



ESCOLA DE DOUTORAMENTO
INTERNACIONAL DA USC

Rebeca
Tallón Armada

Tese de doutoramento

Os arquivos do tempo:
reconstrucción paleoambiental
aplicada a contextos
arqueolóxicos

Santiago de Compostela, 2022



TESE DE DOUTORAMENTO

**OS ARQUIVOS DO TEMPO:
RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL APLICADA
A CONTEXTOS ARQUEOLÓXICOS**

Rebeca Tallón Armada

ESCOLA DE DOUTORAMENTO INTERNACIONAL DA UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA



PROGRAMA DE DOUTORAMENTO EN Medio Ambiente e Recursos Naturais

SANTIAGO DE COMPOSTELA

ANO 2022

D./Dna. **REBECA TALLÓN ARMADA**

Título da tese: OS ARQUIVOS DO TEMPO: RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL APLICADA A CONTEXTOS ARQUEOLÓXICOS

Presento a miña tese, seguindo o procedemento axeitado ao Regulamento, e declaro que:

- 1) A tese abarca os resultados da elaboración do meu traballo.
- 2) De ser o caso, na tese faise referencia ás colaboracións que tivo este traballo.
- 3) Confirmo que a tese non incorre en ningún tipo de plaxio doutros autores nin de traballos presentados por min para a obtención doutros títulos.
- 4) A tese é a versión definitiva presentada para a súa defensa e coincide a versión impresa coa presentada en formato electrónico

E comprométome a presentar o Compromiso Documental de Supervisión no caso de que o orixinal non estea na Escola.

En **Santiago de Compostela, 05 de Xaneiro de 2022.**

Sinatura electrónica

AUTORIZACIÓN DO DIRECTOR / TITOR DA TESE

[Os arquivos do tempo: reconstrución paloeambiental aplicada a contextos arqueolóxicos]

D. Antonio Martínez Cortizas

e

Dna. Manuela Costa Casais

INFORMAN:

Que a presente tese, correspóndese co traballo realizado por Dna. Rebeca Tallón Armada, baixo a miña dirección, e autorizo a súa presentación, considerando que reúne os requisitos esixidos no Regulamento de Estudos de Doutoramento da USC, e que como director desta non incorre nas causas de abstención establecidas na Lei 40/2015. De acordo co indicado no Regulamento de Estudos de Doutoramento, declara tamén que a presente tese de doutoramento é idónea para ser defendida en base á modalidade de COMPENDIO DE PUBLICACIÓNS, nos que a participación do/a doutorando/a foi decisiva para a súa elaboración e as publicacións se axustan ao Plan de Investigación.

En Santiago de Compostela., 05 de xaneiro de 2022

Á miña familia, a meu pai e a meu irmao.
En especial, á miña mai, polo seu apoio incondicional.

Esta tese basease nos seguintes manuscritos:

Manuscrito 1 (Capítulo 1)

Tallón-Armada, R., Costa-Casais, M., Schellekens, J., Taboada Rodríguez, T., Vives Ferrándiz Sánchez, J., Ferrer García, C., Abel Schaad, D., López-Sáez, J. A., Carrión Marco, Y., & Martínez Cortizas, A. (2014). Holocene environmental change in Eastern Spain reconstructed through the multiproxy study of a pedo-sedimentary sequence from Les Alcusses (Valencia, Spain). *Journal of Archaeological Science*, 47(1). **JCR IF (2014):2.196. Q2 in Geoscience, Multidisciplinary; Q1 in Archaeology.**

Contribución da doutoranda: conceptualización, análise de laboratorio, análise e interpretación de datos, e redacción do manuscrito.

Manuscrito 2 (Capítulo 2)

Tallón-Armada, R., Costa-Casais, M., & Taboada Rodríguez, T. (2015). Evolución de un sector costero durante la Alta Edad Media en el NW de la Península Ibérica. *Estudos Do Quaternário / Quaternary Studies*, 12, 27–38. **Indexado en SCOPUS; Q4 en Earth-Surfaces Processes, Geology e Paleontology; Q2 en Arqueoloxía.**

Contribución da doutoranda: conceptualización, análise de laboratorio, análise e interpretación de datos, e redacción do manuscrito.

Manuscrito 3 (Capítulo 3)

Tallón-Armada, R., Costa-Casais, M., Blanco-Chao, R., Taboada Rodríguez, T., & Martínez Cortizas, A. (2018). Paleoenvironmental reconstruction of an urban archaeological site: The Roman Salt mines of Vigo, northwest Iberia. *Geoarchaeology*, 33(1), 112–126. **JCR IF (2018): 1.882. Q1 in Geoscience, Multidisciplinary; Q1 in Archaeology. #Top20 en descargas e visualizacións na revista para 2017/2018.**

Contribución da doutoranda: conceptualización, análise de laboratorio, análise e interpretación de datos, e redacción do manuscrito.

ÍNDICE

ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS	3
INTRODUCCIÓN	7
1. MARCO INSTITUCIONAL DA INVESTIGACIÓN	7
2. MARCO TEÓRICO XERAL	8
HIPÓTESE E OBXECTIVOS	17
1. HIPÓTESE DE TRABALLO	17
2. OBXECTIVOS	17
DESCRIPCIÓN METODOLÓXICA	19
DISCUSIÓN	23
FASE 0: MARCO TEÓRICO ESPECÍFICO	23
FASE 1: CONTEXTUALIZACIÓN E CARACTERIZACIÓN DAS ÁREAS DE ESTUDO	25
1. Contexto mediterráneo: estudo no entorno arqueolóxico	26
2. Contexto atlántico, estudo no interior do xacemento	28
FASE 2. PREGUNTAS ARQUEOLÓXICAS E PROXIES AMBIENTAIS	30
1. Estudo do rexistro micro e aplicación multiproxy (BQT)	30
2. Evolución litoral e explotación do sal (Salinas I e II):	32
3. Estudo cronolóxico	33
FASE 3. RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL	35
1. Cronoloxía e marco climático para BQT e Salinas I&II	35
CONCLUSIÓNS	41
LIÑAS DE TRABALLO FUTURAS	43
REFERENCIAS	45
ANEXOS: TRABALLOS PUBLICADOS	59

ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

AD: “anno Dómini” (lat: ano do Señor)

BC: siglas en inglés que significan “antes de Cristo” (before Christ)

BP: antes do presente do inglés “*before present*”, referencia en disciplinas científicas como estándar para referenciar un evento no pasado (1950)

BQT: Bosquet – área estudada en contexto mediterráneo

Cal: anos calibrados

CP: compoñente principal

DRX: difracción de raios X

in situ: expresión latina que significa “no sitio”

ka: kilo ano ou un milenio

MO: materia orgánica

MUNSELL: guía para identificación do color de mostras de solos/sedimentos

OSL: Luminiscencia Ópticamente Estimulada

PCA: análise estatística por compoñentes principais (Principal Component Analysis)

pH: potencial de hidróxeno

per se: expresión latina que significa en si mesmo ou por si mesmo

Pirólise GS/MS: Pirólise gases/masas

SALINAS I & SALINAS II: áreas estudadas en contexto atlántico, pertencentes ás rúas Rosalía de Castro e O Areal da cidade de Vigo, respectivamente

XRF: fluorescencia de raios X

¹⁴C: datación por carbono 14

syringyl/guaiacyl e 3-ring/2-ring PA: dúas das moléculas que compoñen ás ligninas. A súa abundancia relativa (relación siringiyl-guaiacyl (S/G)), pódese utilizar para diferenciar a vexetación de ximnospermas e anxiospermas

RESUMO

GALEGO

Esta tese aborda a aplicación metodolóxica das Ciencias da Terra á Arqueoloxía, dende o marco teórico da *Edafoarqueoloxía* e *Reconstrución Paleoambiental aplicada a contextos arqueolóxicos*. Preséntase a modo de compendio de artigos e desenvolve a análise de sinais de cambio ambiental en arquivos edafosedimentarios (*xeoindicadores*) de dous contextos arqueolóxicos (sector continental mediterráneo de época Neolítica vs sector litoral atlántico de época romana). Combina a información físico-química, composicional e mineralóxica destes arquivos coa obtida doutros proxies ambientais e do estudo cronolóxico (14C), interpretando a partir de modelos de evolución actual, os cambios ambientais no pasado e a súa relación coa actividade humana.

Esta liña de investigación xorde como resposta á Arqueoloxía de urxencia e á necesidade de estandarizar os estudos de reconstrución paleoambiental aplicados a contextos arqueolóxicos. Os resultados obtidos amosan dous sectores amplamente contrastados. Por unha banda o sector mediterráneo, asociado ao xacemento de Les Alcusses (Valencia), de alta relevancia por ser unha área pioneira en asentamentos dos primeiros gandeiros/agricultores. Estúdase coa perspectiva de atopar indicios de cultivo para época Neolítica. Para este sector obtívose unha secuencia edáfica formada por VI ciclos, desenvolta sobre materiais carbonatados e que abrangue un rango cronolóxico dende o 8.7/8.5 ata o 1.6 /1.4 kilo anos calibrados antes do presente (ka cal BP). Os datos físico-químicos, de composición da materia orgánica (MO), estudo antracolóxico e polínico amosan para momento Neolítico un nivel de solo altamente edafizado e desecarbonatado, desenvolto nun medio con baixa incidencia de lumes e clima predominantemente cálido e húmido. Condicións que favorecen o asentamento humano e desenvolvemento do cultivo. Os datos polínicos e de composición da MO tamén inciden no cambio da vexetación no medio, de abundancia arbórea a prados. En xeral identifícase o aumento da presión antrópica no medio dende época Neolítica en diante, paralelamente a cambios no clima cara un medio máis árido e seco, con alta predominancia de procesos erosivos.

No caso do sector atlántico, atopámonos con dous xacementos de explotación do sal de época romana, na cidade de Vigo. Reconstrúense 4000 anos de evolución costeira (3.9/3.7 a 0.9/0.7 ka cal BP). O medio pasa de estar dominado por unha praia a ser unha formación de marisma, sobre a que se instalan as estruturas de salgadura romanas. Este cambio, xunto coas condicións climáticas favorables do Período Cálido Romano e as dinámicas asociadas á subida do nivel do mar do Holoceno tardío, crearon condicións adecuadas para o establecemento dunha mina de sal nun enclave a día de hoxe non óptimo para tal actividade. Posteriormente identifícanse cambios na liña de costa que se estenden ata comezos da Alta Idade Media, cunha evolución do medio desde formacións de marisma-lagoon a formacións de duna, coincidindo co cese da

explotación romana de sal e o inicio do período Frío Altomedieval. Estes resultados son similares aos encontrados noutros puntos da Ría de Vigo (xacementos de Hospital e Toralla). A través dos traballos desenvolto púidose establecer un protocolo metodolóxico co que sistematizar aspectos clave á hora de abordar unha correcta interpretación dos xacementos e o seu entorno.

ENGLISH

This thesis tackles the methodological application of the Earth Sciences to Archaeology, from its theoretical framework of *the Edaphoarchaeology and Paleoenvironmental Reconstruction applied to archaeological contexts*. It is presented as a way of compendium of articles and develops the analysis of signals of environmental change in edapho-sedimentary archives (*geoindicators*) of two archaeological contexts (Mediterranean continental sector of Neolithic periods and Atlantic coastal sector of Roman period). It combines the physical-chemical, compositional and mineralogical information of those archives with the obtained of other environmental proxies and of the chronological study (14C), interpreting from models of current evolution, the environmental changes in the past and its relation with the human activity. This line of investigation arises like answer to the Archaeology of urgency and to the need to standardise the studies of paleoambiental reconstruction applied to archaeological contexts. The results obtained show two widely contrasted sectors. On one side, the Mediterranean sector, associated to the deposit of *Les Alcusses* (Valencia), of high importance for being a pioneering area in settlements of the first graziers/agriculturalists. It is studied with the perspective to find indications of crop for Neolithic period. For this sector, an edaphic sequence formed by VI cycles was obtained, managed on carbonated materials and that covers a chronological rank from the 8.7/8.5 until the 1.6 /1.4ka cal BP. The physical-chemical data, of composition of the organic matter (OM), anthracological polynyc study show for the Neolithic moment a level of highly soiled and decarbonated ground, managed in a half with low incident of fires and predominantly warm and humid climate, conditions that favour the human settlement and development of the crop. The polynyc data and of composition of OM also affect the change of the vegetation in environment, of arboreal abundance and meadows. In general, it identifies the increase of the anthropic pressure in environment from Neolithic period from now on, simultaneously to changes in the climate to a more arid and drier environment, with high predominance of erosive processes.

In the case of the Atlantic sector, we find two deposits of exploitation of salt in Roman period, in the city of Vigo. They reconstruct 4000 years of coastal evolution (3.9/3.7 to 0.9/0.7 ka cal BP). The environment turns from being dominated by a beach to be a formation of marsh, on which they install the structures of Roman salting. This change, together with the favourable climatic conditions of the Roman Warm Period and the dynamics associated to the rise of the level of the sea of the late Holocene, created suitable conditions for the establishment of a mine of salt in an enclave nowadays, no excellent for such activity. Later they identify changes in the line of coast that spread until beginnings of the high Half Age, with an evolution of the environment from formations of marsh-lagoon to the dune formations, according to the cessation of the Roman exploitation of salt and the start of the Cold High-medieval period. These results are similar to the found in other points of the Estuary of Vigo (deposits of Hospital and Toralla). Through the works managed, we could establish a methodological protocol with which we could systematise key aspects to tackle a correct interpretation of the deposits and their surroundings.

INTRODUCCIÓN

1. MARCO INSTITUCIONAL DA INVESTIGACIÓN

Esta tese englobase no contexto institucional da Universidade de Santiago de Compostela (USC, España); dentro do departamento de Edafoloxía e Química Agrícola da Facultade de Bioloxía. Enmárcase na liña de investigación sobre a transferencia de técnicas e métodos das Ciencias da Terra á Arqueoloxía. Parte do macro teórico da reconstrución paleoambiental e o estudo *Edafoarqueolóxico* (Itkin et al., 2018; Pourret et al., 2020; Russo Ermolli et al., 2018; Sun & Zhao, 2020; Walkington, 2010), coa finalidade de desenvolver unha proposta metodolóxica dende a cal abordar a casuística dos xacementos arqueolóxicos, a partir do estudo dos rexistros edafosedimentarios e a interpretación das sinais presentes neles, dende unha perspectiva integrada e interdisciplinar.

Esta liña de traballo iníciase dúas décadas atrás no grupo de investigación á raíz da demanda arqueolóxica. A escala local engloba o estudo do medio entorno aos xacementos e a escala rexional estuda o alcance e implicacións do impacto das actividades humanas para diferentes sectores (Costa-Casais, 2008; Costa Casais et al., 2009.; Ferro-Vázquez et al., 2013, 2014, 2015; Kaal et al., 2008, 2011, 2013; López-Merino et al., 2014; Martínez-Cortizas et al., 1999; 2005, 2009; Silva-Sanchez et al., 2013; 2014) Normalmente desenvólvese por proxectos e convenios de traballo entre empresas privadas e/ou centros de investigación públicos. Nos últimos anos, estes foron diminuindo a raíz da redución de recursos pola crise económica, pero o fío de traballo seguiu mantendo ao longo do tempo, de xeito morno e dirixido principalmente pola arqueoloxía de urxencia. A día de hoxe, a demanda arqueolóxica segue presente, o cal é un indicador da relevancia desta liña de investigación e pon de manifesto a necesidade dunhas pautas de traballo multidisciplinares que dirixan de forma fiable estas investigacións. De feito, a experiencia de colaboracións con especialistas da arqueoloxía indica que é un obxectivo prioritario estandarizar un modelo de traballo que permita, de forma práctica, realizar estas aplicacións.

Seguindo esta liña, xurdiron dúas investigacións ao abeiro de proxectos sólidos en canto a recursos económicos, temporais e humanos. Unha no ámbito da costa atlántica e outra no litoral mediterráneo. Ambas supuxeron un punto de inflexión para o avance deste tipo de aproximacións e desenvólvense baixo unha planificación multidisciplinar, involucrando especialistas dos ámbitos das Ciencias da Terra- Ciencias Naturais e Arqueoloxía. Nelas o estudo das formacións superficiais no contexto arqueolóxico era principal, o que permitiu abordar unha metodoloxía de traballo completa dende as Ciencias da Terra á Arqueoloxía, que ata o de agora non se puxera en práctica en sectores similares.

A tese que se presenta nace impulsada a raíz destes proxectos e susténtase co traballo realizado neles, así coma, nas experiencias con outros contextos arqueolóxicos, tanto propias coma doutros grupos de investigación.

O manuscrito 1 (capítulo 1), abrangue a investigación feita nun contexto Mediterráneo, de época Neolítica, dentro do marco “*Origins and spread of agriculture in the south-western Mediterranean region*”. Entidade financeira: *Agriwestmed. Seventh Framework Programme. “Ideas” Specific programme European Research Council*. Entidades participantes: *CSIC-Center for Humanities and Social Sciences-CCHS (Madrid) and CSIC of IEGPS (Santiago), University of Cambridge, the National Institute for Agricultural Botany (NIAB)(Cambridge), University of Barcelona, University of Lérida.. Duración, dende 2009 ata 2012. Investigadora principal: Leonor Peña Chocarro*. Esta investigación sitúase dentro do xacemento íbero de La Bastida de les Alcusses (Moixent, Valencia), no que se identifica ocupación humana dende o momento Neolítico.

Os manuscritos 2 e 3 (capítulos 2 e 3) correspóndense con dous xacementos dun mesmo sector, de explotación do sal en época romana, localizados a día de hoxe no centro da cidade de Vigo como consecuencia do crecemento urbano sobre a franxa litoral. Foron descubertos no marco de obras públicas e privadas do sector inmobiliario. Debido á súa relevancia arqueolóxica, por localización, tipo de actividade e extensión, elaborouse un proxecto de investigación dentro do cal se pretendía coñecer a evolución deste sector litoral en relación á actividade humana, así como, identificar posibles causas do cese da actividade salineira: *Toma de muestras y estudio paleoambiental en el yacimiento arqueológico de Rosalía de Castro (Vigo, Pontevedra)* (Capítulo 2) e *Realización de análisis paleoambientales y arqueométricos del yacimiento de O Areal* (Capítulo 3) *Ambos como Contrato-convenio coa Dirección Xeral de Patrimonio Cultural. Xunta de Galicia e con entidades participantes: IEGPS-CSIC-Xunta de Galicia. USC. FEUGA. Duración: 2007-2008 e 2008-2009. Investigador responsable: Antonio Martínez Cortizas e Manuela Costa Casais.*

2. MARCO TEÓRICO XERAL

A tese aborda a aplicación metodolóxica das Ciencias da Terra á Arqueoloxía e relaciónase de xeito amplo coa *Reconstrución Paleoambiental* en contextos arqueolóxicos e *Arqueoloxía Ambiental*, e nun ámbito máis concreto, coa *Edafoarqueoloxía*, e a *Xeoarqueoloxía*. A continuación expoñerase como foron aparecendo cada un destes contextos de investigación, en que consisten e cal é relación co marco teórico desta tese doutoral.

