circulares
4. Auditorías de eficiencia

Colaboracións con grupos de interese

5. Selección de provedores en función da economía circular
6. Cooperacións para a economía circular
7. Sensibilizar sobre o CD no cliente/a ou no consumidor/a
8. Loxística inversa

Deseño e desenvolvemento de produtos

9. Deseño para reparación e reprocesamento
10. Extensión do ciclo de vida
11. Realización de LCA de produtos

Produción de materias primas

12. Uso de material virxe
13. Uso de substancias tóxicas
14. Pasaporte material/Escándalo de materiais
15. Relación de reutilización dos subprodutos de produción
16. Material considerado residuos do proceso

Enerxía e auga

17. Porcentaxe de consumo de enerxía renovable (calor e electricidade)
18. Porcentaxe de consumo de enerxía renovable (no transporte)
19. Porcentaxe de uso de auga reutilizada ou devolta

Como consecuencia, propoñemos que o Consorcio da Zona Franca de Vigo empregue no seu vindeiro informe o modelo de enquisa detallado no presente anexo.

4. Conclusións

A busca de modelos alternativos para medir a circularidade empresarial ten sido infrutuoso, de tal xeito que podemos concluír que o desenvolvemento dun conxunto de indicadores adecuados para medir e controlar a circularidade dentro das organizacións segue sendo un problema que require máis investigacións. A literatura científica permítenos identificar a falta de indicadores xerais que inclúan aspectos tanto económicos coma ambientais e sociais, destacando que os indicadores unidimensionais non son capaces de captar a complexidade das características de retroalimentación sistémica que deberían implicar unha economía totalmente circular (Geng *et al.*, 2008).

En concreto, os indicadores deben ter en conta tanto os ciclos técnicos coma os biolóxicos, os nutrientes, a materia prima, a enerxía e a auga implicados en todo o ciclo de vida, ademais de incluír o ecodeseño, fabricación, distribución, uso ou fases finais da vida útil, así como relacións con outras empresas para poder comparar o rendemento da circularidade no ámbito sectorial, ou incluso entre sectores.

A partir da investigación realizada e dos primeiros enfoques sen éxito dos indicadores cuantitativos, decidiuse finalmente optar por un conxunto de indicadores que mesture tanto elementos cuantitativos coma cualitativos. Unha avaliación cualitativa permite obter un maior volume de resposta por parte das empresas, evitando variacións de unidades (peso, volume, euros...) entre as industrias, así como poder incluír aspectos difíciles de cuantificar a priori, como os relacionados coa estratexia ou colaboracións con partes interesadas.

O conxunto de indicadores de economía circular deste documento constitúe unha primeira aproximación para coñecer o rendemento das empresas dunha serie de industrias determinadas, pero ten posibilidades de aplicarse a todo tipo de empresas cando se considere oportuno, podendo incluír empresas de servizos que doutro xeito

tamén incorrerían nun nesgo de cuantificación, aínda que neste caso de signo positivo (empresas de consultaría, comercio, vinculadas a actividades turísticas etc.).

5. Referencias

- [1] Benyus, J.M. 2002. Biomimicry. Harper Perennial, New York.
- [2] Bocken N. M. P., de Pauw, I, Bakker C. and Van der Grinten, B. 2016. Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering* 33(5), pp. 308–320.
- [3] Consorcio Zona Franca Vigo. 2018. Circularidad Económica de la Empresa Gallega. Informe Ardán. Accesible en <https://www.zfv.es/ardan/informes/informear dangalicia2018.pdf>
- [4] Consorcio Zona Franca Vigo. 2019. Circularidad Económica de la Empresa Gallega. Informe Ardán. Accesible en <https://www.zfv.es/ardan/informe2019/capitulo-8.pdf>
- [5] Comisión Europea. 2015. Dictamen del Comité Económico y Social Europeo sobre la
- [6] «Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Cerrar el círculo: un plan de acción de la UE para la economía circular». COM (2015) 614 final.
- [7] Comisión Europea 2014. Towards a Circular Economy: A Zero Waste Programme for Europe. European Commission, Brussels.
- [8] Ellen MacArthur Foundation. 2015. Delivering the Circular Economy. A Toolkit for Policymakers. Isle of Wight: Ellen MacArthur. Foundation.
- [9] Ellen MacArthur Foundation & Granta Design. 2015. Circularity indicators. An approach to measuring circularity. Methodology. Accesible en https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/insight/Circularity-Indicators_Methodology_May2015.pdf.
- [10] European Academies Science Advisory Council (EASAC). 2016. Indicators for a Circular Economy; EASAC Policy Report 30; European Academies Science Advisory Council (EASAC): Halle, Germany.
- [11] Eurostat (2018). Marco de supervisión para la Economía Circular. Accesible en <https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy/overview>
- [12] Evans, J. and Bocken, N. The Circular Economy Toolkit. Accesible en <http://circulareconomytoolkit.org/index.html>
- [13] Geng, Y., & Doberstein, B. 2008. Developing the circular economy in China: Challenges and opportunities for achieving “leapfrog development”. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*.

- [14] Ghisellini, P., Cialani, C., Ulgiati, S., 2016. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*.
- [15] Graedel, T.E. and Allenby, Braden R. 1995. *Industrial Ecology*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- [16] Griffiths, P., and Cayzer, S. 2016. Design of indicators for measuring product performance in the circular economy. *Third International Conference on Sustainable Design and Manufacturing, SDM 2016*; Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, pp. 307–321.
- [17] Hawken, P., Lovins, A. and Lovins, L.H. 1999. *Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution*. 1st Edition, 378 pp. Little, Brown and Company.
- [18] Kirchherr, J., Reike, D., Hekkert, M., 2017. Conceptualizing the circular economy: analysis of 114 definitions.
- [19] Lyle, J.T. 1994. *Regenerative Design for Sustainable Development*. John Wiley & Sons, New York.
- [20] Pauli, G.A. 2010. *The Blue Economy: 10 Years, 100 Innovations, 100 Million Jobs*. Paradigm Publications, Taos, NM.
- [21] McDonough, W. and Braungart, M. 2002. *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. North Point Press, New York.
- [22] Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. 2018. *Economia circolare ed uso efficiente delle risorse. Indicatori per la misurazione dell'economia circolare*. Accesible en https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/notizie/documento_indicatori_EconomiaCircolare_versione_consolidata_def.pdf
- [23] Moraga G., Huysveld S., Mathieux F. et al. 2019. *Circular economy indicators: What do they measure?* Elsevier.
- [24] Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., Cluzel, F. 2017. Hybrid top-down and bottom-up framework to measure products' circularity performance 21st International conference on engineering design, ICED 17, University of British Columbia, Vancouver, Canada.
- [25] WBCSD and Climate-KIC. 2018. *Circular Metrics: Landscape Analysis*.
- [26] Wit, M., Hoogzaad J., Ramkumar S., Friedl H. and Douma A. (2019) *The Circularity Gap Report: an Analysis of the Circular State of the Global Economy*. Circle Economy.

ANEXO.

Modelo de enquisa para elaborar un novo indicador de circularidade

ESTRATEGIA	
1	Estratexia para a economía circular
Definición	
Contar cunha estratexia de economía circular significa que a empresa se compromete a pechar os ciclos de material, que pode facer vendendo, reparando, reprocessando, restaurando ou reciclando produtos ou traendo de novo nutrientes biolóxicos á biosfera. Nome dalgúns exemplos. Un aspecto importante é manter o valor dos produtos ao máis alto nivel posible ou aumentar a intensidade de uso do produto.	
Respostas	
Non temos unha estratexia de economía circular.	
Estamos desenvolvendo unha estratexia de economía circular, así como indicadores para medir o noso progreso.	
Temos unha estratexia de economía circular e estamos comezando a medir o noso progreso.	
Temos indicadores para realizar un seguimento da nosa estratexia de economía circular, e utilizamos os resultados dos indicadores para analizar e mellorar o noso progreso e comunicalo externamente.	
2	Integración da economía circular na cultura da empresa
Definición	
A integración significa que cada departamento dentro da empresa sexa consciente do papel que xoga cada departamento na transición cara a unha economía circular. Isto significa que existen políticas que mostran o camiño para a transición cara a unha economía circular e que, ademais, existen presupostos asignados para a citada transición.	
Respostas	
A economía circular non está integrada na nosa organización.	
Existe, ou está a punto de integrarse, unha área encargada de desenvolver a economía circular na nosa empresa.	

A economía circular está integrada en diferentes departamentos (ex.: mercadotecnia e comunicación, produción, compras, I + D) da nosa organización.

A economía circular está integrada en todos os departamentos da nosa organización (mercadotecnia, produción, compras, I + D, contabilidade e finanzas, recursos humanos...). Organízanse formacións para o persoal empregado, tanto para executivos/as coma rangos máis elementais dentro da organización. Todo o mundo está incluído na transición.

3	Beneficios/Aforro de custos procedentes de procesos, produtos ou servizos circulares
Definición	
Os ingresos/aforros de custos procedentes de procesos, produtos ou servizos circulares demostran que unha empresa foi capaz de implementar a economía circular no núcleo do negocio.	
Respostas	
Non temos ingresos/aforros de custos considerables procedentes de procesos, produtos ou servizos culturais.	
< 10 % dos nosos ingresos/aforros de custos derívanse da aplicación de procesos, produtos ou servizos circulares.	
10 %-25 % dos nosos ingresos/aforros de custos derívanse da aplicación de procesos, produtos ou servizos circulares.	
> 25 % dos nosos ingresos/aforros de custos derívanse da aplicación de procesos, produtos ou servizos circulares.	