Estas aproximacións teóricas teñen en común que inclúen o estudo da relación entre medio físico-actividade humana dende a análise e interpretacións das formacións superficiais, pero con puntos de partida lixeiramente distintos, principalmente definidos polas disciplinas dende as que se desenvolven. A súa evolución ven determinada pola necesidade de resolver preguntas arqueolóxicas que cun enfoque estritamente arqueolóxico e monodisciplinar, quedaría sen descifrar, xa que a actividade humana non é allea ao medio no que se desenvolve e a evolución das sociedades non so depende de procesos sociais *per se*. Un exemplo desta relación case indivisible atópase no territorio galego, onde a maioría de xacementos presentes son asentamentos ao aire libre, o que fai que a interpretación destes contextos quede fortemente ligada á evolución do medio no que se desenvolven (Martínez Cortizas, 1996).

Que as formacións superficiais sexan un punto principal no estudo destes marcos teóricos é debido a que funcionan como sistemas de memoria do medio, gardando información sobre a evolución da paisaxe e os procesos implicados (Martínez Cortizas, 2000). Isto é debido a que os cambios nas condicións ambientais (por orixe ambiental ou antrópica) provocan

modificacións nos procesos que modelan as formacións superficiais e polo tanto na paisaxe, con distinta intensidade, transformándoa e reestruturándoa a diferentes escalas (Butzer, 2011). Estes procesos, confírenlle características e propiedades concretas, que segundo expón a *Reconstrución Paleoambiental*, en moitos casos son medibles e polo tanto poden interpretarse como *sinais*, de igual modo que e as formacións que as conteñen, como *arquivos paleoambientais* (Figura 1).

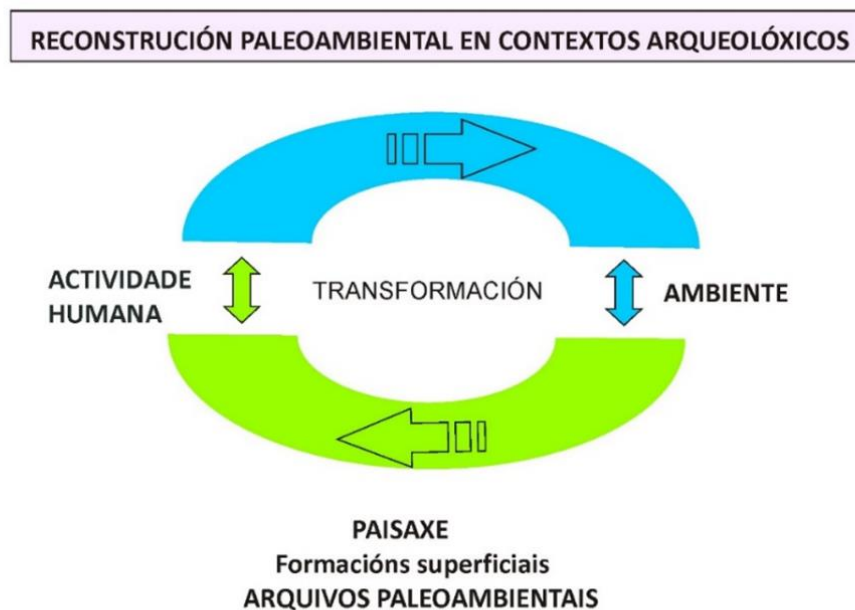


Figura 1. Premisas base da reconstrución paleoambiental aplicadas ao estudo en contextos arqueolóxicos

A **Reconstrución Paleoambiental** como campo de investigación é moi amplo, a partir dela elabóranse numerosas vías de estudo coas que dar a coñecer a evolución ambiental no pasado, case tantas como subsistemas conforman o medio, tal e como amosan os seguintes traballos (Bernárdez et al., 2008; Hermanns & Biester, 2013; Silva-Sánchez et al., 2014; Terwilliger et al., 2008; Toro et al., 2013; Vyse et al., 2020; Zastrozhnov et al., 2020). Para entender mellor a súa finalidade hai que desglosar os termos ambiente, clima e especialmente "contextos paleoambientais". Estes adoitan usarse indistintamente, pero o primeiro é relativamente específico tal e como indica Holliday (2004). O termo "Ambiente" (e por conseguinte "paleoambiente") engloba todos os elementos e relacións físicas e biolóxicas que inciden nun ser vivo, polo tanto a especificación do ambiente dun organismo resalta aquelas variables relevantes do seu entorno necesarias para o seu desenvolvemento (Dincauze, 2000).

Aínda que as liñas de traballo da Reconstrución Paleoambiental están amplamente desenvoltas nas últimas décadas, a súa aplicación a contextos arqueolóxicos é menos prolífica e máis próxima no tempo. Os primeiros traballos neste senso son os de tipo palinolóxico. En Galicia,

comezan na década dos anos 70 do século XX coa fin de coñecer a paleopaisaxe e realizar unha aproximación á reconstrución do paleoambiente (Aira & Vázquez, 1986; Bellot & Vieitez, 1945; Vázquez & Aira, 1986). Posteriormente, os estudos de pole comezan a ser un referente dentro da reconstrución de xacementos arqueolóxicos (Ramil-Rego, 1993), á vez que se integran outras disciplinas como é a edafoloxía (Aira Rodríguez & Guitián, 1984, 1985-86; Aira Rodríguez et al., 1989). Dende a década dos 80 e 90 do século XX, dentro do grupo de investigación no que se enmarca esta tese doutoral vense facendo unha investigación aplicada da reconstrución paleoambiental de diferentes contextos arqueolóxicos galegos.

O enfoque destes traballos é interdisciplinario, converxendo distintos eidos das Ciencias da Terra, Xeomorfoloxía, Edafoloxía, Sedimentoloxía- e do estudo de indicadores bióticos subfósiles -Palinoloxía-, que xunto coas idades radiocarbónicas permiten a integración dos datos e a contextualización cronolóxica da reconstrución paleoambiental en contextos arqueolóxicos (Blanco-Chao et al, 2017; Costa-Casais et al., 1996; 1998, 2009; 2008, 2011, 2015; Costa-Casais & Kaal, 2015; Kaal et al., 2008, 2011, 2013; Llana, et al., 1991-1992 ; López Sáez et al., 2003; Martínez Cortizas, 1990, 1996; Martínez Cortizas & Moares Domínguez, 1995; Martínez Cortizas et al., 2009). Este tipo de abordaxe dos contextos arqueolóxicos, supuxo unha novidade que non se incorpora no ámbito internacional, de xeito habitual, ata época recente. Non soamente por incluír o estudo do rexistro subfósil dentro dos contextos arqueolóxicos, se non por implicar ás Ciencias da Terra (Xeoloxía, Sedimentoloxía, Xeomorfoloxía, Edafoloxía e Xeoquímica) presentándoas como unha ferramenta máis coa que analizar os xacementos arqueolóxicos, polo tipo de arquivos ambientais que estudan e as técnicas das que dispoñen para facelo. Estas aportan amplas posibilidades para coñecer a evolución das formacións superficiais en relación aos cambios ambientais e a actividade antrópica (Figura 1).

Aínda que o estudo do medio nos contextos arqueolóxicos estivo bastante ausente, a natureza dos ambientes prehistóricos foi durante moito tempo unha cuestión fundamental a tratar dende a Arqueoloxía (Holliday, 2004). Se buscamos a nivel global cales foron as primeiras aproximacións Ciencias da Terra-Arqueoloxía atópanse da man da **Xeoarqueoloxía**, na segunda década do século XX. Este ámbito de traballo sobresaíu primeiramente grazas aos traballos de Butzer, a través dos cales investigou o espazo arqueolóxico dende a Xeoloxía, Sedimentoloxía e Xeomorfoloxía (Butzer, 1982, Herz, & Garrison, 1998; Renfrew, 1976). Seguindo a división existente dentro das Ciencias Naturais, en Biolóxicas ou Ciencias da Terra, definiuse en relación á Arqueoloxía o estudo dos organismos que antes como Bioarqueoloxía e o dos materiais xeolóxicos e xeomorfolóxicos, Xeoarqueoloxía (Wilkinson e Stevens, 2011).

A expansión e relevancia deste campo de traballo foi en aumento rapidamente á par que se fixo máis interdisciplinar, aínda que con algunhas limitacións, principalmente para o estudo dos solos, que quedou relegado a un sentido estratigráfico, sen incluír *a priori* a súa evolución edáfica ou xeoquímica (Hill, 2017, Shahack-Gross, 2017). Namentres se encocou no estudo xeolóxico, xeomorfolóxico e estratigráfico dos contextos arqueolóxicos (Brown, et al, 2011; Murphy et al., 2014; Nicosia, 2018; Rinck, 2014; Wilson, 2011). Nas últimas décadas investigadores e investigadoras deste ámbito consideraron necesario revisar o marco teórico que abrangue a Xeoarqueoloxía, de cara á súa ampliación e traballo multidisciplinar, incorporando todas aquelas disciplinas do ámbito das Ciencias da Terra, e concretamente o estudo dos solos como arquivos ambientais potenciais en contextos arqueolóxicos (Hill, 2017; Goldberg et al, 2001, Goldberg & Macphail, 2006). Incluso, algúns investigadores consideran que o ámbito da Xeoarqueoloxía a día de hoxe delimita un sector científico máis amplo,

integrando tamén á Antropoloxía e aos Estudos Cuaternarios (Nicoll & Murphy, 2014). Unha descrición que o aproxima moito á Reconstrución Paleoambiental en contextos arqueolóxicos. Se comparamos Xeoarqueoloxía e Reconstrución Paleoambiental en contextos arqueolóxicos, de xeito tradicional, a primeira aborda o estudo do contexto arqueolóxico dende as Disciplinas das Ciencias da Terra e a Arqueoloxía, mentres que a segunda ten un punto de vista máis amplo, e tamén inclúe ás disciplinas que estudan o rexistro fósil e subfósil. Ámbalas dúas poñen de manifesto a importancia do estudo dos contextos arqueolóxicos dende as Ciencias da Terra, sendo a Xeoarqueoloxía a primeira en levalo á práctica a nivel xeral.

Falar de Reconstrución Paleoambiental aplicada a contextos arqueolóxicos implica falar tamén de **Arqueoloxía Ambiental**. Esta última ten unha historia moito máis curta e recente, pois o primeiro uso do termo ocorreu en 1950 (Connor, 1997). Os científicos das ciencias naturais traballaban habitualmente cos arqueólogos a mediados do século XIX (Wilkinson & Stevens, 2011) e segundo estes autores, as preocupacións ambientais centrábanse nos estudos de flora e fauna, e na forma en que os humanos interactuaban con estes outros organismos vivos. Neste momento a Arqueoloxía Ambiental trataba de reconstruír os aspectos físicos das paisaxes nas que a xente vivía, cazaba e cultivaba (Xeomorfoloxía). É dicir, avaliaba a dinámica xeomorfolóxica dos ríos e regatos, a forma e pendente dos outeiros, a fertilidade dos solos, a profundidade dos lagos, a distancia ao mar e outras innumerables variables do medio físico.

Rapp & Hill (2006) dividen a Arqueoloxía Ambiental en tres fases. Na primeira (século XIX e antes) non existía unha fronteira real entre Arqueoloxía e as Ciencias Naturais e, de feito, os individuos traballaban a través do que agora veríamos como unha serie de disciplinas. A segunda fase (século XX–Segunda Guerra Mundial) recoñecida por estes autores, denomínase colaboración, e caracterízase porque os científicos naturais traballan xunto con arqueólogos para investigar problemas de interese para ambos. Fixéronse cada vez máis especializados, xa que un só individuo raramente era un experto nunha disciplina tan sólida (Rapp e Hill, 2006). Na fase final, ou integración, (o fin da Segunda Guerra-Presente), o progreso das ideas foi amplo e, finalmente, levou ao desenvolvemento da ciencia arqueolóxica que coñecemos hoxe. A frase "*o presente é a clave do pasado*" utilízase a miúdo para introducir un concepto clave que se aplica en todos os aspectos das Ciencias Naturais relacionados co pasado, pero particularmente co Cuaternario.

A día de hoxe a Arqueoloxía Ambiental estuda as transformacións que unha sociedade dada provocou no ambiente, así como o impacto cos cambios ambientais tiveron nesa sociedade, empregando técnicas e conceptos desenvolto en multitude de disciplinas, todas aquelas capaces de estudar ao ser humano e o seu entorno (como Bioloxía, a Ecoloxía, a Zooloxía, a Botánica, a Xeoloxía, a Oceanografía, a Climatoloxía, a Antropoloxía, a Xeomorfoloxía, a Edafoloxía, a Xeoquímica, etc.) (Dincauze, 2000). Isto pon de manifesto a necesidade dun enfoque multidisciplinar á hora de desentrañar a interacción entre ser humano e medio ambiente.

Aínda que o termo "interdisciplinar" se converteu nunha palabra de moda para os escritores de grandes propostas, Butzer (2011) xa dicía que a verdadeira colaboración interdisciplinaria é esencial para a Xeoarqueoloxía. Así xurdiu *Environmental and Archaeology* (Butzer, 1964). A idea é a concepción da Xeoarqueoloxía como un compromiso entre as Ciencias da Terra e a Arqueoloxía, máis ben que a aplicación dunha batería de técnicas nun contexto arqueolóxico. Para Butzer (2011) esta excursión interdisciplinar conclúe con suxestións sobre por que e como podemos entrar nun discurso académico máis amplo con respecto ao "novo" ecoloxismo, o papel do clima e a degradación ambiental no colapso da civilización e a vinculación de *Xeoarqueoloxía e Sustentabilidade*.

Seguindo a descrición que fai a Arqueoloxía Ambiental, as perspectivas desde as que se poden abordar estes estudos son amplas, tantas como disciplinas implicadas para tratar a súa interacción, pero sempre cunha meta semellante. A día de hoxe a Reconstrución Paleoambiental tamén contempla multitude de técnicas e disciplinas dende as que estudar a evolución do medio, e que seguen aumentando segundo crecen os avances tecnolóxicos e científicos. Este feito repercute directamente na súa aplicación en contextos arqueolóxicos e sitúa a ámbalas dúas nun marco teórico homólogo, onde o foco do estudo é o mesmo: a interacción entre o medio natural e as comunidades humanas (Figura 2).

As múltiples vías coas que estudar a interacción medio-actividade humana fan que sexa posible completar de xeito máis preciso o quebracabezas que supón entender o funcionamento destes espazos no pasado e como evolucionaron. Sendo cada liña de traballo un camiño co que obter unha porción da información necesaria para chegar a ver o cadro completo. A nivel práctico, as investigación non adoitan incluír todos os elementos que se atopan dentro do seu campo de traballo. Á hora de abordar o estudo dun contexto arqueolóxico, cada investigación presenta as súas propias características e formas de desentrañar o estudo do medio en relación á actividade humana. Este xeito de traballar pode ser moi enriquecedor pero, despois da experiencia acumulada no grupo de investigación, en relación ao estudo destes sectores, queda patente a necesidade de establecer unha metodoloxía de traballo que extraia a maior potencialidade das aproximacións Ciencias Naturais e Humanidades.

Este é o punto de traballo onde se pretende actuar a nivel desta tese doutoral, alo menos no ámbito de investigación da Península Ibérica e concretamente en Galicia. Manexar unha metodoloxía base para a caracterización ambiental dos contextos arqueolóxicos relacionada coas Ciencias da Terra e concretamente co estudo dos arquivos edafosedimentarios. A través dela asentar a base necesaria para desenvolver este tipo de investigacións. En relación a isto, non é coincidencia que a Xeoarqueoloxía, Reconstrución Paleoambiental e Arqueoloxía Ambiental converxan na abordaxe dos contextos arqueolóxicos dende as Ciencias da Terra.

Ao largo da exposición deste marco teórico estase a indicar que o estudo dos arquivos edafosedimentarios é de alta relevancia para a investigación en contextos arqueolóxicos, pero que a súa inclusión como eixe base destas investigacións é relativamente recente. Primeiro cabe dicir en que se fundamenta a importancia destes arquivos. Os rexistros edafosedimentarios conforman a capa máis superficial do planeta Terra, cubrindo unha ampla superficie dela, ademais, a súa formación está asociada a fases ambientais de estabilidade. Se tamén temos en conta a fertilidade intrínseca a eles, os solos e sedimentos supoñen a base para o asentamento humano e polo tanto teñen unha alta probabilidade de rexistrar e almacenar información sobre a actividade humana e a evolución ambiental. É por isto que unha liña de investigación crecente dentro da reconstrución paleoambiental é aquela que se centra no estudo destes rexistros en contextos arqueolóxicos e que se engloba baixo a denominación de **Solos e Arqueoloxía** (Costa Casais et al., 1996; Macphail, 2008; Martínez Cortizas & Moares Domínguez, 1995; Pastor et al., 2016; Wells, 2006) ou tamén como **Edafoarqueoloxía** (Itkin et al., 2018; Steven Kite, 1993; Walkington, 2010). Esta aplica técnicas e disciplinas das Ciencias da Terra como Estratigrafía, Sedimentoloxía, Edafoloxía, Micromorfoloxía e Xeoquímica, para obter información ambiental no entorno arqueolóxico.

Un dos primeiros usos dos solos na investigación arqueolóxica, ademais de marcadores estratigráficos, foi como indicadores paleoambientais. Esta aplicación ten as súas raíces nos estudos sobre o Cuaternario desenvoltas dende a rama da Xeoloxía (Bryan, 1948; Bryan & Albritton, 1943; Haynes, 1968; Lleighton, 1937; Movius, 1944; Ruhe, 1965; Valentine; e

Dalrymple, 1976). Os xeólogos e xeomorfólogos cuaternarios que traballaban con arqueólogos foron rápidos en utilizar os solos como pistas de ambientes pasados (Antevs, 1941; Bryan, 1941; Leighton, 1936; Haynes, 1968; Hopkins & Giddings, 1953). Posteriormente, o estudo dos arquivos edafosedimentarios en contextos arqueolóxicos foi en aumento, pero liderado polo rexistro sedimentario e a súa interpretación, principalmente asociado ao campo da Xeoarqueoloxía (Butzer et al., 2013; Chambers et al., 2016; Diskin et al., 2013; Monge et al., 2016; Parma et al., 2011, Shahack-Gross et al., 2005, 2018). Segundo apuntan algúns autores, isto pode deberse a que nos contextos arqueolóxicos predominan as formacións mixtas: solos-sedimentos, e os atributos sedimentarios e edafoxenéticos dunha unidade moitas veces non son tan claramente diferenciáveis en campo (Barham, 1995; Denham & Grono, 2017). Tamén podería deberse a que as primeiras aplicacións Ciencias da Terra-Arqueoloxía foron dende a Xeoarqueoloxía e estudo das formacións Xeolóxicas, Xeomorfolóxicas e Sedimentarias. Quedando parte deste marco teórico de xeito remanente no ámbito destas investigacións.

Tal e como se expón, tradicionalmente os sedimentos xogan un papel importante nas investigacións arqueolóxicas, xa que se asume que son os rexistros ambientais principais nestes contextos. Pero cabe ter presente que as secuencias localizadas nestes espazos na maioría dos casos son rexistros mixtos, sensibles ás perturbacións humanas, así como aos cambios sociais e naturais (Butzer, 2011, Nicoll & Murphy, 2014).

Solos e sedimentos amosan procesos de formación deposicionais e postdeposicionais diferentes (Goldberg & Macphail, 2006). Os solos son entes complexos resultado dun proceso sinérxico denominado edafoxénese, asociado a condicións de estabilidade e dependentes duns factores de formación (material de partida, tempo, clima, organismos vivos, relevo) que manteñen este proceso activo ao longo do tempo (Bockheim et al., 2005; Calzolari & Filippi, 2016; Targulian & Krasilnikov, 2007). Estas características confírenlle propiedades como arquivo paleoambiental, a partir do cal coñecer o ambiente no pasado (Sheldon & Tabor, 2009) e obter información sobre a súa evolución.

Os sedimentos tamén son arquivos paleoambientais, pero o seu uso para investigar os contextos arqueolóxicos é máis limitado que o dos solos, xa que estes últimos son máis susceptibles de albergar información relevante en relación ao medio e a actividade humana. Isto é debido a varias razóns: os solos son o lugar principal de asentamento das comunidades humanas, xa que onde hai un solo existiu unha superficie estable ante os procesos/axentes xeomorfolóxicos e xeolóxicos, e polo tano un lugar susceptible de ser ocupado a longo prazo. Mentres que sobre formacións sedimentarias, é moi difícil que ocorra, xa que a súa xénese está suxeita a procesos de inestabilidade superficial. Ademais o proceso de formación de solos é moito máis complexo (edafoxénese) e dependente dun conxunto de factores que se poden ver afectados por cambios no medio (naturais e/ou antrópicos) e polo tanto quedar rexistrados a través das súas propiedades. Se incluímos que son formacións que se atopan practicamente en toda a superficie terrestre xa temos o arquivo principal para desenvolver os estudos de reconstrución paleoambiental en contextos arqueolóxicos.

Os marcos teóricos expostos, tiveron os seus inicios en distintos puntos, pero a súa evolución fixo que confluiran no estudo de solos e sedimentos en contextos arqueolóxicos e a súa relevancia para entender estes sectores. É dicir, no ámbito de traballo que hoxe en día define a Edafoarqueoloxía. (Figura 2).

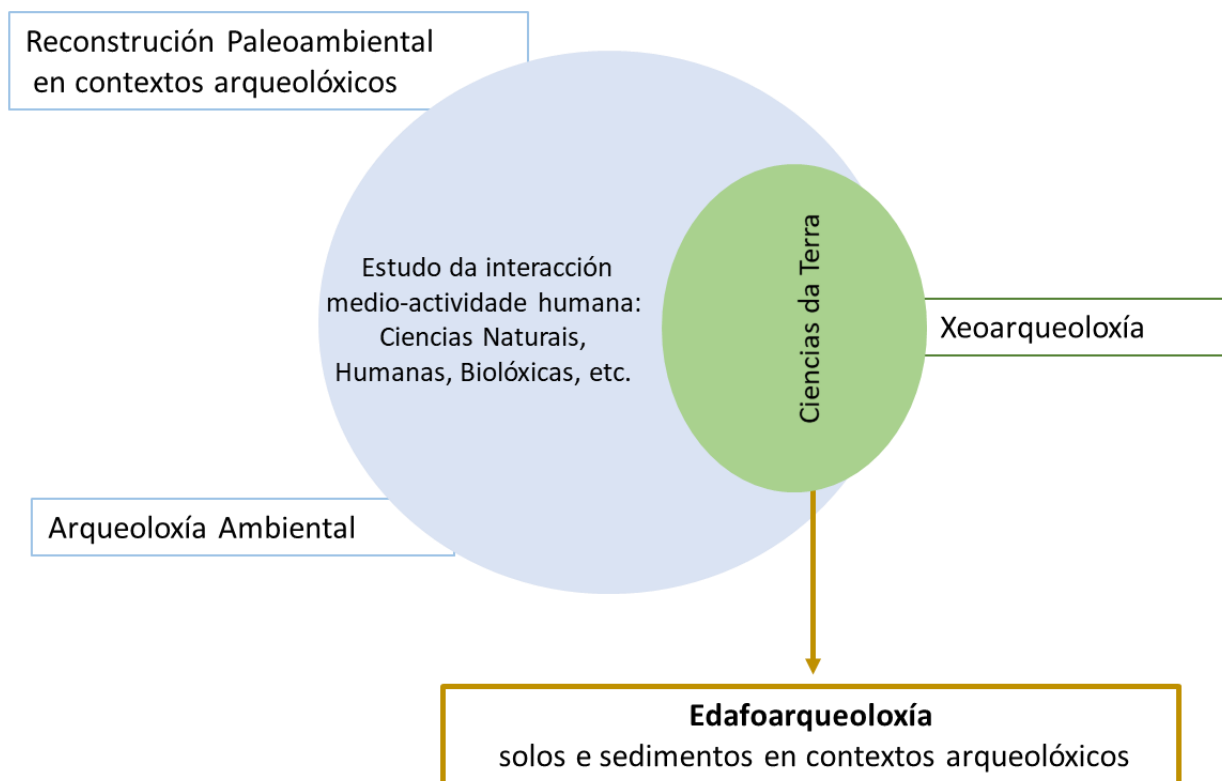


Figura 2. Relación dos diferentes campos teóricos dende os que se aborda o estudo do binomio actividades humanas/xacementos arqueolóxicos - medio.

A *Edafoarqueoloxía* é una disciplina, encadrada no grupo das Ciencias da Terra, aplicada ao estudo dos solos en contextos arqueolóxicos. Ofrece un gran potencial para entender o papel que actividade humana e que os cambios climáticos tiveron na evolución da paisaxe no pasado. Isto é debido a que os solos funcionan como sistemas proceso-resposta que almacenan información -en forma de propiedades medibles- sobre os cambios ambientais responsables da súa formación (Walkington, 2010). O estudo de paleosolos e solos enterrados asociados a un xacemento é de axuda para realizar una correcta interpretación do mesmo (contexto edafoestratigráfico, áreas de actividade, efectos dos incendios, etc.), complementando o enfoque estritamente arqueolóxico. As tres investigacións que se presentan nos manuscritos 1, 2 e 3 exemplifican como se estrutura o estudo deste tipo de rexistros en contextos arqueolóxicos. Actualmente cada vez son máis as investigacións que incorporan e integran estas metodoloxías. A pesar de todo, a análise a nivel de procesos edáficos segue a estar limitada. (Ferrario et al., 2015; Karkanias, 2010; Pavlopoulos et al., 2009). É por iso que a proposta de investigación e marco teórico desta tese doutoral ten como finalidade abordar o estudo en contextos arqueolóxicos dende os arquivos edafosedimentarios, e identificar a súa importancia como punto clave para entender a evolución destes espazos (Horák & Klír, 2017; Šantrůčková et al., 2020; Simniškytė-Strimaitienė et al., 2017).

A liña de investigación que se propón integra *Edafoarqueoloxía e Reconstrución Paleoambiental aplicada a contextos arqueolóxicos*. Cos resultados expostos a partir dos tres manuscritos vese que mediante este tipo de investigacións é posible entender como era o medio no pasado, como se modificou, cales foron as causas da súa evolución e como influíron as actividades humanas nos procesos de cambio, sobre todo durante o Holoceno (últimos 10.000 anos). O obxectivo principal buscado é analizar as sinais de cambio rexistradas nos arquivos edafo-sedimentarios (*xeoindicadores ou proxies*), tanto a nivel macroscópico como microscópico, combinando a información que nos aportan coa obtida doutros proxies ambientais, e así interpretar a partir de modelos de evolución actual, os cambios ambientais no pasado.

HIPÓTESE E OBXECTIVOS

1. HIPÓTESE DE TRABALLO

Os solos e sedimentos son arquivos paleoambientais de vital importancia para o estudo e reconstrución dos contextos arqueolóxicos e actividade antrópica, xa que albergan rexistros visibles e invisibles fundamentais para coñecer a súa evolución.

A partir do estudo de diferentes contextos arqueolóxicos de xeito integrado dende as técnicas e metodoloxías das Ciencias da Terra e baixo o marco teórico da Arqueoloxía Ambiental/Reconstrución Paleoambiental, identifícase e organízase un guión de traballo básico para abordar o estudo dos solos, sedimentos e outros rexistros contidos en contextos arqueolóxicos. A finalidade é responder ás cuestións arqueolóxicas formuladas.

2. OBXECTIVOS

Xerais: O obxectivo principal da investigación é identificar, analizar e interpretar tódolos posibles sinais e evidencias de cambios ambientais almacenados nos solos e sedimentos de contextos arqueolóxicos de diferente época, coa finalidade de usar a información extraída do estudo destes arquivos naturais e antrópicos coma base para a reconstrución paleoambiental.

Específicos: En relación a este obxectivo pódese desligar un específico que consiste en estandarizar o proceso de estudo e reconstrución paleoambiental en contextos arqueolóxicos, desenvolvendo protocolos metodolóxicos e de traballo que permitan sistematizar aspectos que son clave para poder levar a cabo unha correcta interpretación dos xacementos e o seu entorno (toma de mostras de solos e sedimentos, almacenamento, preparación, tipo de analíticas) en colaboración con especialistas en arqueoloxía.

DESCRIPCIÓN METODOLÓXICA

Preséntanse as técnicas e metodoloxías básicas dentro do ámbito das Ciencias da Terra e concretamente do estudo edafolóxico, xeoquímico e mineralolóxico de solos, que se usaron para a análise dos rexistros edafosedimentarios dos dous contextos arqueolóxicos usados (mediterráneo e atlántico). O traballo desenvólto e experimental, analítico e cuantitativo, partindo do estudo a análise de campo, selección e toma de material; e seguindo coa análise, cuantificación e tratamento estatístico dos datos.

Son obxecto de estudo desta tese os solos e sedimentos de 3 contextos arqueolóxicos localizados dous no atlántico e un no mediterráneo peninsular. Por unha banda os xacementos correspondentes ás salinas litorais de época romana da cidade de Vigo (Salinas I e II), e por outra os xacementos de época neolítica localizados en Valencia asociados ás orixes da agricultura (Bosquet-Moixent).

Segundo a experiencia de traballo nesta liña de investigación, dentro da demanda arqueolóxica as preguntas que se pretender responder a partir dos estudos edafoarqueolóxicos pódense clasificar como: (i) de carácter global; (ii) de carácter específico ou (iii) recursos de urxencia; que á súa vez marcan o deseño analítico. Este implica un enfoque metodolóxico diverso adaptado ás cuestión arqueolóxico/culturais abordadas. Para o desenvolvemento desta tese seleccionáronse aqueles casos de estudo que propoñían unha investigación ampla en tempo, recursos e que permitían traballar de xeito interdisciplinar con outros especialistas do ámbito das Ciencias Naturais e a Arqueoloxía.

De forma específica as metodoloxías e técnicas aplicadas aparecen resumidas no seguinte esquema da Figura 3. O conxunto de métodos expostos fai referencia ás técnicas e metodoloxías transferidas dende a Edafoloxía e Ciencias da Terra para o estudo dos contextos arqueolóxicos. A súa proba como metodoloxía funcional para estudar estes contextos, xa se leva elaborando fai unhas décadas no grupo de investigación no que se desenvolveu a tese. A nivel teórico con diferentes investigacións publicadas (Costa Casais et al., 1996; 2011; 2015 Ferro-Vázquez et al., 2014; Martínez Cortizas, 1990, 1991; Martínez-Cortizas et al., 2009; Martínez Cortizas & Moares Domínguez, 1995) e a nivel práctico co traballo en numerosas intervencións arqueolóxicas.

Tanto en campo como en laboratorio describiuse cada mostra segundo as directrices para a descrición do solo (FAO, 2009) en canto ao seu tamaño de gran, estrutura, consistencia, plasticidade, características sedimentarias e edáficas e cor (en caso de mollarse e seca) utilizando a carta de cores do solo estándar (Munsell, 1967). As mostras secáronse ao ar e criáronse para separar a fracción grosa (> 2 mm) da fracción de terra fina (< 2 mm). Na terra fina determinouse o tamaño dos grans, a reacción do solo, a composición elemental e mineralóxica. A composición elemental realizouse en mostras finamente moídas (<100 µm).

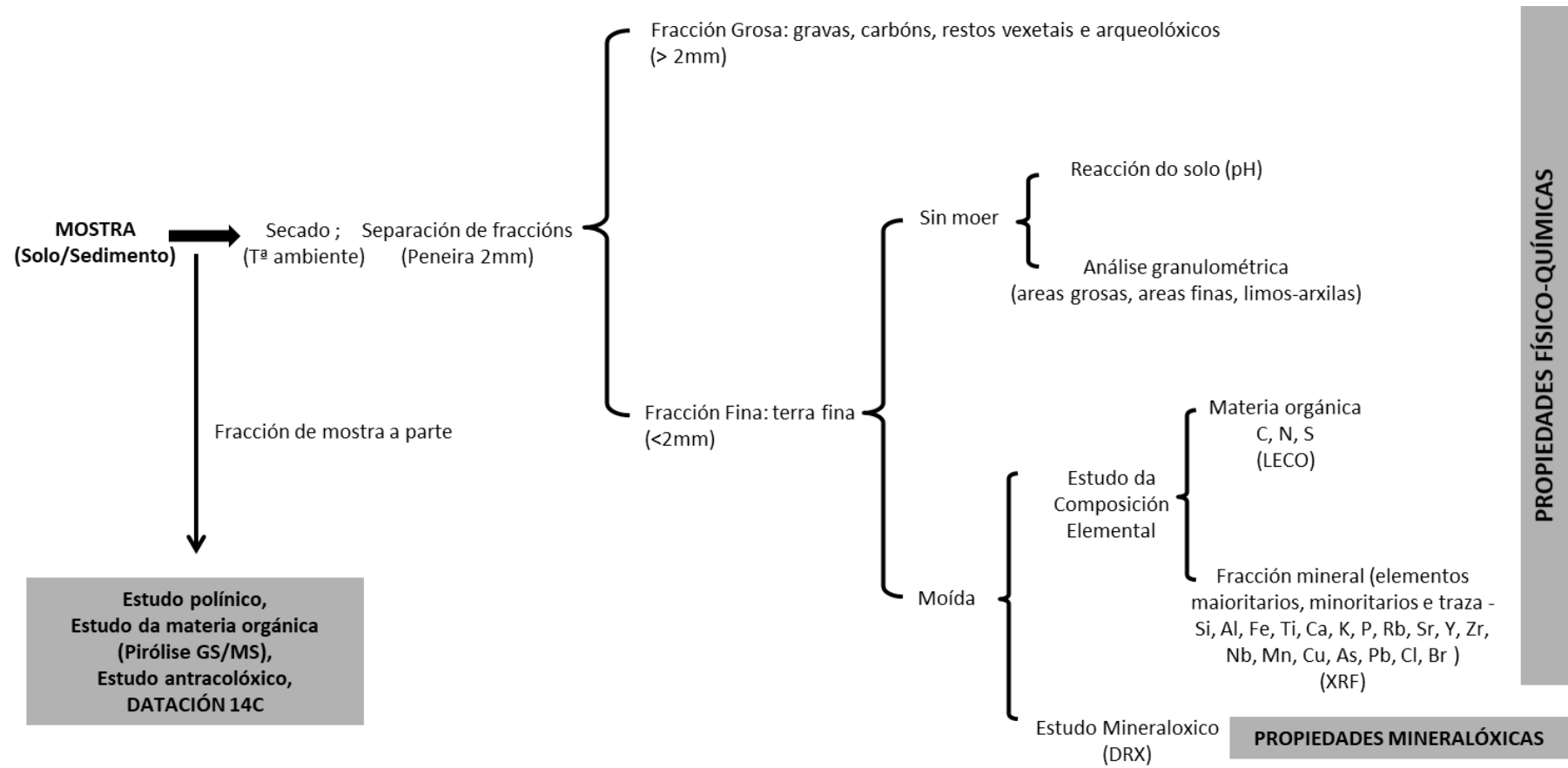


Figura 3. Esquema de traballo metodolóxico

A reacción do solo foi medida (potencial de hidróxeno – pH) en suspensións de auga (pH_w) e KCl (pH_{KCL}) (1:2,5) cun pHmetro, seguindo procedementos estándar (Gutián & Carballas, 1976; Urrutia, García-Rodeja & Macías, 1989). Realizouse a análise do tamaño dos grans co fin de determinar a distribución (porcentaxe) das partículas do solo por tamaño, independentemente da súa natureza mineralóxica. En primeiro lugar, as mostras calcináronse a 550°C durante 5 horas para eliminar a materia orgánica. Das cinzas resultantes tomáronse 15 g para o estudo granulométrico. Engadíronse 32 ml de HCl 0,5N a cada mostra para eliminar os recubrimentos de Fe-Mn que cimentan os grans. A mostra axitouuse durante 20 minutos, lavouse con auga destilada e filtrouse ata eliminar todos os cloruros. Finalmente, procedeuse á separación física de cada mostra mediante cribado con mallas de criba de 0,2 mm e 0,05 mm, resultando en tres fraccións: area grosa (AG) (<2 mm-0,2 mm), area fina (AF) (< 0,2 mm-0,05 mm) e limos e arxilas xuntos (LA) (<0,05 mm). O estudo mineralóxico, mediante difracción de raios X (DRX) cun Philips PW1820, realizouse en mostras seleccionadas asociadas aos principais tramos de cambio xeoquímico e estratigráfico. Os contidos totais de C, N e S determináronse cun Analizador Elemental LECO, modelo CNS-2000. As concentracións de elementos principais, menores e traza (Si, Al, Fe, Ti, K, Ca, K, Zr e Sr) determináronse mediante fluorescencia de raios X (XRF) (Cheburkin & Shotyk 1996). Ambos, XRF e difractómetro de raios X están aloxados na RIAIDT (Rede de Infraestrutura de Apoio a Investigación e o Desenvolvemento Tecnolóxico) da Universidade de Santiago de Compostela. Co fin de establecer a evolución deposición do xacemento no seu contexto cronolóxico, realizouse a datación por radiocarbono en mostras seleccionadas de solo/sedimentos. Elixíronse aqueles situados en capas estratigráficas ben definidas con cambios bruscos de sedimentación e/ou nos valores dos datos xeoquímicos. As mostras foron pretratadas, axitando submostras da fracción de terra fina durante 16 horas en auga ultrapura. Despois, filtráronse a través dunha peneira de malla de 50 µm para separar area, raíces e outros restos orgánicos non descompostos. A suspensión resultante secouse nun quentador de aire a unha temperatura non superior a 35 °C e moeuse ata conseguir un po fino. A medición de ¹⁴C, mediante espectrometría de masas con acelerador (AMS), realizouse no laboratorio de Beta Analytic Inc. (Miami, EUA). Os resultados foron calibrados mediante o programa CALIB 7.1 (Reimer et al., 2013) e exprésanse como anos calibrados antes dos anos actuais: cal yr BP (Before Present) e cal BC/AD (Before Christ/ Anno Dómini).