4	Auditorías de eficiencia
Definición	
A avaliación dos nosos procesos permiten mellorar a eficiencia na utilización dos nosos recursos, como por exemplo a auga ou a enerxía, pero tamén de materiais. Estas auditorías poden realizarse internamente (se contan co persoal formado adecuadamente para estas tarefas) ou contratando servizos externos (consultoras, centros de investigación públicos ou privados, ou administración pública).	

Respostas
Non realizamos ningunha auditoría sobre o uso de recursos.
Estamos planificando realizar algunha auditoría sobre o uso de recursos (auga, enerxía ou materiais).
Realizamos algunha auditoría sobre o uso de recursos (auga, enerxía ou materiais).
Realizamos auditorías e contamos cun plan para facer auditorías sobre o uso de recursos (auga, enerxía ou materiais).

COLABORACIÓNS CON GRUPOS DE INTERESE

5	Selección de provedores/as baseándose na economía circular
Definición	
<p>A colaboración con provedores/as para que sexan máis circulares converteuse nun criterio de selección en cada vez máis empresas para facer a transición cara a unha economía circular co obxectivo de deseñar unha cadea de subministración sostible (ex.: establecer unha cantidade mínima de contido reciclado/reutilizado no produto de provedores/as que xa implementen a economía circular...)</p> <p>*NB: que é unha cadea de subministración sostible? É unha cadea de subministración que integra unha visión integral dos procesos, a loxística e as tecnoloxías da cadea de subministración que trata os aspectos ambientais, sociais, económicos e legais. Os factores que afectan a sostibilidade da cadea de subministración inclúen a cantidade de residuos que xera a pegada de carbono e as emisións, a contaminación do aire e a auga, as condicións laborais, a saúde e a seguridade do persoal traballador etc.</p> <p>A sostibilidade da cadea de subministración baséase no principio de que os produtos e as prácticas socialmente responsables non só son bos para o planeta e as persoas, senón que tamén o son para crear conciencia positiva da marca, minimizar o impacto ambiental e mellorar a rendibilidade a longo prazo.</p>	
Respostas	
Non animamos os nosos provedores/as a transitar cara a unha economía circular e non empregamos criterios de selección baseados na economía circular cos nosos provedores/as.	

Alentamos os nosos provedores/as para realizar a transición cara a unha economía circular e estamos desenvolvendo unha política de selección de provedores/as que inclúe criterios baseados na economía circular (máis ala dos criterios da cadea de subministración sostible).

Máis do 20 % do noso gasto en adquisicións está cuberto polos criterios de economía circular (ademais dos criterios da cadea de subministración sostible).

Máis do 75 % do noso gasto en adquisicións por termo medio está cuberto polos criterios de economía circular (ademais dos criterios da cadea de subministración sostible).

6	Cooperacións para a economía circular
Definición	
<p>Para posibilitar a transición cara a unha economía circular necesítase cooperación. A participación activa nestas cooperaciónns mostra que a empresa está disposta a aprender e a intercambiar con outros para cerrar os ciclos dos seus fluxos de materiais. O nivel máis alto inclúe unha participación activa (ex.: codeseño, uso en serie dos materiais, influencia nas políticas...).</p>	
Respostas	
Non estamos involucrados en cooperación na economía circular.	
Estamos analizando posibles cooperaciónns na economía circular.	
Estamos involucrados en cooperaciónns con algunhas partes interesadas externas (ex.: membros de asociacións) e estamos empezando a realizar cooperaciónns activamente.	
Participamos activamente en cooperaciónns con moitos grupos de diferentes partes interesadas externas (ex.: asociacións, ONG, outras empresas, competidores/as, institucións gobernamentais e provedores/as) para posibilitar a transición a unha economía circular.	

7	Crear conciencia sobre a economía circular no cliente/a ou consumidor/a
Definición	
<p>Crear unha conciencia sobre a economía circular no cliente/a ou consumidor/a pode, por exemplo, mellorar a relación co cliente/a, aumentar a cota de mercado dunha empresa ou apoiar a xestión da innovación. Os clientes/as ou consumidores/as que son conscientes da economía circular valoran as accións da empresa para transitar cara a unha economía circular.</p>	
Respostas	
<p>Non estamos comprometidos con crear conciencia sobre a importancia da economía circular en clientes/as ou consumidores/as.</p>	
<p>Estamos planeando crear conciencia sobre a importancia da economía circular en clientes/as ou consumidores/as.</p>	
<p>Estamos creando conciencia nos clientes/as ou consumidores/as sobre a importancia da economía circular a través da nosa comunicación.</p>	
<p>Estamos creando consciencia nos clientes/as ou consumidores/as sobre a importancia da economía circular a través de polo menos tres medios diferentes (ex.: comunicación, produto, compras, etiquetaxe...).</p>	

8	Loxística inversa
Definición	
<p>Configurar ou ser parte dun esquema de devolución mostra que a compañía lle dá un valor ao final da vida útil dos seus produtos (incluíndo envases e embalaxes) e está disposta a devolvelo ao ciclo de materiais. O sistema de loxística inversa pódese levar a cabo pola propia empresa, pero tamén é posible formar parte dun esquema de recuperación máis amplo (ex.: operado pola industria en colaboración con outras organizacións, sistemas de responsabilidade ampliada do produtor/a etc.).</p>	
Respostas	
<p>Non contamos con mecanismos para recuperar os nosos produtos.</p>	
<p>Estamos implementando un sistema de loxística inversa para recuperar os produtos e/ou os medios empregados na súa distribución (caixas, <i>pallets</i>, outros...).</p>	

Asumimos a responsabilidade do produtor/a respecto aos nosos produtos e medios de distribución, e alentamos activamente a nosa clientela (ex.: a través de incentivos económicos) a devolvelos.

Ofrecemos un sistema de loxística inversa propio para os nosos produtos, así como os medios empregados na súa distribución (caixas, *pallets*, outros...) no caso de habelos.

DESEÑO E DESENVOLVEMENTO DE PRODUTO

9

Deseño para a reparación e o reprocesamento

Definición

A fase de deseño pode determinar ata o 80 % dos impactos que un produto terá ao longo do seu ciclo de vida. Ter en conta o fin da vida útil dun produto desde a fase de deseño mostra que a empresa é consciente e quere influír no que lle sucede ao produto ao final da fase de uso. Un produto foi «ecodeseñado» se ten unha capacidade máis alta ca a media da industria para repararse, reprocesarse e/ou desensamblarse.

Respostas

Non temos vendas de produtos ecodeseñados para mellorar a reparación, refabricación e/ou desensamblaxe.

< 10 % das nosas vendas son de produtos ecodeseñados para mellorar a reparación, refabricación e/ou desensamblaxe.

10 %-25 % das nosas vendas son de produtos ecodeseñados para mellorar a reparación, refabricación e/ou desensamblaxe.

> 25 % das nosas vendas son de produtos ecodeseñados para mellorar a reparación, refabricación e/ou desensamblaxe.

10

Extensión do ciclo de vida

Definición

Estender a vida útil dun produto permite facer un mellor uso da enerxía e os materiais investidos durante toda a vida útil do produto. Isto pode realizarse a través de diferentes medidas como o ecodeseño, a extensión da garantía, ofrecer servizos de reparación, establecer un mercado de segunda man etc.

Respostas	
	Non ofrecemos un servizo para estender a vida útil dos nosos produtos máis aló do mínimo legal.
	Os nosos produtos teñen unha vida útil superior ao mínimo legal, pero similar ao estándar do noso sector.
	< 25 % dos nosos produtos ofrecen unha vida útil prolongada, superior ao estándar do noso sector.
	> 25 % dos nosos produtos ofrecen unha vida útil prolongada, superior ao estándar do noso sector.

11	Realización de ACV de produtos e servizos
	Definición
	A análise do ciclo de vida (ACV) calcula e documenta os efectos ambientais da produción, distribución, uso e fin de vida dun produto no medio ambiente. Idealmente, o ACV realízase como unha declaración ambiental do produto ou mediante a aplicación dalgunha norma estandarizada (ex.: ISO 1404:2006 xestión ambiental. Análise do ciclo de vida).
	Respostas
	Non realizamos ACV para os nosos produtos.
	Realizamos ACV ou empregamos algunha ferramenta de análise de fluxos (materiais, enerxía, auga, residuos) para < 10 % das nosas categorías de produtos.
	Realizamos o ACV do 10 %-25 % das nosas categorías de produtos.
	Realizamos o ACV do > 25 % das nosas categorías de produtos.

MATERIA PRIMA E PRODUCCIÓN	
12	Uso de material virxe
	Definición
	O obxectivo da economía circular é reducir o uso do material virxe. O material virxe é o que foi extraído da natureza para convertelo nun input para os nosos produtos (directamente nosos ou dos nosos provedores/as). Os materiais/productos procedentes de procesos de reciclaxe ou reutilización non son materiais virxes. NB: considerar para a proporción do material virxe o valor material e non o peso.

Respostas
100 % dos inputs materiais nos nosos produtos son materiais virxes.
> 90 % dos inputs materiais nos nosos produtos son materiais virxes.
> 75 % dos inputs materiais nos nosos produtos son materiais virxes.
< 75 % dos inputs materiais nos nosos produtos son materiais virxes.

13	Uso de substancias tóxicas
Definición	
<p>As substancias tóxicas nos produtos ou na prestación de servizos dificultan a reutilización ou o reciclaxe do material (incrementando, ademais, os seus custos de tratamento) e poden afectar negativamente o contorno (incluído o persoal traballador, comunidades locais, flora e fauna), polo que se debe considerar a súa eliminación (tanto o uso coma a súa produción), incluso se non se poden rastrear no produto.</p> <p>NB: para substancias prohibidas segundo <i>Cradle2Cradle</i>, consulte a páxina 107 e seguintes: http://s3.amazonaws.com/c2c-website/resources/certification/standard/C2CCertified_ProductStandard_V3.1_160107_final.pdf</p> <p>Listaxe de substancias tóxicas SIN: https://sinlist.chemsec.org/</p>	
Respostas	
A nosa política sobre o uso de substancias tóxicas é permanecer só dentro do que indica a lei.	
Actualmente estamos adaptando unha listaxe de produtos químicos prohibidos que vai máis aló da lei.	
Non utilizamos nin producimos ningunha substancia que estea na listaxe SIN na nosa produción.	
Non utilizamos nin producimos ningunha substancia que estea na listaxe SIN nin na listaxe Cradle2Cradle na nosa produción.	

14	Pasaporte de materiais de materiais
Definición	
<p>Os pasaportes de materiais son documentos ou arquivos que inclúen a cantidade de todos os materiais que forman parte do produto. Considéranse unha fonte útil de información para o proceso de reprocesamento ou reciclaxe ao final da vida útil do produto.</p>	

Respostas
Non contamos con pasaportes de materiais para os nosos produtos.
Temos pasaportes materiais para < 10 % dos nosos produtos.
Temos pasaportes materiais para 10 %-25 % dos nosos produtos.
Temos pasaportes materiais para > 25 % dos nosos produtos.

15	Xeración de subprodutos
Definición	
<p>Os subprodutos do proceso de produción ou prestación de servizos axudan a maximizar a circularidade. Os subprodutos poden utilizarse na propia empresa ou outras empresas. A utilización dos subprodutos debe levarse a cabo dentro dos 150 km da planta onde se produciron para que se poida considerar parte da economía circular.</p> <p>Subproduto: substancia ou material resultante dun proceso de produción, cuxa finalidade primaria non sexa a produción desa substancia ou produto, pero do que é posible obter unha segunda utilidade noutros produtos ou procesos, co consecuente aforro de xestión de residuos e o potencial beneficio económico derivado da súa venda.</p>	
Respostas	
< 25 % dos potenciais residuos convértense en subprodutos.	
25 %-50 % dos potenciais residuos convértense en subprodutos.	
50 %-75 % dos potenciais residuos convértense en subprodutos.	
> 75 % dos potenciais residuos convértense en subprodutos.	

16	Material considerado residuo do proceso
Definición	
<p>Os materiais desbotados son os que non acaban formando parte do produto ou que non se utilizan noutro proceso de produción ou prestación dun servizo e, polo tanto, deben tratarse internamente (valorización enerxética, compostaxe etc.).</p> <p>Residuo: substancia ou material resultante dos procesos de fabricación, transformación, distribución, prestación dun servizo, utilización, consumo, limpeza ou mantemento.</p>	

Respostas
Xestionamos os nosos residuos co único obxectivo de cumprir coas nosas aplicacións legais.
Xestionamos os nosos residuos máis aló das nosas obrigas legais para reducir o seu impacto ambiental (compostaxe, valorización enerxética etc.).
Xestionamos os nosos residuos colaborando con outras entidades (ex: empresas ou institucións) para que poidan convertelos en subprodutos que se poidan utilizar noutros procesos produtivos.
Non xeramos ningún tipo de residuo como consecuencia da nosa produción.

ENERXÍA E AUGA

17	Porcentaxe de uso de enerxía renovable (calor e electricidade)
Definición	
<p>A electricidade e a enerxía térmica considéranse renovables se proceden do vento, a enerxía solar, a auga ou a biomasa. Considere o uso de enerxía en kWh ou noutra métrica adecuada.</p> <p>NB: as emisións que se compensan coas certificacións de CO₂ non contan como enerxía procedente dunha fonte renovable.</p>	
Respostas	
< 25 % da nosa enerxía consumida (electricidade e térmica) provén de fontes renovables.	
25 %-50 % da nosa enerxía consumida (electricidade e térmica) provén de fontes renovables.	
50 %-75 % da nosa enerxía consumida (electricidade e térmica) provén de fontes renovables.	
> 75 % da nosa enerxía consumida (electricidade e térmica) provén de fontes renovables.	

18	Porcentaxe de uso de enerxía renovable (transporte)
Definición	
<p>O transporte considérase renovable se funciona con electricidade renovable, biogás (de segunda xeración) ou hidróxeno de fontes de enerxía renovables.</p>	

Respostas
Ningún dos transportes que usamos se alimenta de enerxías renovables.
> 10 % dos transportes que usamos aliméntase de enerxías renovables.
10 %-25 % dos transportes que usamos aliméntase de enerxías renovables.
> 25 % dos transportes que usamos aliméntase de enerxías renovables.

19	Porcentaxe de uso de auga reutilizada ou devolta
Definición	
A auga considérase reutilizada ou devolta sempre que a empresa conte con sistemas propios que permitan recircular a auga internamente ou filtrala e depurala, de tal modo que se poida devolver aos couces hídricos existentes nas mesmas condicións nas que entrou.	
NB: o tratamento de augas realizado polas estacións depuradoras municipais non se contabiliza como auga depurada.	
Respostas	
Non contamos con ningún sistema de reutilización e/ou de depuración de auga.	
Recuperamos ou depuramos < 10 % da auga empregada nos nosos procesos.	
Recuperamos ou depuramos 10 %-25 % da auga empregada nos nosos procesos.	
Recuperamos ou depuramos > 25 % da auga empregada nos nosos procesos.	

Establecemento dos balances de materia no sector agroalimentario da provincia de Ourense a fin de optimizar os indicadores de circularidade material

C. Martínez-Castillo,¹ G. Astray,¹ A. G. Pereira² e J. C. Mejuto¹

¹*Departamento de Química Física, Facultade de Ciencias, campus de Ourense, Universidade de Vigo*

²*Departamento de Química Analítica e Alimentaria, Facultade de Ciencias, campus de Ourense, Universidade de Vigo*

cecilia.araceli.martinez.castillo@uvigo.gal, gastray@uvigo.gal

antia.gonzalez.pereira@uvigo.gal, xmejuto@uvigo.gal

O modelo económico actual é basicamente lineal, o que significa que se utiliza sempre materia prima virxe para fabricar o produto que remata no vertedoiro ao final da fase de uso. Por tratarse dunha situación insostible a longo prazo, estase a buscar o paso cara a unha economía circular. É aquí onde toman importancia os indicadores de circularidade, ferramentas para transmitir información de interese. O indicador de circularidade material (ICM), desenvolvido pola Fundación Ellen MacArthur, avalía o rendemento da circularidade a nivel de produto. O obxectivo deste traballo foi adecuar o ICM para poder ser utilizado en empresas agroalimentarias da provincia de Ourense, e evitar así a penalización das actividades vinculadas a este sector, usando para iso datos de tres casos concretos (vitivinícola, cárnico e lácteo). Abárcase o cálculo do ICM desde dous puntos de vista. Primeiro, calcúlase o ICM tendo en conta só o proceso global do produto e logo calcúlase o ICM', atendendo ás diferentes etapas que conforman o proceso. A modificación proposta consiste na inclusión dunha nova variable que modifica a cantidade final de residuos destinados a vertedoiro/enerxía/ outros non recuperables. Estas novas variables son o coeficiente de dixestibilidade

(C_{Dixest}) e o coeficiente de uso (C_{Uso}). A inclusión destes dous factores de corrección melloran significativamente o valor de ICM e semella repercutir no valor do ICM', cando o produto se pode considerar materia prima dun subproceso posterior.

Palabras clave:

Indicador de circularidade material, economía circular, industria agroalimentaria, reciclaxe, reutilización, Ourense, Ellen MacArthur Foundation.

1. Introducción

O modelo económico actual, basicamente lineal, non é efectivo a longo prazo xa que está a chegar a un esgotamento limitado pola capacidade física dos recursos [1, 2]. Isto débese a que o proceso produtivo consiste esencialmente na obtención da natureza dos materiais virxes para fabricar os produtos nas diferentes industrias, o seu uso ou consumo polo cliente/a e, finalmente, a súa eliminación ao final da cadea [1, 2]. Os aspectos negativos máis importantes deste modelo son, segundo a Fundación Ellen MacArthur (FEM), a xeración de gran cantidade de residuos e que o crecemento e o desenvolvemento económico se vexa supeditado á achega de materias primas virxes continuamente [1, 2]. Debido a isto, é necesaria a procura de alternativas ao modelo económico moderno camiño a unha economía máis renovable.