A análise factorial por compoñentes principais, en modo de correlación, aplicouse ás propiedades físico-químicas (pH e contido de area fina) e á composición elemental, para sintetizar a composición química das mostras de solo, e investigar os principais factores que a controlan. A análise realizouse sobre datos estandarizados para evitar efectos de escalado e proporcionar un centrado medio. Aínda que as estatísticas multivariantes non se usan con frecuencia nos estudos edafoxenéticos, presentan vantaxes potenciais para explorar grandes conxuntos de datos e obter interpretacións sintéticas baseadas en procesos (Dreibrodt et al., 2013; Meijer e Buurman, 1997; Mellor, 1987; Martínez Cortizas et al., 2007; Thanachit et al., 2006;). Como se indica na introdución, asúmese que as propiedades do solo actuais son o resultado de procesos que operaron a través do tempo baixo un determinado conxunto de condicións ambientais e, polo tanto, son potenciais apoderados para reconstruír ambientes pasados. A covariación de varias propiedades do solo (expresada como compoñente principal) apunta a un factor/proceso subxacente común. O rexistro das puntuacións dos factores dese

compoñente nunha secuencia edáfica, pódese tomar como medida da intensidade relativa do proceso subxacente.

O estudo doutros proxies como a composición da materia orgánica (MO), o estudo antracolóxico, polínico ou xeomorfolóxico, levouse a cabo por especialistas destas áreas, que seguiron os procedementos metodolóxicos específicos de cada unha delas. Estes están descritos nos artigos publicados correspondentes (MO, antracología e pole – Capítulo 1; xeomorfoloxía- Capítulo 3)

DISCUSIÓN

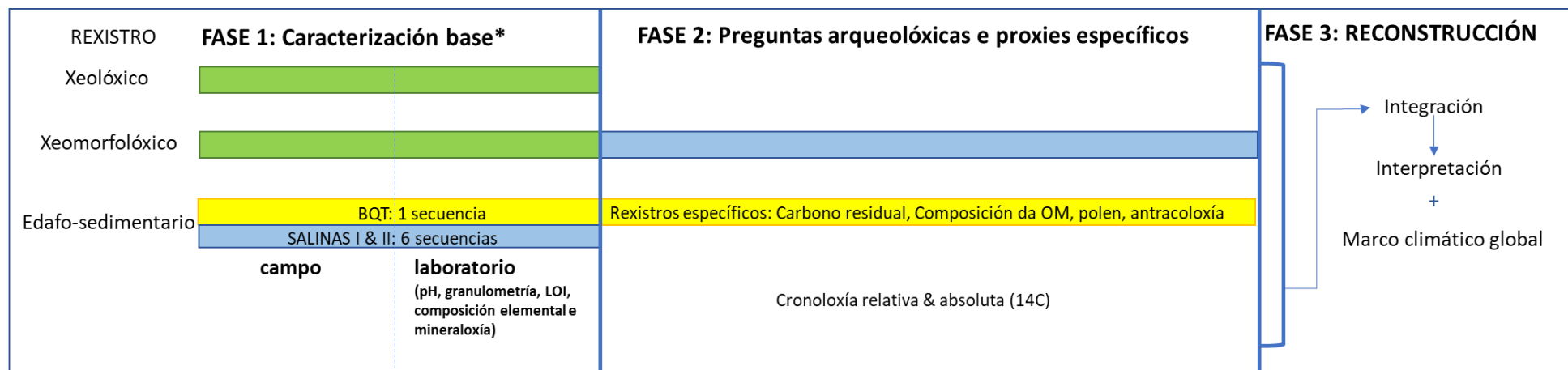
A continuación examínase e compárase o traballo desenvolto nas tres investigacións incluídas nesta tese (Capítulo 1, 2 e 3). Para facilitar a exposición dos resultados obtidos, similitudes e diferencias entre os contextos traballados, divídese en: *fase 0*, *fase 1*, *fase 2* e *fase 3*. Cada unha delas correlacionase cun momento concreto no desenvolvemento da aplicación metodolóxica. A través do traballo realizado nos dous sectores de estudo agrupouse e estruturouse un esquema de traballo aplicable a outros xacementos arqueolóxicos. Esta información aparece esquematizada na Figura 4, que servirá de referencia para seguir o fío de toda a discusión.

De xeito xeral, a *fase 0* revisa e delimita o marco teórico para a aproximación feita. A *fase 1* abrangue o traballo xeral de contextualización e análise dos rexistros ambientais. A *fase 2* é de carácter específico e depende dos resultados acadados na anterior, abordándose as preguntas arqueolóxico-ambientais. Na *fase 3*, intégrase toda a información obtida e elabórase a reconstrución paleoambiental en relación co contexto cronolóxico e climático.

FASE 0: MARCO TEÓRICO ESPECÍFICO

Despois do traballo desenvolto a través desta tese doutoral púidose revisar e acoutar o marco teórico dende o que desenvolver as aplicacións metodolóxicas como a que se propón. O punto de partida desta investigación é o de transferir métodos e técnicas das Ciencias da Terra á Arqueoloxía, dende a proposta teórica da Reconstrución Paleoambiental. Tanto este marco teórico coma o semellante descrito pola Arqueoloxía Ambiental, poñen de manifesto a importancia de investigar a relación entre o medio e a actividade humana dende un punto de vista interdisciplinar. A integración da información paleoambiental e arqueolóxica obtida a través dunha investigación planificada sobre o contexto arqueolóxico supón un punto de inflexión para o estudo destes sectores. Os xacementos arqueolóxicos non son un ente illado do medio, nin tampouco a cultura á que representan, se non, que se atopan integrados na paisaxe, sendo un elemento máis dela.

Dende o momento no cal as comunidades humanas existen como tal, se asentan sobre a superficie terrestre, habitan e explotan os recursos do medio, a súa interacción co entorno é directa. Polo tanto coñecer o medio no que viviron é clave, investigando máis alá das estruturas arqueolóxicas e do espazo físico que as contén. As investigacións que se expoñen nesta tese doutoral, seguen esta premisa. Partindo do estudo destes sectores dende as disciplinas das Ciencias da Terra, conxuntamente ao estudo arqueolóxico e cronolóxico. O resultado desta aplicación constitúe unha acción sinérxica á hora de coñecer a actividade humana no pasado.



***Caracterización base:**

BQT: VI ciclos de solo, ciclo V rasgos edafoxenéticos marcados, cronoloxía relativa época Neolítica

Salinas I e II: 3 tipos de niveis (*lagoon, marisma, duna*) e nivel de uso da salina

- Sector mediterráneo
- Sector atlántico
- Común aos dous sectores

Figura 4. Esquematización da investigación desenvolva para os dous sectores estudados

A proposta de investigación parte do estudo do rexistro xeolóxico, xeomorfolóxico e edafosedimentario. Dende ela artéllase a liña de traballo conxuntamente ao estudo doutros rexistros contidos nos solos e sedimentos, como é o estudo de composición da materia orgánica, análise polínica ou antracolóxica. Isto é debido a que os arquivos edafosedimentarios non solo rexistran os cambios referentes á súa composición, se non que albergan outras sinais bióticas. No estudo destes rexistros poden intervir tanto disciplinas das Ciencias da Terra, coma das Ciencias Sociais e Humanas, poñendo de manifesto a importancia dun enfoque multidisciplinar para entender a información que conteñen sobre os cambios no medio. A información necesaria para coñecer como evolucionou unha paisaxe no pasado non está preferentemente nun arquivo ou noutro, pois é dependente da casuística do medio, así coma fragmentaria, polo que cantos máis rexistros permitan estudar o contexto, máis completa será a reconstrución.

Ter en conta isto que se describe e poñelo na práctica do estudo das formacións superficiais no entorno arqueolóxico, é fundamental para entender a evolución do medio e polo tanto da actividade humana rexistrada nel. Aínda así, os estudos ambientais aplicados a contextos arqueolóxicos, en xeral, aparecen coma un apoio ao traballo arqueolóxico, en vez dun traballo principal na investigación desta área.

Un marco teórico estruturado é imprescindible para a correcta organización da investigación e supón o paso previo ao traballo de gabinete (recompilación de información existente, definición dos obxectivos de traballo entre os especialistas, e proposta de abordaxe analítica/interpretativa).

Cada xacemento arqueolóxico presenta características únicas que fan que dúas investigacións nunca sexan de todo similares, pero para poder desenvolver unha metodoloxía de traballo estandarizada foi necesario definir: o marco teórico (Reconstrución Paleoambiental en contextos arqueolóxicos - Edafoarqueoloxía), a finalidade xeral da investigación (coñecer a evolución do entorno en relación á actividade humana, e en concreto responder ás incógnitas formuladas dende o estudo Arqueolóxico) e estruturar unhas fases de traballo en relación a procesos analíticos.

As investigacións que constitúen esta tese doutoral (sector mediterráneo e atlántico) presentan unha primeira fase de traballo de contextualización, a partir da que se estableceu as diferencias respecto ao contexto xeográfico, xeomorfolóxico e edafosedimentario. Posteriormente, xunto ás preguntas arqueolóxicas, definiuse a segunda fase de traballo, de carácter analítico, así como o fío da reconstrución paleoambiental.

FASE 1: CONTEXTUALIZACIÓN E CARACTERIZACIÓN DAS ÁREAS DE ESTUDO

As dúas áreas traballadas presentan características moi contrastadas, en canto a localización, período cultural e preguntas arqueolóxicas, tal e como se indica na introdución. Por un lado, está o ámbito continental mediterráneo, cun rexistro arqueolóxico de período Neolítico, Ibérico e Romano (Capítulo 1), mentres que no outro, temos un contexto litoral atlántico, de explotación do sal en época romana, que ademais se atopa a día de hoxe englobado nunha urbe (Capítulo 2 e 3).

A complexidade dos dous sectores foi un punto de riqueza para o desenvolvemento da aproximación metodolóxica, xa que permitiu poñer a proba a potencialidade dun paquete basal de técnicas para a contextualización ambiental dos sectores arqueolóxicos. A primeira parte del aborda as técnicas e metodoloxías básicas para coñecer o *contexto ambiental e arqueolóxico*. Inclúe a análise en campo das características xeolóxicas, xeomorfolóxicas e edafosedimentarias dos contextos en cuestión. A información resultante é imprescindible para delimitar a liña de

traballo a seguir no proceso de reconstrución paleoambiental tal e como xa se identificaba na introdución.

Coa información obtida construímos o primeiro chanzo da investigación, sobre o que asentar a *identificación, descrición e selección de rexistros ambientais*. Nas tres investigacións que expoñemos (Capítulo 1 – Bosquet e Capítulo 2 e 3 - Salinas I e II) o estudo ten como eixe central o rexistro edafosedimentario, escollido a partir dos seguintes criterios: *maior variabilidade morfolóxica e de facies, maior potencia vista dos niveis estratigráficos presentes e unha posición próxima ao xacemento ou ás estruturas arqueolóxicas*. Segundo as características do contexto arqueolóxico o número de secuencias estratigráficas necesarias para cubrir os criterios definidos, variou, así como a súa posición relativa. É por iso que dentro do ámbito mediterráneo o traballo realizouse no entorno do xacemento arqueolóxico, estudando unha única secuencia edafosedimentaria (Capítulo 1), mentres que no sector atlántico a investigación desenvolveuse dentro dos propios xacementos, a partir dos rexistros en contacto coas estruturas de explotación do sal (Capítulo 2 e 3). A partir dos traballos realizados definiuse un mínimo de análíticas necesarias para chegar a esta caracterización base dos arquivos edafosedimentarios e que abranguen: o estudo do rexistro físico-químico (pH, granulometrías), xeoquímico (composición elemental por XRF) e mineralóxico (composición mineralóxica DRX). O uso delas para o estudo destes arquivos en contextos arqueolóxicos xa aparece sinalado como esencial por outros autores (Horák & Klír, 2017; Wilson et al., 2008) (Figura 4). O estudo deste paquete básico analítico permitiu identificar os patróns xerais de cambio na formación das secuencias de ambos sectores, así como, distinguir niveis con características distintivas (posibles niveis antropizados). Para abordar a variabilidade das investigacións de reconstrución paleoambiental en contextos arqueolóxicos é necesario agrupar un mínimo de traballo de campo e traballo analítico para caracterizar os rexistros ambientais e para desenvolver a investigación, sempre tendo en conta que o estudo dos rexistros ambientais implica a reconstrución de información fragmentaria, polo que tal e como xa se comentoume, canto maior sexa o número de rexistros ambientais a estudar máis completa será a reconstrución.

1. Contexto mediterráneo: estudo no entorno arqueolóxico

A zona de estudo do contexto mediterráneo é coñecida como el Pla de les Alcusses (Moixent, Valencia, España), un espazo intensamente ocupado dende período Neolítico a período Romano e que é coñecido a nivel arqueolóxico en relación ao xacemento de La Bastida de les Alcusses, de período Ibérico (Zapata et al., 2004; Bernabeu and Martí, 2012). A nivel xeomorfolóxico a súa paisaxe está formada por unha sucesión de cordilleiras cretácicas, con anticlinais e sinclinais que forman vales corredores cheos de margas mariñas miocenas. Forma parte do tramo norte do Dominio Bético na parte interior de Valencia, onde os movementos tectónicos levaron á formación de estruturas lisas e pregadas con dirección NE-SW. A zona caracterízase climaticamente como mediterránea subhúmida a seca (Pérez Cueva, 1994). A vexetación natural ocupa relevos marxinais e calcarios e a vexetación potencial, que sería o bosque de *Quercus rotundifolia*, está moi reducida debido á presión humana e aos incendios. En época actual Les Alcusses está ocupada principalmente por solos cultivados en parcelas de reducida dimensión, alternando cultivos de cereais, viñedos e hortas, separados con marxes de vexetación natural.

A alta ocupación do sector e a súa relevancia a nivel arqueolóxico, convertírono nun enclave primordial a incluír no proxecto AGRIWESMED (ERC) e no estudo das orixes da agricultura no mediterráneo. Un dos puntos principais desta investigación foi a análise

xeomorfolóxica do sector, a partir da cal se acotou o espazo de traballo en relación ao *tandem* contexto arqueolóxico/contexto xeomorfolóxico. O espazo de investigación constitúese por un pequeno val de 550 m de altitude, confinado entre a Serra Grossa e o val do río Cànyles.

Nesta investigación o obxectivo principal era atopar indicios de agricultura para época Neolítica no entorno relacionado co xacemento de Les Alcusses, xa que os datos arqueolóxicos identificábanos como un lugar intensamente ocupado dende a Idade do Ferro, e polo tanto susceptible de ser explotado polo ser humano con anterioridade. Foi aquí onde o traballo de contextualización ambiental se tornou clave, non solo para definir o sector no que se ía traballar, se non para abordar cal sería a mellor localización para realizar o estudo edafosedimentario en relación a esta incógnita arqueolóxica.

Trala planificación do traballo entre todos os especialistas, decidiuse seleccionar como punto principal para a investigación un pequeno *thalweg* soterrado na ladeira do val colgante, a só 100 m de distancia da división local, escollendo o lugar máis representativo en canto a unidades estratigráficas e proximidade aos asentamentos neolíticos, ibéricos e romanos. Da mostraxe realizada xurdiu a secuencia edafosedimentaria de Bosquet (BQT), arquivo clave para a reconstrución paleoambiental deste sector (Capítulo 1).

Investigar contextos arqueolóxicos da área mediterránea supuxo un reto en canto a familiarización co terreo e os procesos de formación implicados neste ambiente morfoxenético e edáfico, que distan moito dos presentes no sector atlántico da península. Entender os procesos deposicionais e postdeposicionais sobre materias carbonatadas nun clima definido polos patróns de chuvias torrenciais, procesos de erosión e lumes recurrentes (Atherden, 2002; Zolitschka et al., 2000) puxo de manifesto que un estudo detallado a nivel xeolóxico e xeomorfolóxico, en conxunto ca información previa existente, permitiría deducir nos procesos de formación e evolución implicados no rexistro edafosedimentario estudado, e polo tanto na inferencia dos procesos ambientais pasados.