A resposta ao esgotamento dos recursos é o paso a unha economía circular (EC) que se contrapón ao modelo lineal e intenta desvincular o crecemento económico ao consumo continuo de recursos finitos [1, 2]. Isto implica, ademais, disgregar a actividade económica do consumo dos recursos e intentar eliminar os residuos xerados desde a etapa de deseño [3], mantendo permanentemente os materiais, os compoñentes e os produtos valorizándoos ao máximo [2]. Geissdoerfer *et al.* (2017) definen a economía circular como «un sistema rexenerativo no cal a entrada de recursos e o residuo, a emisión e a fuga de enerxía son minimizados ao desacelerar, pechar e estreitar os bucles de material e enerxía». Así mesmo, os autores e autora informan que «isto pódese lograr mediante un deseño de longa duración, mantemento, reparación, reutilización, remanufactura, restauración e reciclaxe»[4].

Os postulados da economía circular son compatibles co desenvolvemento sostible a través dos seus tres piares asociados: i) beneficios económicos (reducindo a compra de materias primas primarias –virxes–, entre outras), ii) beneficios ambientais (reducin-

do o impacto da actividade etc.) e iii) indirectamente aos beneficios sociais (como, por exemplo, a creación de postos de traballo, entre outros) [5, 6].

No modelo da EC existen dous tipos de ciclos: os técnicos e os biolóxicos [1, 2, 3], e neles hanse manexar coidadosamente os materiais utilizados [2]. Tendo isto en conta, pódese dicir que nos ciclos técnicos os materiais, tamén chamados materias primas, mantéñense, reutilízanse, restáuranse/repáranse e sofren, de ser o caso, un proceso de reciclaxe [1, 2, 3]. Polo contrario, nos ciclos biolóxicos é algo diferente; os materiais que non son tóxicos utilizan un sistema de conexión en cadea e, só ás veces, regresan ao solo [1, 2].

Segundo a Fundación Ellen MacArthur, o valor económico retido, por unha banda, é directamente proporcional á rigorosidade do ciclo [2] e, por outra, que a implementación do modelo circular teña éxito depende de catro cuestións de importancia [1, 2]: i) o deseño do produto para favorecer a recuperación de materiais e de compoñentes, ii) o desenvolvemento de modelos comerciais innovadores, iii) a creación dunha loxística inversa para recuperar os produtos da man das persoas consumidoras/usuariado, e iv) a adopción de políticas, plataformas de colaboración, entre outras. Con isto, preténdese conseguir que os produtos e os materiais, que doutra maneira serían refugados, obteñan un valor adicional [1].

1.1. Medidas e ferramentas para unha economía circular

Tendo en conta o dito por Saidani *et al.* (2017), a medición da circularidade é levada cabo por empresas consultoras rexidas sobre todo pola súa experiencia comercial e de mercadotecnia, e non tanto por metodoloxías científicas e académicas sobre o tema [5]. Con todo, nos últimos anos houbo un crecemento no número de iniciativas no ámbito estatal, sobre todo na Unión Europea, onde se iniciaron programas dedicados á conservación dos recursos, a fomentar a reutilización/reciclaxe e a promover as tecnoloxías dixitais como forma de valorización sostible [7].

Os métodos de medición desempeñan un papel clave na empresa, e entre vantaxes do seu uso encóntrase [1, 2]: i) dispor do coñecemento do proceso, ii) ser soporte para a toma de decisións internas, e iii) axudar a barallar opcións de investimento. Ademais disto, existen outras razóns para medir a circularidade na empresa: i) axudar a impulsar o rendemento empresarial, ii) xestionar o risco vinculado co modelo lineal, entre outras [7]. Así mesmo, hai que ter en conta que as diferentes versións ou extensións das

ferramentas de medición se poderán usar no sector educativo, en investigación, en axencias de cualificación ou para crear novas políticas [2].

Dentro disto, existen diferentes niveis de análises dos modelos de medición da circularidade que se fan segundo as partes implicadas ou interesadas [5, 7]. Así pois, pode ser no nivel macro (entre cidades, países e axencias internacionais), meso (no ámbito de redes de industrias e empresas), micro (empresas e consumidores) ou nano (produtos e compoñentes) [7]. Con todo, ao referirse ao sector privado exclúese o nivel macro e tómanse só os niveis nano, micro e meso [7].

Cando falamos dos indicadores, sabemos que, ben desenvolvidos, posúen a capacidade de resumir, cuantificar, medir e comunicar información de interese, ademais de enfocar diferentes fenómenos de interese [8, 9]. Con todo, e de acordo con Beratan *et al.* (2004), o máis difícil de realizar é atopar o nexos de unión entre os indicadores e os procesos apropiados de toma de decisións [9, 10]. Cando esta conexión existe, os indicadores poden ser unha ferramenta na transición cara a unha EC [10]. Por outro lado, é importante destacar que na actualidade os indicadores de economía circular se atopan nunha etapa de desenvolvemento [5, 11], co que é necesario continuar coa investigación.

Actualmente pódense atopar diferentes indicadores de circularidade entre os que citamos algúns dos máis importantes: prototipo de indicador de economía circular (PIEC), *kit* de ferramentas de economía circular (KFEC), calculadora de circularidade Kingfisher (CCK), avaliación do ciclo de vida (ACV), indicador de circularidade material (ICM), entre outros. De todos eles, interézanos en particular o ICM deseñado pola Fundación Ellen MacArthur.

O primeiro, o *kit* de ferramentas de economía circular (*Circular Economy Toolkit* ou CET) [12] consiste nunha páxina web de libre acceso en liña para avaliar o nivel de circularidade dos produtos [5]. O seu formato consiste nun cuestionario de trinta e tres preguntas divididas en sete subcategorías [5].

O *Kingfisher Circularity Calculator*, ou KCC en inglés, provén do proxecto desenvolvido do ICM [10]. Griffiths e Cayzer (2016) informan que a empresa Kingfisher, minorista de melloras para o fogar, probou o enfoque para diferentes produtos reais.

En canto ao PIEC (*Circular Economy Indicator Prototype* ou CEIP), este é unha modificación das preguntas formuladas no cuestionario do CCK e está deseñado nunha folla de Excel cun cuestionario de quince preguntas segundo as etapas do ciclo de vida,

que as divide en cinco fases [10]. Coa súa utilización obtense unha puntuación xeral expresada en tanto por cento e un diagrama, en forma de radar ou diagrama de araña, co rendemento dos diferentes pasos do ciclo de vida do produto [7, 10].

A avaliación do ciclo de vida (*Life Cycle Assessment* ou LCA) non é unha ferramenta concretamente dedicada á economía circular, senón que axuda a avaliar os impactos sociais e ambientais ao longo do ciclo de vida dun produto e proporciona información de como se poderían minimizar os impactos detectados [7].

Finalmente, o indicador de circularidade material (*Material Circularity Indicator* ou MCI), obxecto deste traballo, foi desenvolvido no marco dun proxecto LIFE (Unión Europea) pola Fundación Ellen MacArthur. A FEM foi creada en 2010 para defender o concepto da economía circular [1, 2, 10], que contou coa participación de empresas e outras partes interesadas tales como investidores/as, universidades, empresas de negocios, ONG, entre outras [1, 2]. O indicador ICM avalía o rendemento da circularidade a nivel de produto. Este indicador pode ser usado mediante unha folla de cálculo de Excel da cal se dispoñen de guías na páxina web da fundación [5].

1.2. Obxectivo do subproxecto

O obxectivo do subproxecto é adecuar o indicador de circularidade material da Fundación Ellen MacArthur para poder utilizarse en empresas agroalimentarias da provincia de Ourense e evitar a penalización das actividades vinculadas co sector debido a que os seus produtos, unha vez finalizada a súa vida útil, non son utilizables nun proceso de recirculación (reciclaixe/reutilización).

2. Material e métodos

2.1. Ámbito de estudo

O estudo realizado céntrase en tres sectores fundamentais da provincia de Ourense: vitivinícola, cárnico e lácteo. A provincia de Ourense, situada na comunidade autónoma de Galicia na súa parte sueste, está formada por noventa e dous municipios (figura 1) e conta cunha extensión de 7 092 km² [13].

Segundo as cifras proporcionadas polo Servizo Público de Emprego Estatal [14], o padrón municipal ao 1 de xaneiro de 2018, a provincia de Ourense ten empadroadas un total de 309 293 que representa o 11,45 % da poboación galega, onde o 52,01 % da poboación son mulleres e o 47,99 % homes. De todos os municipios, só cinco superan

os 10 000 habitantes (Ourense co 34,11 % do total da poboación da provincia, O Carballiño cun 4,51%, Verín que conta con 4,47 %, O Barco de Valdeorras que ten o 4,35 % e Barbadás cun 3,54 %) [14]. Segundo este informe, o número de persoas activas distribúese entre ocupadas cun 86,90 % e paradas cun 13,10 %. Por sectores económicos, no cuarto trimestre de 2018, o sector de servizos presentaba o maior número de persoas ocupadas (74,40 % do total), seguido polo sector de industria (14,72 %), o sector da construción (6,69 %) e finalmente o sector agrícola (4,28 %) [14].

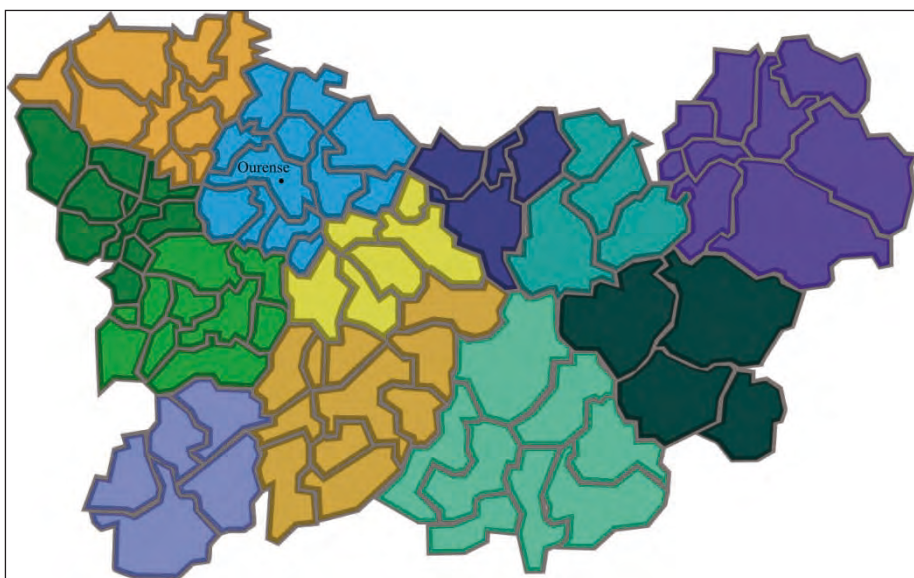


Figura 1. Municipios e comarcas da provincia de Ourense (adaptado da Deputación de Ourense [15])

2.2. Metodoloxía FEM

Considérase o concepto de EC como unha solución destinada a conciliar a protección do medio ambiente coas aspiracións de desenvolvemento económico [16]. O modelo da FEM está deseñado para poder administrar dunha maneira máis eficiente os recursos finitos, creando así unha economía rexenerativa e producindo efectos positivos tanto económicos coma ambientais [10]. Na figura 2 están representados o ciclo tecnolóxico e o ciclo biolóxico, desde o punto de vista da FEM, e pódese observar a traxectoria dos compoñentes, materiais e produtos, así como os movementos que conseguen restaurar os recursos naturais e ecosistemas.

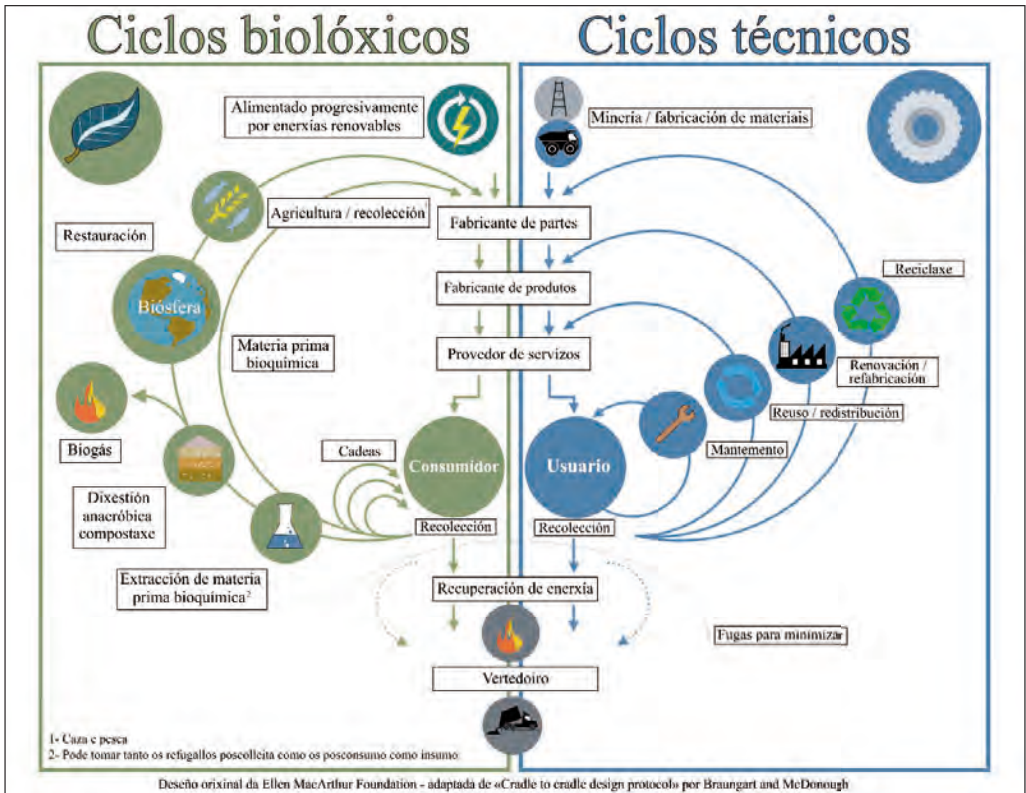


Figura 2. Diagrama do sistema do modelo de economía circular de FEM (adaptado da Fundación Ellen MacArthur e Granta Design [1, 2])

O modelo bolboreta da FEM inclúe os principios propios da economía circular de eliminar o problema dos residuos desde o deseño, deseñar os produtos de maneira estándar e modularizable, seleccionar materias primas que teñan potencial circular, utilización de enerxía de fontes renovables, entre outros [10].

Un dos inconvenientes que ten o cálculo do ICM é que precisa dunha listaxe pormenorizada dos materiais de entrada e de saída utilizados ao longo do proceso, en magnitudes de masa. Ademais disto, son necesarias unha serie de cuestións para cada un dos recursos da listaxe; concretamente as seguintes entradas [2]:

- Cantidade de recursos procedentes de materiais virxes e reciclaxes, ademais dos compoñentes recolleitos da reutilización.
- Comparación do produto co tipo de media da industria, atendendo ao seu tempo e intensidade de uso.

- Cantidade de material que acabará como residuo ou recuperación de enerxía, que acabará en reciclaxe e os compoñentes que se colleitan para reutilizar.
- Dentro da reciclaxe, a eficacia do proceso para producir os recursos utilizados no propio ciclo ou para reciclar o produto unha vez terminada a súa vida útil.

2.3. Etapas do subproxecto

Na figura 3 móstranse cales serían os pasos seguidos para poder xestionar a economía circular nunha empresa utilizando como indicador de circularidade material o ICM da Fundación Ellen MacArthur.

Xestión da economía circular na empresa

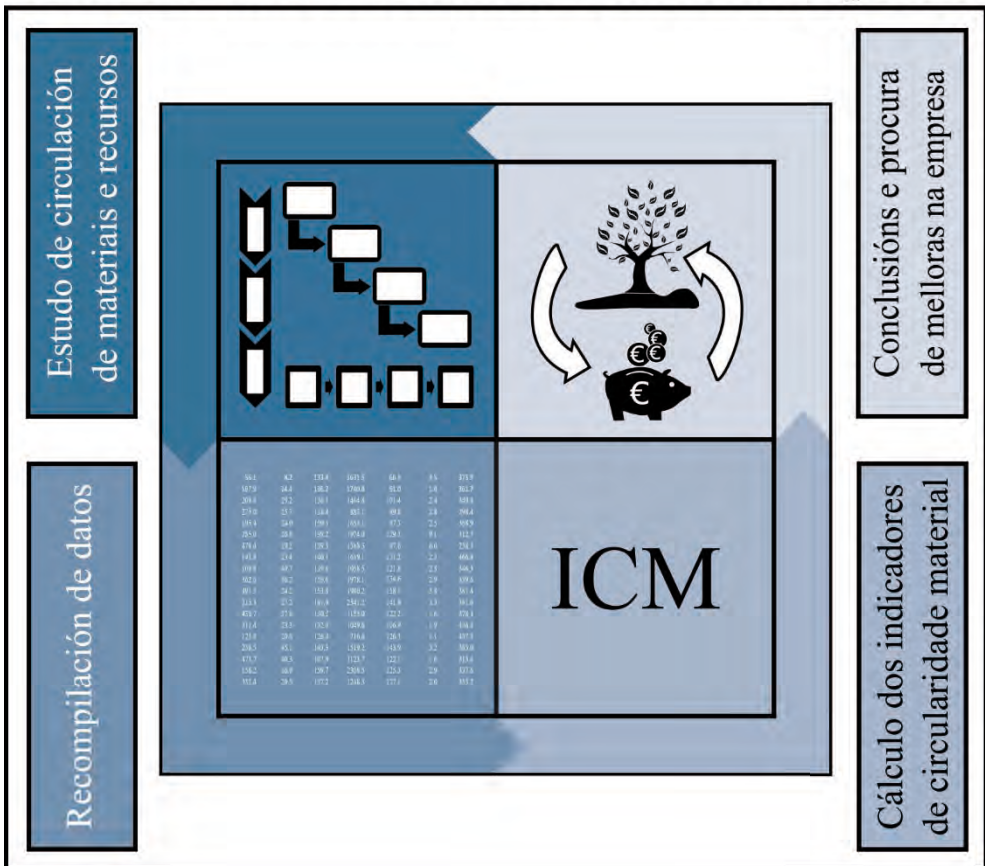


Figura 3. Pasos que se realizarán para a xestión da economía circular na empresa

O proceso comezaría co estudo de circulación de materiais e de recursos dentro da empresa para estudar. Este paso debería realizarse da maneira máis detallada posible para ter en conta absolutamente todos os pasos e os procesos que teñen lugar dentro da industria. Unha vez determinados con claridade os devanditos procesos, é necesario recompilar os datos de cantidades, volumes, prezos etc., necesarios para desenvolver a actividade normal da empresa. Todos estes datos deben estar recollidos nos procesos desenvolvidos no apartado anterior. Así mesmo, débense recompilar datos paralelos de obrigada necesidade para calcular o ICM da FEM. Cos datos involucrados en cada un dos procesos de manufactura de produto da empresa, calcúlase o ICM e o ICM' e a súa comparación con outras empresas similares do mesmo sector. Finalmente, baseándose nos datos obtidos no apartado anterior, pódense extraer as conclusións necesarias para buscar melloras na empresa, tanto no ámbito empresarial coma ambiental.