En xeral, os solos formados na zona de estudo son regosols calcáreos pouco desenvolvidos (FAO, 2009), con características condicionadas polo material de partida e a rápida mineralización da materia orgánica. O horizonte diagnóstico é un epipedón úmbrico ou ócrico (Rubio et al., 1995). En lugares de pé de monte ou glacis, estes solos son constantemente rexuvenecidos polas achegas de novo material das ladeiras. A análise físico-química, mineralóxica e de composición elemental conxuntamente á análise estatística por PCA (principal component analysis) permitiu identificar 6 ciclos de solo na secuencia BQT nos que se alternan niveis ricos en carbonatos con outros con signos de descarbonatación e edafoxénese do material carbonatado acumulado (compoñente principal 1 (CP1), Figura 8, Capítulo 1), asociados a procesos de erosión-acumulación e inestabilidade/estabilidade superficial, reflexados polos cambios mineralóxicos (CP2, Figura 8, Capítulo 1). A información obtida foi clave para determinar posibles paleosuperficies e a súa relación coa ocupación humana. Dentro dos patróns de erosión-acumulación-descarbonatación, aparece un nivel inferior (ciclo V) con alto índice de descarbonatación e que seguindo a cronoloxía relativa é coincidente con período Neolítico (Zapata et al., 2004). A busca de posibles indicios de agricultura neste sector para este momento cultural fixo que a segunda parte da investigación se centrara neste nivel.

A análise estatística multivariante foi esencial para extraer a información principal sobre os cambios no medio, a partir da caracterización do rexistro edafo-sedimentario de BQT. Este tipo de traballos ofrecen vantaxes potenciais para explorar grandes conxuntos de datos e obter interpretacións sintéticas baseadas en procesos (Mellor 1987, Meijer & Buurman, 1997, Dreibrodt et al. 2013, Thanachit et al., 2006, Martínez Cortizas et al., 2007 (Simniškýtė-Strimaitienė et al., 2017)). Este enfoque é moito máis común na investigación xeoquímica

utilizando arquivos como sedimentos de lagos, núcleos de turba, etc., para reconstruír os cambios ambientais.

A análise factorial por compoñentes principais, en modo de correlación, aplicouse ás propiedades físico-químicas (pH e contido de area fina) e á composición elemental, para sintetizar a composición química das mostras de solo e investigar os principais factores que a controlan. Fíxose con datos estandarizados para evitar efectos de escalado e proporcionar un centrado medio. Para desenvolver estes estudos asumimos que as propiedades do solo actuais son o resultado de procesos edafoxenéticos e diaxenéticos que operaron ao longo do tempo, baixo un determinado conxunto de condicións ambientais e, polo tanto, son potenciais proxies para a reconstrución de ambientes pasados. A covariación de varias propiedades do solo (expresada como compoñente principal) apunta a un factor/proceso subxacente común que deberíamos ser capaces de interpretar. O rexistro das puntuacións dos factores dese compoñente nunha secuencia edáfica pode tomarse coma unha medida da intensidade relativa do proceso subxacente.

En xeral, o estudo estatístico desenvolto aportou información relevante en canto á identificación das paleosuperficies rexistradas na secuencia e a definición dos principais procesos implicados na evolución do rexistro de BQT. Os datos son coincidentes coa presenza dun nivel con características diferenciais, o ciclo V (Capítulo 1).

2. Contexto atlántico, estudo no interior do xacemento

O traballo levado a cabo no enclave atlántico supuxo un grande fito no estudo dos contextos litorais de ocupación romana. Trátase dun sector marcado pola explotación de sal mariña, un tipo de actividade que baixo as condicións actuais non sería posible desenvolver, pero que gracias ao avance cultural e tecnolóxico romano, así coma, unhas condicións climáticas diferentes ás actuais, fixeron o *combo* necesario para que isto ocorrera. A súa localización actual é debaixo dunha urbe (Vigo) que fixo que tal tesouro arqueolóxico quedase recluído dende período tardorromano ata o ano 2007 e 2008, cando a raíz de dúas obras inmobiliarias estes restos arqueolóxicos saíron á luz.

Dentro deste sector o espazo traballado abrangue dous xacementos nos que a investigación se desenvolveu dentro do contexto arqueolóxico, por motivo da súa localización, que ao estar inmersos na cidade de Vigo non permitiu acceder fisicamente ao espazo que os rodea. Os xacementos estudados son os correspondentes ás *salinas de Rosalía de Castro (Salinas I)* e *O Areal (Salinas II)*, en función do nome da rúa onde apareceron, pero que se atopan relativamente próximos, situados na franxa costeira da cidade de Vigo, concretamente nas ladeiras máis baixas de Outeiro do Monte Castro. Hoxe, o sitio está separado da costa por unha zona relativamente plana resultante da ampliación da cidade para posibilitar o crecemento do seu porto comercial (Castro, 2007).

Os restos arqueolóxicos consérvanse notablemente, o que os fai excepcionais en comparación con outras salinas da mesma época, segundo Castro (2007; Castro et al., 2019; Memoria de excavación, 2007). A día de hoxe xa se asenta a teoría arqueolóxica de que as estruturas destes dous sectores pertencen a unha mesma explotación do sal, de nivel industrial (Alonso Villalobos & Ménanteau, 2006) sendo as estruturas de Salinas de Rosalía de Castro a fase inicial do proceso extractivo (decantadores) e as de O Areal a fase final do proceso extractivo (cristalizadores). Isto explica como son dous contextos arqueolóxicos moi similares, pero que amosan diferencias no tipo de estruturas, posición e cota das mesmas, respecto ao nivel do mar. A explicación é que cada un dos sectores estudados representa unha fase do proceso extractivo do sal, o que implica que a morfoloxía das estruturas asociadas cambie.

Nos dous xacementos fíxose un estudo exhaustivo das formacións edafosedimentarias, analizando a variabilidade morfolóxica presente, tomando e estudando varios rexistros edafosedimentarios en cada un. Todos eles atopábanse en contacto coas estruturas arqueolóxicas, pero a localización das secuencias edafosedimentarias respecto a elas era diferente, debido á non conservación de niveis completos, e ás características da propia escavación arqueolóxica. O resultado foi, que dentro do xacemento de Rosalía de Castro, se analizaron 3 secuencias edafosedimentarias correspondentes aos niveis de uso, colmatación e abandono das estruturas salineiras, e dicir, analizouse o material de recheo. Mentres que no xacemento da salina de O Areal, traballouse coa outra parte das secuencias, os niveis edafosedimentarios por debaixo delas. O material correspondente ao proceso de uso e abandono non se conservou.

A priori, estas diferencias arqueolóxicas entre os dous xacementos, fixeron pensar en distintos sectores de explotación do sal. Hoxe en día o estudo arqueolóxico apunta a que forman parte dunha mesma explotación de sal, de carácter industrial (Castro, 2007).

O feito de ter que traballar rexistros edáficos con distinta localización respecto ás estruturas arqueolóxicas pode parecer unha dificultade á hora de comparar resultados, pero neste caso permitiu integrar os datos dos dous sectores e conseguir unha única secuencia de reconstrución que ten coherencia cronolóxica, composicional e interpretativa (Tallón-Armada, 2012). A investigación no sector atlántico, Capítulos 2 e 3, preséntase en artigos separados. Por un lado, expónse a relación dos datos obtidos en Salinas I, con investigacións previas do sector (Capítulo 2) e por outro, desentráñase como era a liña de costa en relación á actividade salineira dos dous sectores estudados, Salinas II (Capítulo 3).

A secuencia de interpretación evolutiva resultante dos dous traballos, a pesar de ter boa resolución, presenta pequenos hiatos cronolóxicos en relación á localización das estruturas arqueolóxicas e a eventos erosivos, posteriores á explotación do sal. Este feito invita a pensar nun rexistro ambiental-antrópico onde, os niveis de ocupación humana e os niveis de orixe ambiental se teñan en conta como parte dun todo (Horák & Klír, 2017; Šmejda et al., 2018), non solo a nivel de reconstrución paleoambiental, se non a nivel patrimonial, xa que físicamente, e evolutivamente están imbricados.

Segundo no Capítulo 1 se investiga cun único rexistro edafosedimentario representativo, entre o Capítulo 2 e 3 abórdanse 6 rexistros estratigráficos, en parte porque se trataba de dous xacementos *a priori* non correlacionados, pero tamén debido ao contexto ambiental presente. A variabilidade morfoxenética no litoral é moi ampla, así coma a sensibilidade do medio aos cambios, polo que facer un estudo minimamente en detalle implica abarcar unha maior amplitude de rexistros ambientais. No caso 2 ou 3, non se accedeu a todo o contexto arqueolóxico, co cal rexistrar e estudar a maior variabilidade sedimentaria e edáfica do sector era clave para poder realizar a reconstrución paleoambiental.

Os resultados dos estudos físico-químicos, mineralóxicos e de composición para os sectores de Salinas, identificaron que os principais cambios nas secuencias están suxeitos a variacións no ambiente morfosedimentario. Isto reflíctese na alternancia de niveis areosos con niveis limo-arxilosos, que dependendo da súa localización no xacemento presentan características sulfatoáceas, consecuencia da variabilidade morfolóxica existente no sector respecto á localización das secuencias respecto a liña de costa. Tamén se detectan cambios composicionais nos rexistros dos dous sectores para os niveis de estrutura e cronoloxía relativa próximos ao período de uso da salina.

FASE 2. PREGUNTAS ARQUEOLÓXICAS E PROXIES AMBIENTAIS

A selección de proxies que se realiza para cada unha das investigacións non é aleatoria, nin circunstancial, se non que está suxeita a unha serie de parámetros cualitativos, derivados da evolución e coñecemento de campo dende o que se desenvolven estas investigacións. Precisamente, é o punto principal a tratar nesta tese doutoral, debido a que non exista unha metodoloxía de traballo a nivel peninsular dende a que abordar o estudo das formacións superficiais no entorno dun xacemento arqueolóxico, concretamente, para a planificación do estudo edáfo-sedimentario.

As cuestións histórico-arqueolóxicas que se pretenden resolver definen e dirixen as sinais ambientais que se buscarán en cada un dos rexistros. Para os estudos presentados son as que se expoñen a continuación e que foron resoltas gracias a investigación multiproxy dos arquivos edafosedimentarios e á información dos rexistros presentes nela.

1. Estudo do rexistro micro e aplicación multiproxy (BQT)

O leste de España está considerado coma un dos principais puntos de asentamento das primeiras poboacións de gandeiros/agricultores, a partir das cales se espallaron as prácticas agrícolas (Bernabeu e Martí, 2012). En Les Alcusses hai constancia dun asentamento temperá Neolítico (VI e V milenio a. C.), e posteriormente dende o IV milenio a. C., unha ocupación máis intensa no sector, probablemente relacionada coa adopción de prácticas agrícolas extensivas (Bernabéu, 1995).

O obxectivo principal foi buscar indicios de actividade humana, concretamente vencellados co cultivo, en relación ao proxecto de AGRIWESTMED, polo que se decidiu realizar o estudo de composición da materia orgánica, estudo antracolóxico e polínico. Tamén se pretendía indagar máis na evolución deste sector e asociala coa actividade humana. O estudo da composición da materia orgánica por pirólise gases/masas permitiu identificar unha serie de parámetros moleculares interpretables a modo de proxies: (1) tipo de composición principal da materia orgánica (de orixe microbiana - ou de planta) e abundancia de residuos de queima; (2) respecto á fonte de orixe da materia orgánica do solo, presenza de gimnospermas e concretamente de bosque de pino (relación syringyl/guaiacyl e 3-ring/2-ring PA) (figura 6 e táboa 4, Capítulo 1).

Os 6 ciclos amosan un contido en ligninas de alto a moderado, agás na súa parte superficial onde aumenta a materia orgánica microbiana, mentres que no ciclo V, o contido desta última abunda en todo o ciclo. Resultado coincidente co patrón definido polo carbono orgánico calculado e coas sinais físico-químicas, que o identificaban como o ciclo de solo máis desenvolto edaficamente BQT (figura 8, Capítulo 1). Con esta información procedeuse a datar as mostras superficiais de cada ciclo para posteriormente establecer a evolución cronolóxica do rexistro edáfo-sedimentario.

As datacións absolutas (Capítulo 1 e FASE 3 deste documento), indicaban que o nivel coincidente con período Neolítico era o ciclo V, polo que se avanzou co estudo da composición da materia orgánica e estudo antracolóxico de toda a secuencia. Engadiuse un novo proxy, o estudo polínico deste nivel.

O estudo antracolóxico amosa que neste sector os incendios teñen unha importante presenza no medio, evidencia que se observa a partir do desenvolvemento do ciclo V, onde a súa intensidade aumenta considerablemente. O estudo polínico pola súa parte permite identificar (1) abundancia de bosque de pino e de ribeira fronte a prado; (2) indicadores NPP que interpretados como evolución da erosión dos solos; condicións ambientais secas; intensidade de lumes no medio; evidencia humana no entorno (figura 5, Capítulo 1).

Por outro lado o estudo polínico, indica unha vexetación dominada polo bosque de pino e de ribeira, que cara a superficie deste nivel sofre un rápido descenso, mentres se observa unha expansión dos prados. Amsa a propagación de *U. parviflorus* e, en menor medida, da matogueira termófila formada por *Pistacia terebinthus*, *Viburnum tinus*, *Phillyrea angustifolia* ou *E. multiflora*, o que suxire as primeiras actividades de rozas (Peinado Lorca & Rivas-Martínez, 1987); mentres que a presenza de Cichoiroideae, *Plantago* sp. e *R. acetosa*, e os fungos coprófilos, aínda que con porcentaxes baixas, apunta a un leve impacto das actividades de pastoreo. Os primeiros signos palinolóxicos relacionados co cultivo son proporcionados por *M. sativa* e *V. faba*, que se produciron ao mesmo tempo que comezaba o declive do bosque de ribeira, o que apunta ao aproveitamento destas zonas, próximas aos cursos de auga, para as actividades agrícolas. A pesar disto non se detectan grans de pole de Cerealía, o cal pode deberse á súa limitada dispersión, xa que probablemente sería cultivado nas inmediacións do xacemento (López Sáez & López Merino, 2005) e por iso non queda reflectido na secuencia de BQT. A presenza continuada de *Chaetomium* tamén suxire unha certa incidencia do lume.

En xeral, para o ciclo V, atópanse cambios importantes en relación á vexetación e ás condicións do medio. A súa formación está suxeita a procesos de estabilidade superficial (o que explica o alto grado de edafoxénese), fronte a unha baixa incidencia de lumes e procesos erosivos, así coma unha vexetación dominada polo bosque de pino e de ribeira. Prodúcese un aumento da erosión, dos lumes, dos indicadores da actividade humana e a transformación dunha vexetación arbórea a unha herbácea, indicando a posibilidade dunha intensa deforestación. Tanto os indicadores de composición da materia orgánica como os polínicos revelan estes cambios, pero non exactamente no mesmo momento, se non que existe un retardo entre a información rexistrada polo pole e a materia orgánica (figura 9, Capítulo 1). A explicación ven dada pola escala á que fai referencia, mentres que o pole fala de información de carácter rexional, a materia orgánica faíno de información local, co cal identifícase un cambio no entorno que aínda non se manifesta no espazo analizado de BQT.

Como se pode observar a información obtida foi de alta relevancia para desentrañar a evolución deste medio en época Neolítica, pero non solo para este momento, se non para a reconstrución paleoambiental deste sector para o rango cronolóxico datado (dende o 8.4 ao 1.9 kilo anos calibrados antes do presente (ka cal BP)(FASE 3).

Aínda que o estudo se centrou no ciclo V- Neolítico á raíz da pregunta arqueolóxica principal, o estudo integrado de todo o rexistro de BQT é obrigado para poder construír o contexto xeral e evolutivo do sector en relación ao marco arqueolóxico. A través del identificáronse os patróns de variación principais e os procesos de formación operantes sobre os ciclos de solo presentes no rexistro. Esta información está recollida nas figuras 6, 8 e táboa 5 do Capítulo 1 e resúmese en:

(1) *Edafoxénese e identificación de epidedóns enterrados*: identificouse a partir do grado de descarbonatación do material/enriquecemento en minerais, conxuntamente á relación no contido en materia orgánica microbiana/lignina. Canto maiores sexan estas dúas sinais maior será o grado de edafoxénese. Aquí tamén se engloba o sinal do contido de ligninas que se asocia a material pouco degradado e as súas concentración permítennos atopar solos enterrados (baixo contido en ligninas). Para que este proceso se desenvolva é necesario estabilidade superficial e presenza de humidade e calor no ambiente.

(2) *Eventos erosivos*: identificada polo tamaño predominante das partículas do solo e cambio mineralóxico. aparece un aumento abrupto en relación ao nivel IV, que asociado a un grado moi baixo de edafoxénese e polo tanto un alto contido en

material carbonatado se interpreta como entrada de material na secuencia e polo tanto evidencia dun evento erosivo.

(3) *Presenza de lume:* Marcadores de queima (MO) e contido en carbóns: directamente relacionados coa traza de lume no entorno e condicións ambientais secas. Os episodios erosivos como os lumes son pautas recorrentes no medio mediterráneo e que se atopan asociadas a períodos de inestabilidade superficial.

2. Evolución litoral e explotación do sal (Salinas I e II):

As investigacións do sector atlántico tiñan como obxectivo principal contextualizar a nivel paleoambiental os dous xacementos salineiros. Ao estar nun sector litoral, caracterizado pola alta sensibilidade do medio aos cambios e alta variabilidade de procesos morfodinámicos, procedeuse á caracterización das facies presentes, reforzadas cos datos físico-químicos, composiciónais e mineralóxicos das secuencias estudadas. Tras a súa interpretación definíronse catro tipos de ambientes morfosedimentarios: *lagoon, marisma, duna/duna edafizada e explotación da sal*. Analizando as características dos niveis edafosedimentarios atopouse que os que se localizan en contacto coas estruturas de explotación do sal para os dous xacementos Salinas I e II amosan características definitorias, que xunto á cronoloxía relativa e absoluta os sitúan como niveis antrópicos. A súa formación está relacionada coa actividade de explotación do sal e fases de encharcamento producidas pola circulación de auga salobre e a decantación do sal. Por iso, o seu contido en materiais finos (inorgánicos e orgánicos) é moi alto, teñen un enriquecemento relativo en áreas finas, e en elementos químicos como o Zr.

O traballo de contextualización dos ambientes morfosedimentarios destes sectores foi de alta relevancia para poder encadrar a explotación do sal dentro da evolución costeira do sector, e conseguir unha cronoloxía para esta actividade. Por unha banda, no sector de Salina I acadouse información dende o momento de explotación do sal en diante (cambio de era ata actualidade), mentres que en Salinas II fai referencia a como era ese entorno antes da explotación, anteriormente ao 4000 BP. O punto de conexión entre os dous xacementos ven dado por un só nivel do contexto de Salinas II que amosa unha cronoloxía posterior ao cambio de era. A evolución do litoral modificou o proceso extractivo debido a que as condicións ambientais que o favorecían mudaron. Este cambio queda reflectido na variación abrupta que mostran as formacións sedimentarias nos dous xacementos.

Ao estar nun medio de interface mariño-continental, tan sensible ao cambio, o nivel de complexidade e variabilidade dos rexistros tamén é maior. Os procesos que interveñen na súa formación e evolución son variados e dependentes da localización do rexistro fronte aos principais axentes morfoxenéticos. Ao ser un medio litoral, con interacción de ambiente mariño e continental, e unha relación variable entre eles, depende estreitamente a súa evolución da propia configuración xeomorfolóxica. A evolución costeira en relación aos cambios climáticos, deixan a súa pegada nas formacións edafosedimentarias localizadas nestes xacementos. O estudo xeomorfolóxico permite entender os cambios da liña de costa da actual cidade de Vigo, como se pode ver no apartado do 5.3 do Capítulo 3. Os resultados amosan que se trata dun medio altamente sensible. Quedan rexistrados e identificados nas formacións sedimentarias cambios climáticos globais e locais. Recoñecer e comparar ambos fai que a riqueza de información para a reconstrución da área se magnifique.

Tanto en Salinas I como II as formacións reflicten a confluencia de procesos continentais e mariños, e polo tanto dunha dinámica moi activa que favorece os cambios na paisaxe tanto a micro como a macro escala. Os procesos que identificamos agrúpanse en:

- (1) Depositionais – relacionados coas variacións nos factores que controlan a dinámica litoral como son as mareas, correntes, ondada, ventos, temporais, escorrentía superficial, erosión de solos, modificacións na rede de drenaxe, que implicaron á formación das facies identificada de: praia, lagoon, marisma e duna (Salinas I: praia, marisma, lagoon; Salinas II: marisma, duna/duna edafizada, lagoon). A súa xénese depende de se o patrón dominante é mariño ou continental.

Baixo dominancia de ambiente mariño: procesos de formación de niveis areosos grosos, que mostran estruturas estratificadas, ricos en óxidos de Fe e minerais resistentes (como cuarzo e feldespatos). Asociados a formacións de praias.

Baixo dominancia de ambiente continental/litoral: formación de niveis areosos con baixo contido en materia orgánica e alto contido en minerais resistentes ou niveis con altas concentracións de material fino, enriquecidos en elementos químicos asociados aos minerais da arxila (Fe, Al, K, Ca) e con contido moderado en materia orgánica. Procesos nos que os axentes de transporte e acumulación son a auga doce, sen moita enerxía e o vento, con maior ou menor intensidade. Tendo como resultado formacións de lagoon, acumulación eólica e formación de dunas.

Ambiente de interface: procesos nos que o axente de formación principal é a auga salobre, procedente do mar, e baixo o que se desenvolven procesos de oxidación-redución do S mariño, movemento lento de auga, producíndose a colonización vexetal típica de ambientes salobres e polo tanto acumulación de material fino, orgánico, dando lugar a formacións de marismas, con presenza de niveis sulfatoácedos.

- (2) Posdepositionais

Edafoxénese de niveis de duna (Salina I, Capítulo 2)

Erosión/inversión de niveis detectada a través do estudo cronolóxico (Salina I, Capítulo II)

Actividade humana: acondicionamento do medio, truncamento de estruturas, e formación de niveis antrópicos baixo condicións controladas pola actividade de explotación do sal. Corresponde co nivel basal do rexistro de Salinas I e o nivel superficial do rexistro de Salinas II.

3. Estudo cronolóxico

A cronoloxía permite encaixar as pezas atopadas sobre como era un ambiente no pasado para reconstruír a súa evolución, obtendo o puzzle que permita entender cales foron os cambios ambientais no pasado e a súas causas. Para construír un marco cronolóxico o máis plausible é necesario unir cronoloxía relativa e absoluta, en ara de conseguir unha proposta sólida e coherente. O estudo cronolóxico que se abordou céntrase nas análises da idade da materia orgánica de solos e sedimentos das secuencias traballadas a, a través do método de carbono 14. Selecciónase este método fronte á datación de restos vexetais (carbóns), por cuestións de evolución posdeposicional e coherencia estratigráfica.

Traballando en contextos arqueolóxicos as mostras básicas a datar son as localizadas nos niveis que mostran alto contido orgánico e que son susceptibles de pertencer a unha paleosuperficie, así como, mostras específicas de niveis relevantes xeoquímica e arqueoloxicamente. É por isto que é recomendable ter unha caracterización básica previa do rexistro edafosedimentario en relación aos datos arqueolóxicos, para facer a selección das mostras do estudo cronolóxico e evitar imprecisións. No caso de salinas, onde temos un rexistro edafosedimentario complexo, con propiedades moi diferenciadas, correspondentes a diferentes

axentes morfoxenéticos e por tanto distintos ambientes, a clave foi seleccionar aqueles ciclos máis ricos en material fino, así como niveis grosos con alto contido orgánico e relacionados coas estruturas do sal. O tipo de material a datar debe ser coincidente co arquivo edafosedimentario a estudar, ou inclusive mellor, que proveña dunha submostra do mesmo, para afianzar que proceda do mesmo punto do contexto arqueolóxico.

A datación da materia orgánica por carbono 14 de epipedóns enterrados é a opción máis fiable para a obter o marco cronolóxico en contextos arqueolóxicos, pero non en exclusiva. Outra técnica a empregar tamén é a datación por OSL (Luminiscencia Ópticamente Estimulada) pero non sempre hai opción para levala a cabo (o material debe estar en escuridade) e a idade que nos ofrece é a da última vez que o material analizado se expuxo á luz, que non ten que ser a idade que coincida cos procesos de formación que se busca. O estudo cronolóxico por Carbono-14 pode presentar algún inconveniente en canto á reciclaxe de carbono, a incorporación de materia orgánica xuvenil (por exemplo, a través das raíces), a bioturbación, etc. (Wang et al., 1996; Kristiansen et al., 2003), facendo que a interpretación cronolóxica das secuencias edafolóxicas sexa incerta. Pero, como suxiren diferentes investigadores (Tonneijck et al., 2006; Leopold e Völkel, 2007; Kaal et al., 2008), en determinadas circunstancias pode ser moi útil. Para iso hai que ter en conta: i) o OM dos epipedóns enterrados está composto por material fortemente degradado, ii) o OM forma complexos organo-minerais altamente estables con a penas mobilidade no eixo vertical; iii) a forte estrutura do solo limita a penetración das raíces e remoción do material, tanto para a secuencia carbonatada de BQT como os niveis limo-axilosos de salinas, iv) non se atopan evidencia de bioturbación significativa, e v) as datas obtidas aumentan coa profundidade e proporcionan un marco cronolóxico para as condicións ambientais reconstruídas, coherente coas investigacións climáticas existentes para os dous sectores.

A datación relativa, é unha ferramenta útil para traballar en reconstrución paleoambiental aplicada á Arqueoloxía, que axuda a contextualizar procesos morfodinámicos e dar consistencia a evolución dos lugares a estudar cando aínda non se dispoñen das idades absolutas, condición que soe suceder en escavacións de urxencia. A datación relativa ten importancia ben, como indicadora dos procesos acaecidos no medio que en moitas ocasións non son visibles no estudo, ou como orientación á hora de ir desentrañando a historia do sector a analizar (ver apartados de reconstrución Capítulo 2 e 3). En contextos arqueolóxicos, e concretamente nos que se expoñen nos Capítulos 1, 2 e 3, utilízase como datación relativa a aparición de restos de actividade humana, como poden ser as cerámicas, que pola súa morfoloxía e composición se pode saber a que momento cultural pertencen, e sempre que sexan localizadas *in situ*. Sen dúbida, para que a análise cronolóxica sexa máis fiable é necesaria acompañala coa datación absoluta. Esta permite validar a relativa, e incluso complementar o marco cronolóxico ao aportar resultados diferentes. En relación a isto, temos o exemplo sobre o xacemento de Salina II (Capítulo 3), onde a datación relativa e absoluta amosaron diferencias, pero lonxe de indicar un erro metodolóxico e polo tanto descartar unha das dúas, permitiunos afondar nos procesos morfodinámicos e polo tanto nas dinámicas morfosedimentarias do medio e así, atopar o significado de tales discrepancias, que neste caso estaban baseadas nos procesos de acondicionamento dos pavimentos para a realización da actividade salineira.

No contexto atlántico a cronoloxía definiu a idade dos niveis asociados ás estruturas arqueolóxicas e á explotación do sal, por exemplo o nivel basal da secuencia de Salinas I. No caso de BQT o traballo cronolóxico identificou o nivel Neolítico e enmarcouno no contexto global de reconstrución deste sector.

FASE 3. RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL

O proceso de reconstrucción que se desenvolve neste tipo de contextos pretende a integración da información ambiental e antrópica, identificando os procesos que actúan sobre o medio e a partir deles establecer unha proposta evolutiva enmarcada cronolóxica e climaticamente. O clima é un dos factores principais de formación de solos, co cal o estudo actual das formas e dos rexistros edafosedimentarios vai permitir viaxar cara atrás no tempo tanto como os procesos de formación do arquivo o permitan, e chegar a coñecer cal era a pauta climática dominante durante a súa formación.

As aplicacións multiproxy presentadas para os dous contextos xeográficos non se levaran a cabo en ningunha investigación edafoarqueolóxica previa. A primeira fase en ambas desenvólvese mediante un estudo similar e que dende a experiencia previa na aplicación das Ciencias da Terra á Arqueoloxía, supón un paso básico e necesario para asentar o estudo edafoarqueolóxico. A análise e integración dos indicadores ambientais obtidos para cada un dos sectores permitiu extraer os procesos dominantes para a súa formación e as condicións ambientais asociadas para extraer as premisas básicas de interpretación para a reconstrucción dos sectores, baseadas no estudo dos indicadores (Figura 5).

1. Cronoloxía e marco climático para BQT e Salinas I&II

A secuencia de BQT abarca unha cronoloxía dende 8.7-8.5 ka cal BP (ciclo VI, táboa 5, Capítulo 1) e a súa evolución amosa correlación cos principais cambios climáticos identificados para o sector mediterráneos por outros autores, tal e como se describe no Capítulo 1. Do ciclo basal conservouse un rexistro moi curto, pero a reconstrucción da secuencia apunta a que a súa espesor sería maior. A súa formación atópase dentro do rango 9.5 e 7.8 ka cal. BP, asociada as condicións húmidas, con marcada estacionalidade e un clima de tipo Mediterráneo (Peyron et al. 2011). O ciclo V desenvólvese durante o 8,7-8,5 a 5,6-5,3 ka cal BP, e o inicio da súa formación asociase coa inestabilidade climática do evento 8,2 ka BP, marcado por condicións áridas a hiperáridas no ámbito mediterráneo. Aínda que o seu inicio se relacione con este momento, o alto grao de edafoxénese acadado no ciclo V apunta á que o seu desenvolvemento ocorreu baixo condicións climáticas cálidas e húmidas, consistentes co Óptimo Climático (COHMAP, 1998; Petit-Marie et al., 2000). Posteriormente, no ciclo IV, a partir do estudo mineralóxico, antracolóxico e de composición da materia orgánica (MO) infírese a aparición de condicións climáticas áridas, e posiblemente máis frescas, así como un aumento dos procesos erosivos e da capacidade de transporte de sedimentos. Estes datos suxiren un aumento da estacionalidade e da torrencialidade das precipitacións no sector a partir do 5,3 ka BP. Ademais a cronoloxía absoluta para o ciclo IV, (<5,6-5,3 a 1,7-1,5 ka cal BP) e relativa (fragmentos de cerámica de finais da Idade do Ferro - ca. 2.4-2.1 ka BP), identifica un gran hiato cronolóxico na secuencia, ao atoparse fragmentos cerámicos máis antigos englobados en material de solo bastante máis recente.

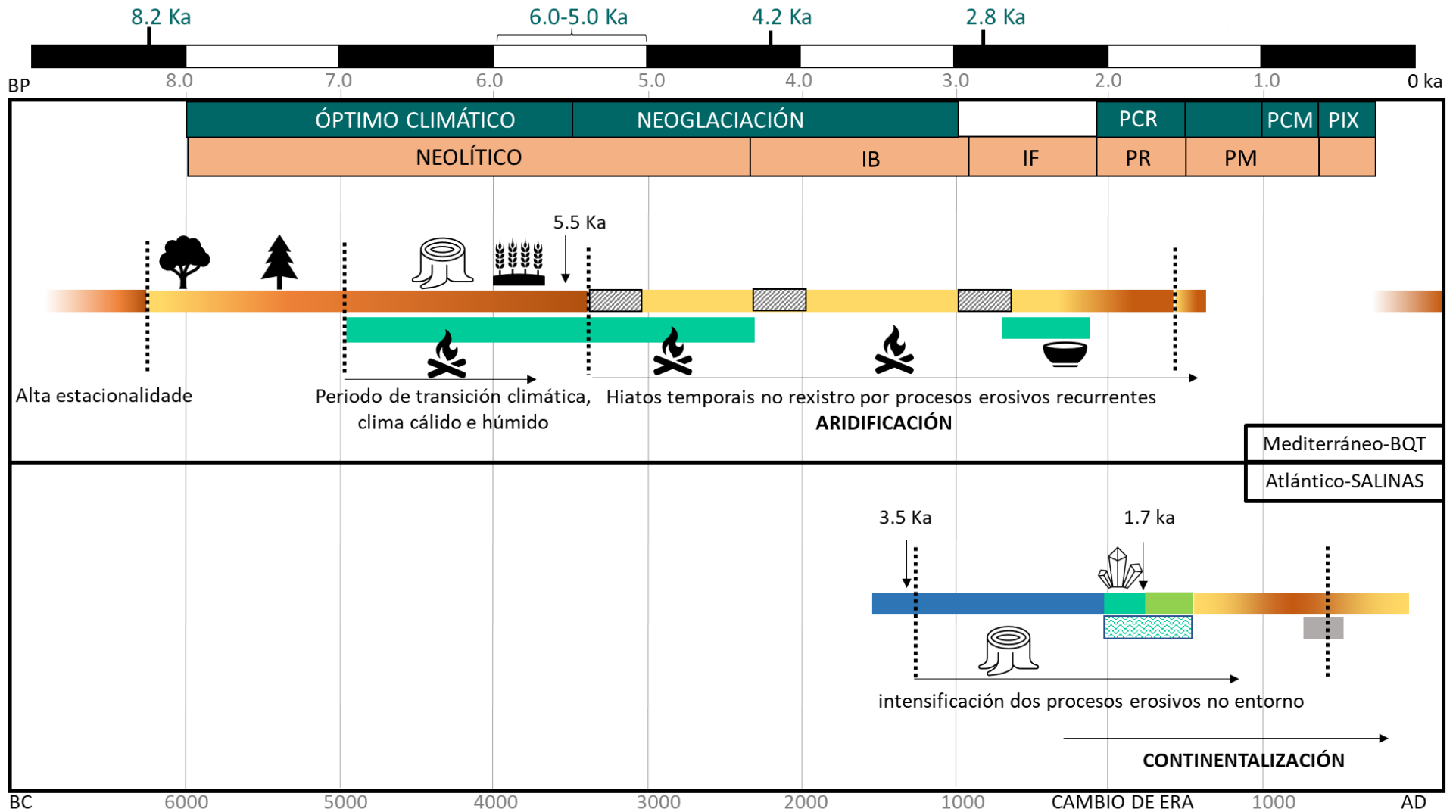


Figura 5a. Resumo dos principais cambios do medio para os dous sectores estudados. Relacionados cos principais eventos climáticos e principais eventos culturais

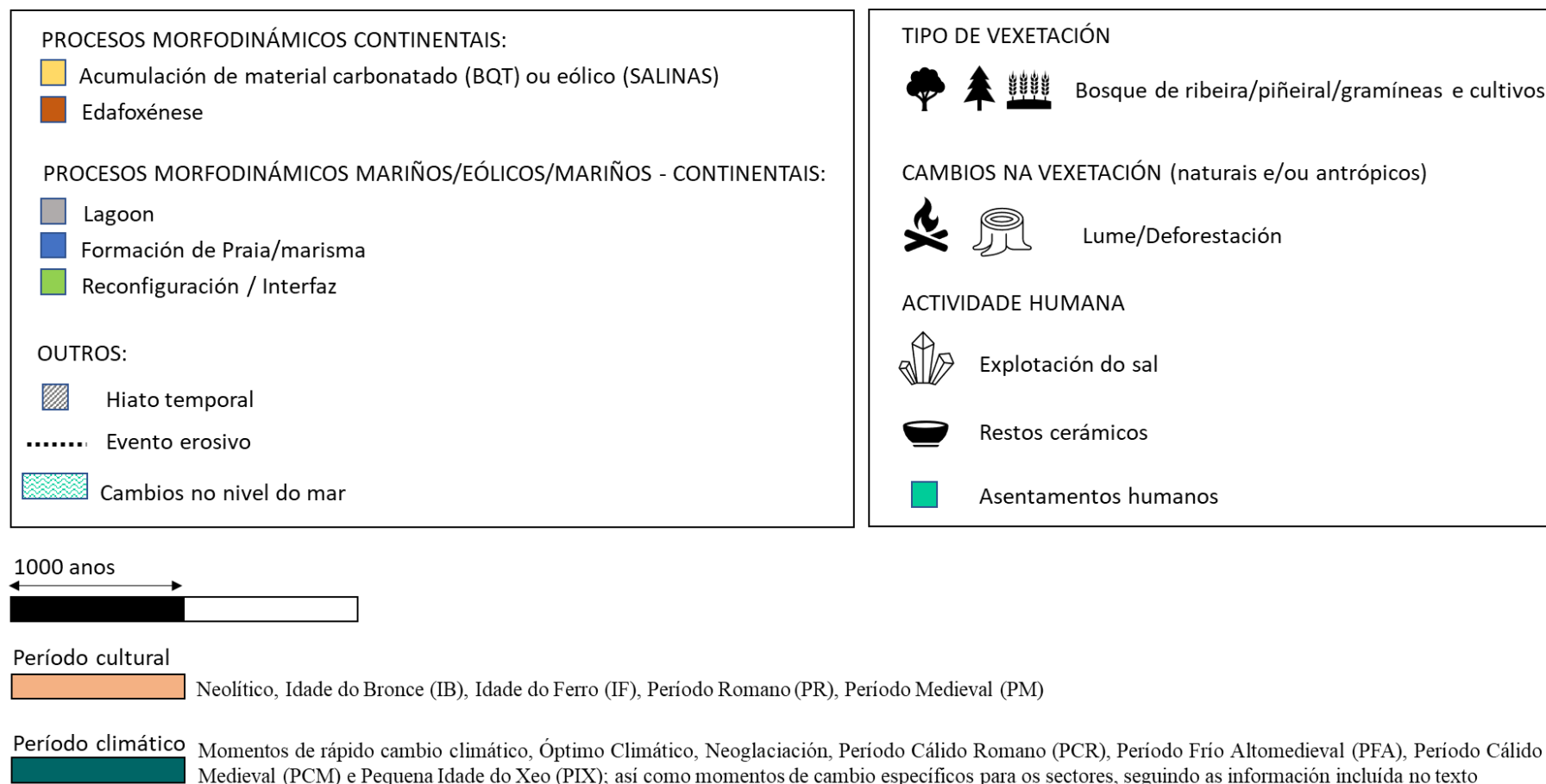


Figura 5b. Lenda referente á Figura 5a

Tendo en conta toda esta información propónse que a inestabilidade paisaxística foi a regra dominante no medio dende o 5,3 ka cal BP ata a época romana, asociada ás distintas fases de rápido cambio climático no Holoceno medio-final (6.0-5.0, 4.2-3.8 e 3.5- 2.5 ka cal BP; Mayewski et al., 2004) e concretamente o aumento da aridificación para o sector mediterráneo (Jalut et al., 2009), sendo a erosión do solo o efecto neto delas. Isto tamén é coincidente cos datos que aportan García-Ruíz et al., (2020) tralo estudo de distintos rexistros ambientais no Pirineo, a partir dos cales detectan unha pulsación glacial anterior ao 3,4 ka BP para este sector. Así como os que presentan Turu et al., (2021), que indican un aumento da aridificación no Holoceno Medio para o ámbito mediterráneo da Península Ibérica, cun pico máximo á redor dos 4,2 ka BP. A perda de solo que se detecta a través da secuencia de BQT, tamén podería estar relacionada coa aparición de incendios intensos, como mostran os picos no contido en microcarbóns para este momento.