No presente subproxecto todos os pasos, agás o cuarto, foron realizados para intentar adecuar o indicador de circularidade material da Fundación Ellen MacArthur.

2.4. Cálculo do indicador de circularidade material

O indicador de circularidade material ou ICM mide o descenso de fluxo lineal e a maximización do fluxo restaurador para os materiais que compoñen o produto [1]. Así mesmo, tamén mide o tempo e a intensidade empregada na industria para o estudo en comparación cun produto similar medio do sector [1].

O ICM da FEM obtense utilizando diferentes variables e fluxos que definen o produto. O valor do ICM atópase nun rango de valores entre 0 e 1, 0 cando a produción é un proceso totalmente lineal, é dicir, utiliza sempre materia prima virxe que termina no vertedoiro ao final da fase de uso [1]. Cando o ICM alcanza o valor de 1, o produto será totalmente circular, é dicir, o produto utiliza materia prima que provén de fontes de reciclaxe/recicladas cunha eficiencia do 100 % [1]. Como é de esperar, na práctica non é posible alcanzar un valor 1, polo que o valor de ICM se atopará entre eses valores 0 e 1 [1].

Na figura 4, móstranse os fluxos de material asociados, desde a achega dos recursos virxes/reciclados/reutilizados ata que, unha vez esgotada a fase útil do produto (de masa M), se levan os residuos ao vertedoiro/produción de enerxía (masa de residuos igual a W_0) ou pasan a fase de reciclaxe (masa de produto a reciclaxe igual a $C_R \cdot M$)/reutilización (masa de produto a reutilización igual a $C_U \cdot M$), e C_R e C_U son as fraccións de masa

do produto destinado a reciclaxe e a reutilización, respectivamente. Polo que a cantidade final de residuos destinados a vertedoiro/enerxía/otros non recuperables é [1]:

Todos estes fluxos deben ser determinados e estudados o máis fielmente posible para poder realizar os cálculos dos ICM que se levaron a cabo no presente subproxecto.

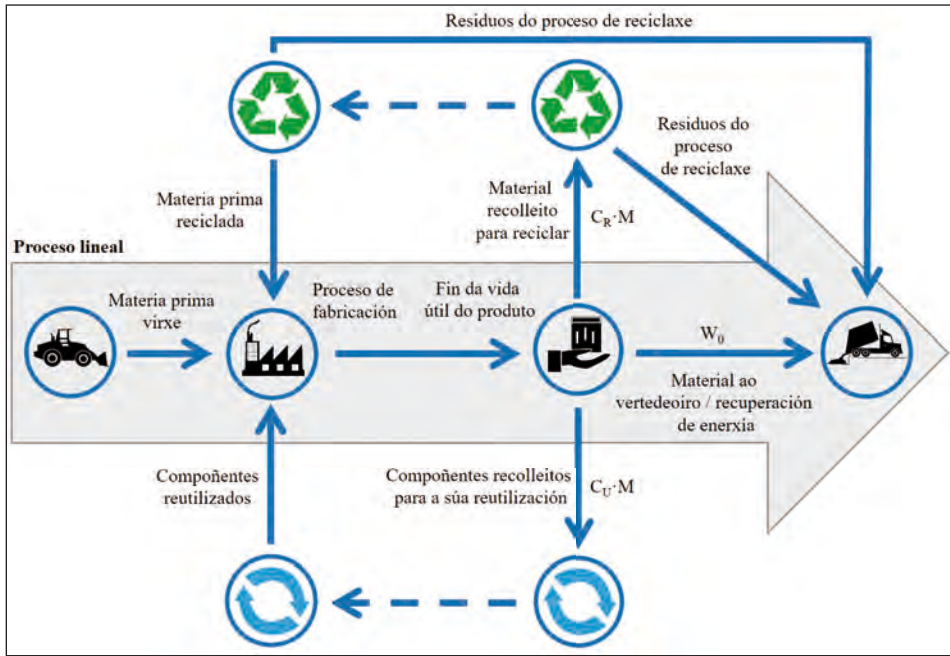


Figura 4. Representación esquemática do fluxo dos materiais dun produto (adaptada da Fundación Ellen MacArthur e Granta Design [1, 2])

Abárcase o cálculo do ICM desde dous puntos de vista. Primeiramente, faise dunha forma máis sinxela (ICM) tendo en conta o proceso global do produto e logo calcúlase atendendo ás diferentes etapas que conforman o proceso (ICM').

2.5. Datos utilizados

Os datos deben fundamentarse no coñecemento do produto que se vai estudar; non obstante, no caso de non posuír a información, é posible o uso de datos xenéricos da industria ou unha aproximación deles [1]. Lamentablemente, debido á imposibilidade de contar con empresas ourensás dos sectores implicados no estudo, localizouse, a modo de exemplo, bibliografía especializada que poida recoller os datos necesarios para realizar o estudo. No noso caso, utilizáronse tres fontes de datos sacados de biblio-

grafía especializada sobre a avaliación do ciclo de vida. Na práctica, en moitas ocasións, descoñécense algúns datos necesarios (non se recompilan, son confusos, non existen etc.) polo que estes foron supostos para realizar os cálculos necesarios.

A primeira fonte de datos refírese a un estudo de ACV efectuado na empresa vitivinícola Aveleda, SA, empresa situada no norte de Portugal na rexión do Vinho Verde [17]. A elección desta fonte de datos fundaméntase na dispoñibilidade de datos dos subprocesos de viticultura, produción, vinificación e distribución.

A segunda fonte céntrase nun estudo de ACV realizado por González-García *et al.* (2014) a partir de datos reais recollidos a través de enquisas, entrevistas e visitas á granxa e ao matadoiro dunha empresa de polos [18].

Finalmente, a terceira fonte de datos céntrase noutro estudo destinado á determinación do ACV do queixo San Simón da Costa, denominación de orixe protexida (DOP) pertencente á provincia de Lugo [19].

3. Resultados e discusión

Durante o estudo púidose comprobar que aínda que o ICM dun produto vén determinado por unhas sinxelas fórmulas de balance de materia, aplicables ao proceso global da empresa, a realidade é que estas fórmulas se deben aplicar en cada un dos subprocesos da industria e non só no proceso global, co cal se obtén un novo índice de circularidade material (ICM').

Caso	Sector	Subproceso	ICM	ICM'
Vinho Verde	Vitivinícola	Viña	0,100	0,100
Vinho Verde	Vitivinícola	Adegas	0,256	0,163
Polo	Cárnico	Alimentación animal	0,100	0,100
Polo	Cárnico	Granxa	0,100	0,298
Polo	Cárnico	Matadoiro	0,102	0,341
Queixo San Simón	Lácteo	Leitaría	0,100	0,100
Queixo San Simón	Lácteo	Queixaría	0,111	0,200

Táboa 1. Valores dos ICM e ICM' para os casos analizados no subproxecto 2

Así pois, deseñouse unha folla de Excel, facilmente editable, onde se recollen todas as variables necesarias: i) fluxos de masas de entrada e de saída; ii) fraccións da masa

destes fluxos destinadas a reutilización/reciclaxe; iii) taxas de recollida, eficiencias dos procesos de reutilización/reciclaxe; iv) fraccións da masa do produto que se recolle para reutilización/reciclaxe; e v) vidas medias e unidades funcionais, entre outras. A utilización da folla de Excel permitiu determinar os indicadores de circularidade dos tres casos seleccionados (táboa 1).

Como se pode observar, todos os ICM, coa excepción de tres subprocesos, obteñen valores de 0,100, datos correspondentes a un produto altamente lineal. Isto significa que o produto non xera residuos que se poidan destinar a reciclaxe/reutilización; é dicir, asúmese que todo o produto final vai directo ao vertedoiro e, no caso da industria agroalimentaria, isto non é certo. Nos outros tres subprocesos obtense un incremento no valor de ICM debido, por unha banda, no subproceso da adega, á reutilización dunha gran porcentaxe de masa do produto final (botella de viño) e, doutra banda, pola reciclaxe de parte das materias de empacado do produto final. Con isto, para a adega no sector vitivinícola obtense un valor de ICM de 0,256, para o matadoiro no sector cárnico 0,102 e para a queixaría no sector lácteo dáse un valor de 0,111, ambos os últimos valores moi próximos ao valor dun produto altamente lineal.