O ciclo III (<1,7-1,5 a 1,6-1,4 ka cal BP) correspóndese cronoloxicamente co final do Período Romano e comezo da Idade Media, e a súa formación ocorreu nun curto período de tempo, que se asocia a un clima máis húmido e posiblemente máis cálido. O ciclo II (<1,6-1,4 ka cal BP-presente) concorda ca última fase detectada na secuencia e o seu desenvolvemento asociase ao regreso de condicións semiáridas no entorno.

A imaxe xeral da paisaxe reflicte un cambio no medio, pasando de condicións climáticas de carácter mediterráneo con marcada estacionalidade, a condicións áridas e un aumento dramático dos incendios (Figura 5). Como se comenta ao principio, en Les Alcusses hai evidencias dun asentamento neolítico temperán (8.0 e 6.0 BP), documentándose unha ocupación máis intensa a partir do 5.0 BP probablemente relacionadas coa adopción de prácticas agrícolas extensivas.

A través do estudo exposto no Capítulo 1, o impacto humano faise evidente no sector de BQT en período Neolítico, a través da información polínica que suxire unha rápida diminución do bosque e a propagación dos prados, probablemente debido á expansión da actividade de queima e roza. Tamén evidenciou o cultivo de leguminosas, aínda que o cultivo directo na área de BQT non se identifica nin nas propiedades, nin composición da MO do solo, nin coa presenza na secuencia de pole de cereal. Esta actividade probablemente foi centrada nas zonas de ribeira, en lugar dos solos de ladeira, o cal tamén explicaría a sinal de piñeiro na área á vez que detecta o declive rexional das especies arbóreas. Para á Idade do Ferro tardía (2.6 BP aproximadamente), os restos arqueolóxicos desta fase atopados no entorno de La Bastida de les Alcusses e os seus arredores, testemuñan unha explotación intensiva do terreo, que a pesar do cambio no patrón de asentamento a partir do 2.2/2.3 BP, segue a manterse, a través dunha ocupación rural intensa. A actividade humana nos ciclos superiores solo se detecta a partir da sinal relativa do uso de agroquímicos e en relación a actividade agrícola intensiva no sector.

A reconstrución para Salinas I e II levouse a cabo a partir da análise das facies presentes nas secuencias edafosedimentarias, interpretación das mesmas e do ambiente de formación, integración da información das diferentes secuencias, a modo de quebracabezas, onde a cronoloxía era o fío condutor. A comparación das columnas estratigráficas a nivel cronolóxico reflicte diferenzas nas unidades sedimentarias para un mesmo rango temporal e mesmo sector, o que amosa a importancia da variación espacial dos procesos sedimentarios a pequena escala no sector costeiro de Salinas, como ocorre nos sistemas de interface mariño-eólico-continental, consecuencia da dinámica complexa dos medios litorais.

A interpretación conxunta dos estudos de Salinas I e II permite obter un rexistro sedimentario costeiro, practicamente continuo, cun rango cronolóxico duns 4000 anos, que revela unha progresiva continentalización desta paisaxe. Os resultados indican que ata o 3500 BP predominou a influencia mariña, reflectíndose en formacións sedimentarias tipo praia, para logo evolucionar cara unha maior interacción mariño-eólico--continental (praia e marisma), e o desenvolvemento da explotación do sal (pavimento de salina). Esta actividade ten lugar entre 2.3 e o 1.7 cal BP, posiblemente á par nos dous sectores analizados, para cesar ó redor do 1.7-1.5 cal BP, producíndose o colapso das estruturas da salina e o retorno a unha formación de marisma entre estas datas. A partir deste momento e coincidindo co comezo da Antigüidade (1.5-1.0 BP), intensifícase a continentalización do medio, coa formación de sistemas de duna e lagoon, que se estenden ata o 1.0-0.5 BP.

Climaticamente, este rexistro abrangue dende o Período da Neoglaciación ata a Pequena Idade do Xeo. As formacións mariñas de tipo praia, dominan durante a maior parte da Neoglaciación (Eynaud et al., 2021; Marcott et al., 2013; Matthews, 2013), ata o 3500 BP, momento a partir do cal aparecen a primeira formación de lagoon e posteriormente marisma, a medida que a mellora climática culmina en época romana avanza. A explotación do sal é coincidente coa primeira fase do Período Cálido Romano (cambio de era -1.7 BP), de clima cálido e seco, mentres que entre o 1.7-1.5 BP, o medio tórnase máis húmido (cambio identificado para Galicia) (Cruces et al., 2011; Schellekens et al., 2010), á vez que se produce o abandono da actividade salineira e a reorganización do sistema. Neste momento os procesos morfodinámicos actúan nun medio altamente antropizado e desenvólvense formas litorais identificables cunha marisma. Durante o 1.5 e 1.0 BP (Período Frío Altomedieval), o clima vólvese frío o seco, propiciando as formacións de duna, que á redor do 1.4-1.3 BP se estabilizan e edafizan á par dunha pequena fase cálida detectada para Galicia, o que xera a formación dun solo (Costa-Casais & Kaal, 2015). Este nivel -paleosolo- será selado a partir do 1.3 BP por unha nova fase dunar resultado da reactivación eólica. Posteriormente, entre o 1.0-0.5 BP hai unha nova recuperación térmica, coincidente co Período Cálido Medieval, na que se poden recoñecer as formacións de duna, pero tamén os niveis de praia e lagoon, indicativo da reconfiguración da liña de costa e da súa capacidade polixenética.

Na Pequena Idade de Xeo (0.5-0.3 BP, Oliva et al., 2017), retórnase a condicións frías, o que vai propiciar procesos de rexistasia fronte a biostasia, coincidindo o seu inicio coa exhumación, erosión de formas antigas e redeposición de materiais erosionados procedentes de depósitos edafosedimentarios acumulados en fases anteriores, á vez que a formación dunar continúa, nun medio costeiro moi dinámico. A descontinuidade cronolóxica que aparece no nivel de lagoon en Salinas I (secuencia P3-6-II, parte superior máis antiga que a inferior), suxire que con posterioridade 0.7 BP (século XI) se exhumaron, erosionaron e redepositaron formacións antigas.

Os resultados apuntan a que tan só os ciclos basais do rexistro de Salinas I e os máis superficiais de Salinas I e II estiveron influídos pola actividade humana, primeiro mediante a implantación e explotación da sal e posteriormente mediante a perturbación dos sistemas de duna durante a expansión urbana da cidade de Vigo. Os demais niveis non amosan pegada antrópica directa, pero si unha evolución no marco dunha cronoloxía que é sincrónica con cambios climáticos, como é o Período Cálido Romano, o Período Frío Altomedieval, e o Período Cálido Medieval e a Pequena Idade do Xeo. As variacións nas condicións climáticas reflectiríanse en modificacións na dinámica litoral, nos axentes morfoxenéticos e nos seus

procesos morfodinámicos, que se plasmarían na reorganización dos ambientes sedimentarios.

A súa vez tamén se pode falar dunha pegada antrópica indirecta, resultado da actividade humana no territorio, que conxuntamente ás variacións climáticas xerou un punto de inflexión na evolución ambiental, principalmente a partir do 1.5-1.0 BC. De igual modo que se atopou en traballos similares (Hospital e Toralla, Capítulo 2) para sectores próximos ao estudado, neste momento, prodúcese unha aceleración da degradación ambiental, cunha intensificación da inestabilidade nas ladeiras e a conseguinte erosión de solos (Martinez Cortizas et al., 2009). Estas evidencias poden relacionarse con aumento dos niveis de lagoon e marisma en Salinas II, en relación a unha proliferación da chegada de material continental á costa e aceleración da colmatación destas formas.

O aproveitamento e modificación deste sector litoral por parte do ser humano faise aínda máis palpable a través dos datos aportados polo estudo xeomorfolóxico, en relación á evolución da liña de costa e a actividade salineira. Segundo se explica no Capítulo 3, a altura dos pavimentos de salina estudados situaríase nun rango de marea de 4,4 e 5,5 m, que respecto ao actual entre é dicir, superior á cota da marea máxima astronómica rexistrada no mareógrafo de Vigo. Estes datos calcularóense sobre o cero xeodésico e tendo en conta que as cotas das salinas teñen que estar referidas á baixamar, para que a auga chegue a inundar os estanques. Isto parece indicar que o nivel do mar durante o funcionamento da mina de sal era superior ao actual, aínda que convén ser extremadamente prudente dada á cantidade de factores que poden afectar ás cotas aquí referidas, dende os cambios morfodinámicos, ata o funcionamento da mina de sal, que segundo propoñen Alonso Villalobos & Ménanteau (2006) podería ser distinto ao visto noutros lugares. Segundo a súa investigación, a circulación de auga nesta salina non sería por gravidade, se non por un proceso remontante da salmoira. Isto é coincidente coa comparación de cotas entre Salinas I (estruturas de decantación do sal) e Salinas II (estruturas de cristalización do sal), pero inda así, as cotas de ambos xacementos seguen a estar por riba do rango medio de marea actual. É por iso que se considera unha reconfiguración da liña da costa en relación aos cambios climáticos identificados para o Holoceno Final, cunha plausible alteración do nivel do mar, coincidente e congruente coa disposición costeira identificada para o sector. Cando a taxa de subida do nivel do mar diminuíu, á redor do cambio de era, este sistema costeiro iniciou unha fase de reorganización, coa configuración dun complexo praia-duna e á formación do sistema fluvial-mariño. Posteriormente, continuou a súa reconfiguración, probablemente como resposta a forzamentos do clima ou da morfodinámica, caracterizados esencialmente por oscilacións na actividade eólica e na posición do sistema dunar, así como por variacións nas entradas de sedimentos do continente.

En resumo, os datos apuntan a que a actividade humana desenvolta nos dous sectores ten unha clara correlación cos sucesivos cambios no medio, especialmente no clima. A coincidencia entre variacións no medio, que favorecen a explotación e a expansión das comunidades humanas, queda amplamente rexistrada para o hemisferio norte (Boretti, 2020; Brook, 2006; Demenocal, 2001; Novenco et al., 2019) e dentro del, para sectores cercanos (Bernabeu Auban, et al., 2015; Eynaud et al., 2021; Martínez Cortizas et al. 2009).

CONCLUSIÓNS

Xerais

- O traballo desenvolto dende o ámbito da Reconstrución Paleambiental e Edafoarqueoloxía para as tres investigacións que se presentan (Capítulo 1, 2 e 3), permitiu definir unha aplicación metodolóxica básica para o estudo de contextos arqueolóxicos.
- A proposta metodolóxica exposta complementa e actualiza as liñas de traballo en contextos arqueolóxicos xa existentes en Galicia, algunhas delas xa iniciada décadas atrás no grupo de investigación no que se desenvolve esta tese doutoral.
- Os resultados obtidos indican que o enfoque multiproxy e a integración multidisciplinar realizada proporcionaron a información necesaria para desenvolver a mellor posibilidade de reconstrución do marco ambiental para as actividades humanas estudadas. Ademais, a aplicación de proxies feita para ambos sectores supuxo un avance que permitiu identificar patróns de evolución do medio, en relación a pautas climáticas (ambiente húmido/seco; frío/cálido), incidencia de lumes, cambios nos patróns de erosión e da vexetación, evolucións dos sistemas morfoxenéticos, e ligazón con causas naturais e/ou antrópicas.
- O estudo do ambiente no pasado a partir do rexistro edafosedimentario e a integración dos diferentes proxies ambientais, permitiu recoñecer pautas de evolución da paisaxe e poñelas en relación ás actividades humanas, así como, momentos de cambio ambiental nos que tamén se detectan modificacións a nivel cultural para os sectores analizados.
- A partir das aproximacións metodolóxicas propostas respondeuse ás preguntas arqueolóxicas formuladas e defendeuse a interpretación e reconstrución paleoambiental dos sectores analizados. Para BQT, aplicouse un enfoque no que se combinaban disciplinas e métodos relacionados máis tradicionalmente cos estudos en contextos arqueolóxicos (estudos xeoquímicos e polínicos) e outros, menos empregados (análise xeomorfolóxica, análise de microcarbóns e pirólise GC/MS). Mentres que para Salinas I & II, combínanse disciplinas e métodos tradicionalmente aplicados en contextos arqueolóxicos: estudos estratigráficos, físico-químicos, xeoquímicos e mineralóxicos das secuencias edafosedimentarias coa análise xeomorfolóxica, tanto destes sectores como doutros similares xa estudados, sendo a novidade a integración de toda esta información. A interpretación foi completada co estudo da idade dos arquivos edafosedimentarios por ^{14}C , para poder establecer o marco cronolóxico e evolutivo dos sectores.

Específicas

- Sector Mediterráneo (BQT): Os principais resultados mostran un cambio de condicións climáticas máis húmidas, dende o Holoceno inicial, a unhas condicións climáticas máis secas (aridificación) e un aumento dos incendios, desde o Holoceno medio-final ata o presente. Tamén se infire un aumento da erosión do solo, a capacidade de transporte de sedimentos, o aumento da estacionalidade das precipitacións e da torrencialidade dende 5,3 ka cal BP. Para o Período Neolítico, o rexistro de pole suxire unha rápida diminución do bosque e a expansión dos prados, coetáneos co desenvolvemento da actividade humana. Tamén se evidencia para este momento o pastoreo e o cultivo de leguminosas. Os resultados suxiren unha certa mellora climática para época romana cun intenso aproveitamento agrícola só reflectido pola unidade de solo superior (co posible uso de agroquímicos).
- Sector atlántico (Salinas I & II): O estudo conxunto dos dous contextos arqueolóxicos, permite obter un rexistro sedimentario costeiro, practicamente continuo, cun rango cronolóxico duns 4000 anos, que revela unha progresiva continentalización do medio, coa evolución de formas sedimentarias típicas destes ambientes, pasando dunha intensa interacción mariño-continental, a formacións de marisma, duna e lagoon. Os resultados solo atopan pegada humana directa nos niveis relacionados coa implantación e explotación da sal e logo mediante a perturbación dos sistemas de duna durante a expansión urbana da cidade de Vigo (XVII-XVIII). O resto dos niveis non amosan pegada antrópica directa, pero si unha cronoloxía que é sincrónica con cambios climáticos, como o Período Cálido Romano, o Período Frío Altomedieval, o Período Cálido Medieval e a Pequena Idade do Xeo. Os cambios nas condicións climáticas reflíctense en variacións na dinámica litoral e na reorganización dos sistemas sedimentarios. Tamén se pode falar dunha pegada antrópica indirecta, resultado da actividade humana no territorio, que conxuntamente ás variacións climáticas xerou un punto de inflexión na evolución ambiental, principalmente a partir do 3000-3500 BP.

LIÑAS DE TRABALLO FUTURAS

Despois dos anos de traballo nesta liña de investigación, de cara á súa continuación futura hai unha serie de consideracións que son obrigadas de facer para que o seu desenvolvemento avance. Estes elementos que se mencionarán a continuación non son avaliados exclusivamente coas investigacións desta tese, se non, que aparecen de xeito recorrente na maior parte de traballos de reconstrución ambiental en contextos arqueolóxicos, que dende o grupo de investigación ou de forma persoal se desenvolveron (traballos publicados en revistas de investigación, comunicacións en congresos científicos, pósters presentados en congresos científicos, participación en proxectos de investigación autonómicos e internacionais, así como participación en contratos-convenios de investigación con empresas ou outros tantos que de momento solo aparecen reflectidos en informes patrimoniais).

- (1) Arqueoloxía de Urgencia: en relación ao desenvolvemento das investigacións, o habitual é que veñan dirixidas pola arqueoloxía de urxencia, determinada pola norma patrimonial da comunidade autónoma, para o caso do territorio español. A investigación feita no Mediterráneo (BQT) non se desenvolve deste xeito, se non que ven avalada por un proxecto europeo ERC (*European Research Council*), de aí a posibilidade de traballar cun conxunto numeroso de especialistas de diferentes disciplinas. No caso do sector atlántico, ambas investigacións si partiron da arqueoloxía de urxencia, pero as súas características arqueolóxicas tan conspicuas fixeron que se puideran realizar proxectos de investigación a longo prazo. A pauta habitual non é a que mostran estes dous exemplos, se non máis ben a escaseza de tempo e recursos económicos, o que dificulta desenvolver estas aproximacións. Hai que ter en conta que por moi urxente que sexa o estudo dun xacemento, existe un mínimo de preguntas/respostas que se deben cubrir para que a información ambiental obtida sexa fiable. É por iso que a través desta tese se pretende amosar os mínimos necesarios para desenvolver un traballo digno neste ámbito, e que sempre debería incluír o desenvolvemento da Fase 1 exposta anteriormente (caracterización básica do sector e dos rexistros).
- (2) Tipo de estudo: carácter global (estudo xeral do contexto arqueolóxico) fronte carácter arqueométrico (estudo estruturas arqueolóxicas puntuais). Nesta tese non se expoñen directamente exemplos da segunda opción, pero son tamén demandados dende a sección arqueolóxica, como por exemplo, se pode ver en Ayán et al., (2011) ou Tallón-Armada et al., (2015). Innda así, segue a ser necesario facer un estudo mínimo de contextualización para enmarcar ambientalmente o xacemento. A decisión entre facer un estudo de tipo arqueométrico ou de carácter global debería estar definida polo tipo de preguntas arqueolóxicas e paleoambientais que se formulan, non por un criterio económico, e sempre, desenvolvendo o traballo ben no xacemento arqueolóxico, no seu entorno ou en ambos para ter unha resposta coherente da evolución ambiental-antrópica.