No cálculo do indicador de circularidade (ICM'), atendendo as diferentes subetapas dentro do proceso e as perdas na produción, obtense que a viña no sector vitivinícola, a alimentación animal no sector cárnico e a leitaría no sector lácteo seguen a ser procesos lineais. Con todo, na granxa obsérvase un notable aumento do valor (pasando de 0,100 a 0,298) debido á reciclaxe da cama dos animais como fertilizante para o solo. No subproceso do matadoiro o ICM' obtido é o maior (pasando de 0,102 a 0,341), xa que parte dos recortes de carne que non se poden utilizar se transforman en comida para animais nun proceso de revalorización, concepto importante na economía circular. Por outra parte, nun só caso o estudo pormenorizado afecta negativamente o indicador, e é no caso do Vinho Verde na súa etapa na adega, onde pasa o ICM de 0,256 a un ICM' de 0,163. Este feito debese á gran perda en peso sufrida pola materia prima utilizada, pois o bagazo e os tallos non se utilizan posteriormente para ningún outro proceso e rematan no vertedoiro.

Os resultados indicados na táboa 1 veñen a corroborar as hipóteses iniciais de traballo, e constatan que as empresas do sector agroalimentario vense claramente desfavorecidas na súa comparación, en canto a circularidade, con empresas do sector técnico. Debido a este problema importante presente no cálculo de ICM seguindo as

instrucións da metodoloxía da FEM, as actividades onde os produtos non son utilizables nun proceso de recirculación/reutilización (xa que cando son consumidos «desaparecen do sistema» e só unha porcentaxe moi baixa correspondente ao envoltorio, os residuos orgánicos dos produtos etc., pode ser reciclado/reutilizado) vense claramente prexudicadas. Proponse, polo tanto, unha modificación das fórmulas utilizadas para o cálculo do ICM e do ICM' para tentar adaptar os indicadores de circularidade á industria agroalimentaria.

A modificación consiste na determinación dun coeficiente corrector. Neste caso propomos dúas opcións: unha utilizando un coeficiente de dixestibilidade (C_{Dixest}) destinada a avaliar o ICM e o ICM' cando esteamos a falar dun produto final, e outra, un coeficiente de uso (C_{Uso}) cando esteamos a falar dun produto destinado a un proceso posterior.

No primeiro caso proponse a idea de engadir un novo termo C_{Dixest} , referido á fracción de masa dun produto que pode ser consumida por un ser vivo. Esta nova variable afectaríalle á cantidade de masa de residuo irrecuperable, que segundo o ICM da FEM vai ao vertedoiro ou recuperación de enerxía.

Isto vén ilustrado na figura 5, onde o produto final pode xerar uns residuos que poden ir, seguindo os fluxos da FEM, ao vertedoiro/produción de enerxía ou á reciclaxe/reutilización. Non obstante, aparece un novo fluxo, que é resultado do consumo do alimento, e cuxa cantidade depende da dixestibilidade do alimento en cuestión. A fórmula matemática correspondente co cálculo da masa de residuos irrecuperable e que vai destinada aos vertedoiros/enerxía é, polo tanto, a seguinte:

$$W_O = M \cdot (1 - C_R - C_U - C_{Dixest})$$

Onde C_{Dixest} é a fracción de masa do produto destinado á alimentación, polo que a inclusión desta nova variable non considera o produto agroalimentario coma un residuo que non pode ser reciclado ou reutilizado e permite, por tanto, mellorar os indicadores de circularidade dos produtos agroalimentarios. Evidentemente, cando os produtos están integrados por materiais diferentes, os cálculos deben realizarse coa masa de cada unha das fraccións que constitúen o produto.

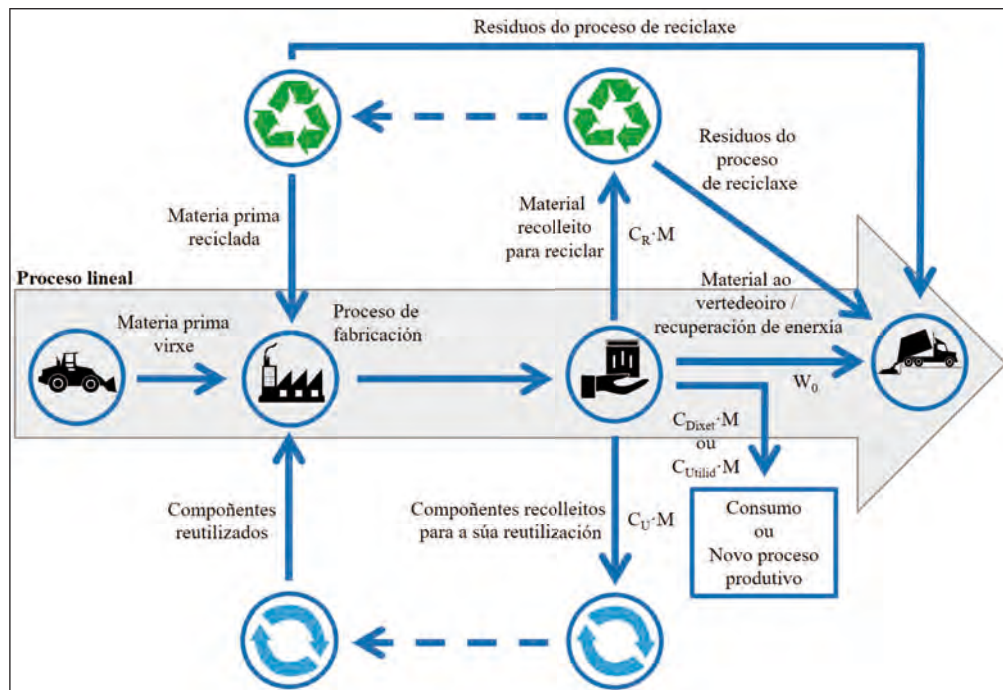


Figura 5. Representación esquemática do fluxo dos materiais dun produto tendo en conta a modificación proposta neste subproxecto (adaptada da Fundación Ellen MacArthur e Granta Design [1, 2])

Debido a que non existen estudos de dixestibilidade de alimentos puros ou individuais, e tendo en conta que esta é dependente do estado do individuo, a composición da dieta e da ración de comida, a cantidade de fibra ingerida, a preparación dos alimentos, a velocidade de paso etc., utilizáronse valores, o leal saber e entender do persoal investigador, destinados a aproximar o C_{Dixest} .

Tendo en conta a dixestibilidade aparente da proteína por parte dun ser humano (0,89) [20, 21] e que esta dixestibilidade é menor para o caso de alimentos ricos en fibra, establecéronse, para ver a idoneidade da nova variable, diferentes dixestibilidades aparentes teóricas. Para a carne de polo supúxoselle un valor do 70 % (0,70), para o queixo San Simón un 60 % (0,60) e para o viño, ao ser un alimento líquido, e que polo tanto se detén pouco dentro do corpo, supúxoselle unha menor dixestibilidade, neste caso un 30 % (0,30).

Cando nos referimos a un produto que se destinará a un novo proceso produtivo, é dicir, o produto xerado é a materia prima dun novo proceso posterior, é necesario o

cambio de denominación da variable, que pasa a ser denominado coeficiente de uso ($C_{U_{so}}$). Esta refírese á fracción de masa do produto destinado á seguinte fase. Por exemplo, no caso do viño, a totalidade das uvas recollidas na viña pasarían á bodega para a produción do alcohol, polo que o $C_{U_{so}}$ sería 1,00 ou 100 %.

Coma no caso da anterior, a nova variable inclúese na ecuación que calcula a cantidade de masa de residuo irrecuperable que vai ao vertedoiro ou final do proceso:

$$W_o = M \cdot (1 - C_R - C_U - C_{U_{so}})$$

Unha vez aplicada a modificación proposta, os tres casos seleccionados previamente vólvense calcular (táboa 2) para ver a influencia dos novos termos nos valores de ICM e do ICM'.

Caso	Sector	Subproceso	ICM	ICM corrixido	ICM'	ICM' corrixido
Vinho verde	Vitivinicola	Viña	0,100	0,550	0,100	0,287
Vinho verde	Vitivinicola	Bodega	0,256	0,333	0,163	0,194
Polo	Cárnico	Al. animal	0,100	0,550	0,100	0,473
Polo	Cárnico	Granxa	0,100	0,550	0,298	0,356
Polo	Cárnico	Matadoiro	0,102	0,412	0,341	0,379
Q. San Simón	Lácteo	Leitaría	0,100	0,550	0,100	0,184
Q. San Simón	Lácteo	Queixaría	0,111	0,356	0,200	0,214

Táboa 2. Valores dos ICM e ICM' (antes e despois da corrección) para os casos analizados no subproxecto 2

Pódese observar como, despois da inclusión das novas variables ($C_{D_{ixest}}$ ou $C_{U_{so}}$), todos sofren un aumento dos seus valores do ICM e do ICM'. Para o caso do viño, nótase un incremento sensiblemente maior para o ICM ca para o ICM', e pasa no subproceso viña dun valor de 0,100 a 0,550 para o ICM e de 0,100 a 0,287 no ICM'. No caso do polo, cada subproceso pasa de ser practicamente lineal a obter valores por encima de 0,350 en ambos os indicadores, e destaca o cambio sufrido para os subprocesos alimentación animal e granxa onde pasa de 0,100 a 0,550. Finalmente, para o caso do queixo San Simón a tendencia é a mesma ca no caso do polo, é dicir, os valores do ICM incrementáanse pasando de 0,100 e 0,111 a 0,550 e 0,356 na leitaría e na queixaría, respectivamente. Non obstante, no caso do ICM' o incremento non é tan acusado, ao obter un máximo valor de 0,214. Como se pode ver, o ICM' reflicte un comportamento moi

diferente segundo o subproceso estudado. Pódese observar como os subprocesos no que o produto ten como finalidade un subproceso posterior, os valores do ICM' incrementáanse dunha maneira notoria. Isto pódese ver na viña, onde o ICM' pasa dun valor de 0,100 a 0,287. O incremento máis importante é na alimentación animal na granxa de polos, onde pasa de 0,100 a 0,473. Semella claro que a inclusión do coeficiente de uso repercute de maneira significativa no ICM' cando o produto se pode considerar materia prima dun subproceso posterior.

4. Conclusións

A modificación proposta para o indicador de circularidade material desenvolvido pola Fundación Ellen MacArthur consegue incrementar o seu valor para os casos propostos (Vinho Verde no sector vitivinícola, carne de polo no sector cárnico e queixo San Simón no sector lácteo) solucionando en gran medida o problema da penalización imposta á industria agroalimentaria.

Tendo en conta os resultados obtidos para os tres casos estudados, pódese concluír que a inclusión do factor de corrección afecta de forma significativa o caso global e podería ser usada para calcular o ICM en empresas do sector agroalimentario da provincia de Ourense. Así mesmo, parece que a inclusión do novo factor repercute na mellora do ICM' cando o produto se pode considerar materia prima dun subproceso posterior.

5. Estudos futuros

Á vista dos resultados obtidos expóñense a continuación algunhas cuestións que serían interesantes de cara a estudos futuros:

- Sería axeitado a formación dun equipo multidisciplinario destinado a mellorar a solución proposta neste subproxecto e estudar en profundidade os balances de materia que viran ao redor de todo o proceso.
- Cómpre contar con empresas ourensás dos sectores estudados.
- Unha vez contada coa colaboración das empresas, sería moi importante poder dispoñer dun estudo minucioso de todos os fluxos e cantidades de materiais circulantes na empresa e tentar romper a reticencia das empresas para mostrar os seus procesos produtivos reais.
- Deberían analizarse de novo os dous factores incluídos neste subproxecto e tentar optimizar o seu uso para o cálculo do ICM e do ICM'.

- Deberíase estudar en profundidade o coeficiente de dixestibilidade e tentar desenvolver a nivel de laboratorio estudos en dixestores, que permitan obter datos de dixestibilidade de alimentos puros e, polo menos, dalgunhas mesturas representativas deles.
- Sería interesante incluír nos cálculos dos indicadores de circularidade algún termo que teña en conta a posibilidade de «reutilización» da fracción de masa non dixendida do alimento.
- Todas estas melloras deberían contar cun amplo rango de especialistas en distintos ámbitos: administración pública, economía, organización industrial, empresario, directores/as de planta, químicos/as, enxeñeiros/as químicos, licenciados/as en tecnoloxía dos alimentos, farmacéuticos/as etc., que integren un equipo multidisciplinario.
- Finalmente, así como o indicador de circularidade material da FEM naceu dun proxecto LIFE da Unión Europea, podería ser interesante tentar formar un equipo de traballo no ámbito autonómico/provincial para estudar a posibilidade de desenvolver o presente subproxecto dunha maneira máis profunda coa opción de solicitar algún proxecto dentro do programa LIFE da Unión Europea, do Programa operativo cooperación transfronteiriza España-Portugal (POCTEP), unha axuda con cargo á estratexia galega de economía circular 2020-2030, entre outros.

6. Agradecementos

A autoría deste capítulo do libro agradécelles á Deputación de Ourense e á Universidade de Vigo a súa colaboración e financiamento no subproxecto realizado a través do convenio suscrito para o desenvolvemento de actividades de difusión cultural, investigación, formación e deportes no campus de Ourense para o ano 2019 (INOUE2019). Os autores e autoras agradécenlle á Fundación Ellen MacArthur a autorización do uso da súa información e das súas figuras para realizar este capítulo do libro (a Fundación Ellen MacArthur non verificou a tradución). G. Astray agradécelle á Universidade de Vigo o seu contrato posdoutoral baixo o Programa de retención de talento investigador da Universidade de Vigo para 2018.

7. Referencias

- [1] Ellen MacArthur Foundation e Granta Design. (2015). *Circularity Indicators: An approach to measuring circularity*. Methodology. Recuperado o 16 de xullo de 2019, de https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/insight/Circularity-Indicators_Methodology_May2015.pdf
- [2] EllenMacArthurFoundationeGrantaDesign.(2015).CircularityIndicators:AnApproach to Measuring Circularity - Project overview. Recuperado o 16 de xullo de 2019, de https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/insight/Circularity-Indicators_Project-Overview_May2015.pdf
- [3] Ellen MacArthur Foundation. (2020). Ellen MacArthur Foundation. Recuperado o 20 de febreiro de 2020, de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/economia-circular/concepto>
- [4] Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- [5] Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., Cluzel, F. (2017). How to assess product performance in the circular economy? Proposed requirements for the design of a circularity measurement framework. *Recycling*, 2(1), 6. <https://doi.org/10.3390/recycling2010006>
- [6] McKinsey Global Institute. (2015). *Europe's Circular Economy Opportunity*. Recuperado o 20 de febreiro de 2020, de <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/europes-circular-economy-opportunity>
- [7] Edgerton, B., Giotto, E., van den Beukel, J. W., Petit, J. B., Iovkova, V., Karapinar, N. (2018). *Circular Metrics Landscape Analysis*. Informe para World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). Recuperado o 24 de febreiro de 2020, de <https://www.wbcsd.org/Programs/Circular-Economy/Factor-10/Metrics-Measurement/Resources/Landscape-analysis>
- [8] Gallopín, G. C. (1997). Indicators and Their Use: Information for Decision-making. Part One-Introduction. En Moldan, B., Billharz, S. (Eds.), *Sustainability Indicators. A Report on the Project on Indicators of Sustainable Development* (pp. 13–27). SCOPE 58, Wiley.
- [9] Beratan, K. K., Kabala, S. J., Loveless, S. M., Martin, P. J. S., Spyke, N. P. (2004). Sustainability indicators as a communicative tool: Building bridges in Pennsylvania. *Environmental Monitoring and Assessment*, 94(1–3), 179–191. <https://doi.org/10.1023/B:EMAS.0000016887.95411.77>
- [10] Griffiths, P., Cayzer, S. (2016). Design of Indicators for Measuring Product Performance in the Circular Economy. En Setchi, R., Howlett, R. J., Liu, Y., Theobald, P. (Eds.),

Sustainable Design and Manufacturing (pp. 307–321). https://doi.org/10.1007/978-3-319-32098-4_27

- [11] Giurco, D., Littleboy, A., Boyle, T., Fyfe, J., White, S. (2014). Circular economy: Questions for responsible minerals, additive manufacturing and recycling of metals. *Resources*, 3(2), 432–453. <https://doi.org/10.3390/resources3020432>
- [12] Evans, J., Bocken, N. (2020). Circular Economy Toolkit. Recuperado o 24 de febreiro de 2020, de <http://circulareconomytoolkit.org/>
- [13] Deputación Provincial de Ourense. (2020). Territorio Recuperado o 20 de febreiro de 2020, de <https://www.depourense.es/index.php/es/mainmenu-provincia/27-provincia/20-territorio>
- [14] Servicio Público de Empleo Estatal - SEPE. (2019). "Observatorio de las Ocupaciones: 2019 – Informe del Mercado de Trabajo de Ourense – Datos 2018. (Servicio Público de Empleo Estatal, Ed.). Madrid. Recuperado o 20 de febreiro de 2020, de https://www.sepe.es/SiteSepe/contenidos/que_es_el_sepe/publicaciones/pdf/pdf_mercado_trabajo/2019/Mercado-de-Trabajo-Provincial-2019/Mercado-de-Trabajo-2019-Ourense--Datos-2018-.pdf
- [15] Deputación Provincial de Ourense. (2020). Provincia. Recuperado o 20 de febreiro de 2020, de <https://www.depourense.es/index.php/es/mainmenu-provincia>
- [16] Lieder, M., Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: A comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 115, 36–51. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042>
- [17] Neto, B., Dias, A. C., Machado, M. (2013). Life cycle assessment of the supply chain of a Portuguese wine: From viticulture to distribution. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(3), 590–602. <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0518-4>
- [18] González-García, S., Gomez-Fernández, Z., Dias, A. C., Feijoo, G., Moreira, M. T., Arroja, L. (2014). Life Cycle Assessment of broiler chicken production: A Portuguese case study. *Journal of Cleaner Production*, 74, 125–134. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.03.067>
- [19] González-García, S., Hospido, A., Moreira, M. T., Feijoo, G., Arroja, L. (2013). Environmental life cycle assessment of a galician cheese: San Simon da Costa. *Journal of Cleaner Production*, 52, 253–262. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.03.006>
- [20] Moughan, P. J., Donkoh, A. (1991). Amino acid digestibility in non-ruminants - A review. *Recent Advances in Animal Nutrition in Australia*, 172–184. Recuperado o 26 de febreiro de 2020, de <http://livestocklibrary.com.au/handle/1234/19632>
- [21] Darragh, A. J., Hodgkinson, S. M. (2000). Quantifying the digestibility of dietary protein. *Journal of Nutrition*, 130(7), 1850S-1856S. <https://doi.org/10.1093/jn/130.7.1850S>

Proxectos INOOU 2019

Vicerreitoría do
Campus de Ourense

Universidade de Vigo