- (3) Mostraxe: sempre hai que tomar o rexistro edafosedimentario máis completo (en canto a número, tipo de facies e potencia dos niveis) e a sondaxe debe ser feita polo especialista que vai a participar na interpretación final do traballo, en aras de elaborar a mellor representación ambiental do sector. En campo tamén é necesario facer unha avaliación do estado de alteración dos rexistros ambientais (pola escavación, por procesos posdeposicionais) e telo en conta á hora de desenvolver a investigación.
- (4) Cronoloxía: debe ser planificada e estar en relación ao material que se vai analizar composicionalmente, collendo preferentemente submostras del.
- (5) Integración da información: é primordial cotexar e relacionar os traballos do campo arqueolóxicos e ambientais para que a investigación final a realizar estea na mesma liña.
- (6) Formulación de preguntas ambientais-arqueolóxicas, sen separar os dous ámbitos.
- (7) Integración do rexistro ambiental como parte do xacemento e da súa conservación ao ser tamén un ben patrimonial, neste caso natural, de igual índole que o son as estruturas arqueolóxicas. A información que conteñen en relación á evolución do medio e a actividade humana. A posta en valor destes arquivos e o seu rexistro é un dos obxectivos principais desta tese, os resultados dos estudos que se amosan poñen de manifesto a alta relevancia deles para entender os cambios climáticos e a actividade antrópica, e polo tanto considérase primordial o seu amparo baixo a Lei patrimonial da Xunta de Galicia.
- (8) Despois do traballo desenvolto nesta tese doutoral proponse a ampliación da aproximación metodolóxica coa aplicación dela en contextos arqueolóxicos doutros períodos culturais, como poden ser o Período do Bronce ou Período Castrexo, períodos culturais abundantes en xacementos de Galicia.
- (9) Elaboración dunha guía metodolóxica en relación ao traballo xa iniciado no proxecto (2009-2012) *Geoarqueoloxía e reconstrución paleoambiental. Metodoloxía aplicada a contextos arqueolóxicos-culturales*”, 09SEC015606PR, Xunta de Galicia, (IP:M.Costa-Casais), no cal tiven relación contractual.

REFERENCIAS

- Alonso Villalobos, C., & Ménanteau, L. (2006). Paléoenvironnements et techniques de production du sel marin (par ignition ou insolation) durant l'Antiquité : les cas des baies de Bourgneuf (France) et de Cadix (Espagne). En: Hocquet, J.-C & Sarrazin, J.-L. (Eds.), *Le sel de la Baie. Histoire, archéologie, ethnologie des sels atlantiques*. Collection Histoire, 87–103.
- Aira Rodríguez, M. J., & Guitián Ojea, F. (1984). Estudio polínico y edafológico de los yacimientos de Regueiriño y Fontela, Península do Morrazo (Pontevedra). *Pontevedra Arqueológica*, 1, 99-112.
- Aira Rodríguez, M. J., & Vázquez Varela, J. M. (1986). Nuevos datos palinológicos sobre la agricultura prehistórica en Galicia (España). *Trabalhos de Antropoloxía e Entoloxía*, 25 (2-4), 241-252.
- Aira Rodríguez, M. J., & Guitián Ojea, F. (1985-86). Contribución al estudio de la Cultura gallega: análisis palinológicos de los Castros de Vixil y Penarrubia (Lugo). *Pontevedra Arqueológica*, 2, 191-200.
- Aira Rodríguez, M. J., Saa Otero, P. & Taboada Castro, C. (1989). Estudios Paleobotánicos y Edafológicos en Yacimientos Arqueológicos de Galicia. *Arqueoloxía/Investigación*, 4, Xunta de Galicia, A Coruña, 134 p.
- Antevs, E. (1941). Age of the Cochise Culture stages. En: Sayles, E. B. & Antevs, E. (Eds.). *Gila Pueblo, Globe, Ariz. Medallion* 29, 31-55.
- Atherden, M. (2002). Book Review: Environmental reconstruction in Mediterranean landscape archaeology. *The Holocene*, 12(1), 124–125.
- <https://doi.org/10.1177/095968360201200118>
- Ayán Vila, X. M., Costa-Casais, M., Tallón-Armada, R., Rodríguez Martínez, R. M. & Franco Fernández, M. A. (2011). Redescubriendo o Castro Pequeno de Neixón (Boiro, A Coruña). Nuevos resultados de la campaña arqueológica de 2008. *Férvedes. Revista de Investigación*, 7, 133-142.
- Barral Silva, M.T., Quitián Rivera, F. & Guitián Ojea, F. (1985). Estudio sedimentológico de un depósito arenoso de la rasa cantábrica. Aplicación de la exoscopia del cuarzo. *Cuadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 9, 329-347.
- Barham, A. J. (1995) Methodological approaches to archaeological context recording: X-radiography as an example of a supportive recording, assessment and interpretative technique. En: Barham, A.J. & Macphail, R.I. (Eds.), *Archaeological Sediments and Soils: Analysis, Interpretation and Management*. Institute of Archaeology, University College London, London, 145-182 p.
- Bellot, F. & Vieitez, E. (1945). Primeros resultados del análisis polínico de las turberas gallegas. *Anales del Instituto de Edafología, Ecología y Fisiología Vegetal*, 2, 281-303.
- Bernabeu, J. (1995). Origen y consolidación de las sociedades agrícolas. El País Valenciano entre el Neolítico y la Edad del Bronce. *Actas de las Jornadas de Arqueología (Alfaç del Pí)*, Valencia, 37–60.

- Bernabeu, J., & Martí, B. (2012). Región central del Mediterraneo, En: Rojo Guerra, M. A., Garrido Pena, R., Martínez de Lagrán, I. (Coords.), *El Neolítico en la península ibérica y su contexto europeo, Síntesis regionales*. Ediciones Cátedra, Grupo Anaya, S. A., Madrid, 371–403.
- Bernabeu Auban, J., Puchol, O., Barton, C. M., McClure, S. & Pardo-Gordó, S. (2015). Radiocarbon dates, climatic events, and social dynamics during the Early Neolithic in Mediterranean Iberia. *Quaternary International* 403, 201-210.
- <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.09.020>.
- Bernárdez, P., González-Álvarez, R., Francés, G., Prego, R., Bárcena, M. A., & Romero, O. E. (2008). Late Holocene history of the rainfall in the NW Iberian peninsula-Evidence from a marine record. *Journal of Marine Systems*, 72(1–4), 366–382.
- <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2007.03.009>
- Blanco-Chao, R., Costa-Casais, M., Taboada-Rodríguez, T. & Tallón-Armada, R. (2017) Sedimentology and sea level in the island Guidoiro Areoso, Ria de Arousa, NW of Iberian Peninsula *Geo-Temas*, vol 17, Pp: 103-106. Pons G., Lorenzo-Lacruz, J., Gómez Pujol, L. (Eds.) *Sociedad Geológica de España, IX Jornadas de Geomorfología Litoral, Universitat de les Illes Balears –UIB, Balears*.
- <http://www.sociedadgeologica.es>
- Bockheim, J. G., Gennadiyev, A. N., Hammer, R. D. & Tandarich, J. P. (2005). Historical development of key concepts in pedology. *Geoderma*, 124(1–2), 23–36.
- <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.03.004>
- Boretti, A. (2020). The European colonization of the Americas as an explanation of the Little Ice Age. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 29, 102-132.
- <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.102132>.
- Brooks, N. (2006). Cultural Responses to Aridity in the Middle Holocene and Increased Social Complexity. *Quaternary International*, 151, 29-49.
- <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2006.01.013>.
- Brown, A. G., Basell, L. S. & Butzer, K. W. (2011). Geoarchaeology, Climate Change, and Sustainability. *Quaternary Science Reviews*. 30, 23–24.
- <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2011.08.011>
- Bryan, K. (1941) Pre-Columbian agriculture in the Southwest as conditioned by periods of alluviation. *Association of American Geographers Annals* 31, 219-242.
- Bryan, K. (1948). Los suelos complejos y fósiles de la altiplanicie de México en relación a los cambios climáticos. *Sociedad Geológica , Mexicana, Boletín* 13, 1-20.
- Bryan, K., & Albritton C.C. (1943). Soil phenomena as evidence of climatic changes. *American Journal of Science* 241, 469-490.
- Butzer, K.W. (1964). *Environment and Archaeology: An introduction to Pleistocene Geography*. Chicago, Aldine, 524 p.
- Buzter, K.W. (1982) *Archaeology and Human Ecology*. Cambridge University Press, New York, 364 p.

- Butzer, K. W. (2011). *Geoarchaeology, climate change, sustainability: A mediterranean perspective*. Special Paper of the Geological Society of America, 476(01), 1–14.
[https://doi.org/10.1130/2011.2476\(01\)](https://doi.org/10.1130/2011.2476(01))
- Butzer, K. W., Butzer, E. & Love, S. (2013). Urban geoarchaeology and environmental history at the Lost City of the Pyramids, Giza: Synthesis and review. *Journal of Archaeological Science*, 40(8), 3340–3366.
<https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.02.018>
- Calzolari, C. & Filippi, N. (2016). Evolution of key concepts in modern pedology with reference to Italian soil survey history. *Geoderma*, 264, 275–283.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.08.024>
- Castro Carrera, J. C. 2007: La salina romana del yacimiento de “O Areal” Vigo, (Galicia): un complejo industrial salazonero altoimperial. En Langóstena, L., Bernal, D. & Arévalo, A. (eds.), *Salsas y salazones de pescado en Occidente durante la Antigüedad*, Actas del Congreso Internacional CETARIAE. *British Archaeological Reports, International Series*, 1686, 355-365
- Castro Carrera, J. C., Prieto Robles, S., Sartal Lorenzo, M., Acuña Piñeiro, Ángel., Iglesias Darriba, M. J., Rodríguez Sáiz, E., Tallón-Armada, R., Fernández Fernández, A. (2019). La salina romana de evaporación solar de O Areal-Vigo (Galicia, España). Un ejemplo de arquitectura “efímera” conservada. En: Ángel Morillo Cerdán, A., Heinrich Hermanns, M. & Salido Domínguez, J. *Products and perishable materials in the archaeological record of Roman times*. *Ephemeral Archaeology*, 127-142.
- Chambers, L. G., Chin, Y. P., Filippelli, G. M., Gardner, C. B., Herndon, E. M., Long, D. T., Lyons, W. B., Macpherson, G. L., McElmurry, S. P., McLean, C. E., Moore, J., Moyer, R. P., Neumann, K., Nezat, C. A., Soderberg, K., Teutsch, N., & Widom, E. (2016). Developing the scientific framework for urban geochemistry. *Applied Geochemistry*, 67, 1–20.
<https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2016.01.005>
- COHMAP Members. (1998). Climatic changes of the last 18 000 years: observations and model simulations. *Science*, 241, 1043–52.
- Connor, T. O. (1998). Environmental Archaeology : a Matter of Definition. *Environmental Archaeology*, 2, 1-6.
- Costa-Casais, M. (2008). Análise xeomorfolóxica da Punta Neixón: espazo natural e espazo antropizado. En: Ayán, X. (Coord.), *Os Castros de Neixón (Boiro, A Coruña) II: de espazo natural a paisaxe cultural (Serie Kelt)*. Editorial Toxosoutos, 72–96.
- Costa Casais, M., Moares Dominguez, C. & Martínez Cortizas, A. (1996). Caracterización físico-química do depósito de Mougás (Pontevedra): Implicacións morfoxenéticas. En: Pérez Alberti, A., Martini, P., Chesworth, W. & Martínez Cortizas, A. (Eds.), *Dinámica y Evolución de Medios Cuaternarios*. Xunta de Galicia, 431–440.
- Costa Casais, M., Blanco Chao, R. & Pérez Alberti, A. (1998) Aplicaciones de la geomorfología al estudio de un yacimiento arqueológico. *Gallaecia*, 17, 9-28.

- Costa-Casais ,M.,. Martínez Cortizas, A., Pontevedra Pombal, X. & Criado Boado, F. (2009) Analysis of landforms in geoarchaeology: Campo Lameiro, NW Iberian Peninsula. *Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia. Geomorphology and Cultural Heritage*. Volumen: LX2324XXVII, ISPRA, Instituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, 39-50 p.
- Costa-Casais, M. & Kaal, J. (2015). La configuración del paisaje cultural durante la Alta Edad Media (Siglos V-XI): cambios ambientales y actividad antrópica en el Noroeste de la Península Ibérica. *Quaternary Studies*, 12, 1-13.
- <http://www.apeq.pt/ojs/index.php/apeq>.
- Costa-Casais, M., Martínez-Cortizas, A., Kaal, J. Caetano Alves, M.I. & Criado-Boado, F. (2011) Reconstructing Holocene evolution in the archaeological site of Campo Lameiro (NW Spain): an interdisciplinary approach to geoarchaeology. En: Campar Almeida, A., Bettencourt, A., Moura, D., Monteiro-Rodrigues, S. & Caetano Alves, M. A. (Eds.), *Environmental Changes and Human Interaction along the Western Atlantic Edge*. APEQ- Associação Portuguesa para o Estudo do Quaternário, CITCEM, CEGOT, CGUP, CCT, Coimbra, 51-70.
- Costa-Casais, M., López-Merino, L., Kaal, J. & Martínez-Cortizas, A. (2015) Environmental changes in North-Western Iberia around The Bell Beaker Period (2800-1400 cal. BC). En: Prieo Martínez, M. P. & Salanova, L. (Ed.) *The Bell Beaker Transition in Europe. Mobility and local Evolution during the 3rd Millenium BC*. Oxbow Books, Oxford, Philadelphia, 150-158.
- Cruces, A., Quaresma, J. C., Freitas, M.C., Andrade, C., Ferreira, T. & Araújo, F.M. (2011). Evidências geológicas e arqueológicas para a transição climática entre o Período quente romano e o "Período das trevas" no SW alejantano. en Almeida, A.C.; Bettencourt, A.M.S.; Monteiro Rodrigues, S.; Caetano Alves M.I. & Moura, D. (Eds); Abstracts book: "Alterações ambientais e interação humana na fachada atlântica ocidental". IV Jornadas do Quaternário, 1st International Conference, Coimbra.
- Cummins, T., Lewis, H., Lionáin, C. & Davis, S. (2018). Soils and Archaeology. En: R. Creamer and L. O'Sullivan (eds.), *The Soils of Ireland*. World Soils Book Series, Springer International Publishing, Belfast, 267-280.
- Demenocal, P. (2001). Cultural Responses to Climate Change During the Late Holocene. *Science*, 292. 667-73.
- <https://doi.org/10.1126/science.1059827>.
- Denham, T. & Grono, E. (2017). Sediments or soils? Multi-scale geoarchaeological investigations of stratigraphy and early cultivation practices at Kuk Swamp, highlands of Papua New Guinea. *Journal of Archaeological Science*, 77, 160–171.
- <https://doi.org/10.1016/j.jas.2016.07.007>
- Dincauze, D. F. (2000). *Environmental Geology: Principles and Practice*. Cambridge University Press, New York. 587 p.
- <https://doi.org/10.1144/qjegh.33.4.350-b>
- Diskin, S., Heyvaert, V. M. A., Pavlopoulos, K., & Schütt, B. (2013). Geoarchaeology: A toolbox of approaches applied in a multidisciplinary research discipline. *Quaternary International*, 308–309c, 1–3.
- <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.09.004>

- Dreibrodt, S., Jarecki, H., Lubos, C., Khamnueva, S.V., Klamm, M. & Bork, H-R. (2013). Holocene soil formation and soils erosion at a slope beneath the Neolithic earthwork Slazmünde (Saxony-Anhalt, Germany). *Catena*, 107, 1-14.
- <https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.03.002>
- Eynaud, F., Florence, V., Mary, Y., Célia, B., Lopez-Romero, E., Penaud, A., Colin, C. & Camille, C. (2021). Holocene climate dynamics on the European scale: Insights from a coastal archaeological record from the temperate Bay of Biscay (SW France). *Quaternary International*, 613, 46-60.
- <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2021.09.018>.
- FAO. (2009). Guía para la descripción de suelos. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, Roma, 99 p.
- Ferrario, M. F., Brunamonte, F., Caccia, A., Livio, F., Martinelli, E., Mazzola, E., Michetti, A. M., & Terrana, S. (2015). Buried landscapes: Geoarchaeology of the Roman harbor of Como (N Italy). *Alpine and Mediterranean Quaternary*, 28(2), 111–120.
- <https://amq.aiqua.it/index.php/amq/article/view/87>
- Ferro-Vazquez, C., Arias, P., Nóvoa-Muñoz, J. C., González-Prieto, S. & Martínez-Cortizas, A. (2013). Origin and evolution of the agricultural landscape in Santiago de Compostela from the properties of a polycyclic terra. En: Rogerio Candellera, M.A., Lazzari, M. & Cano, E. (Eds.), *Science and Technology for the Conservation of Cultural Heritage*, CRC Press, 357-362.
- Ferro-Vázquez, C., Martínez-Cortizas, A., Nóvoa-Muñoz, J. C., Ballesteros-Arias, P. & Criado-Boado, F. (2014). 1500 Years of Soil Use Reconstructed From the Chemical Properties of a Terraced Soil Sequence. *Quaternary International*, 346, 28–40.
- <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.03.023>
- Ferro-Vázquez, C., González Prieto, S., Martínez-Cortizas, A. & Criado Boado, F. (2015). Deciphering the evolution of agrarian technologies during the last ~1600 years using the isotopic fingerprint ($\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$) of a polycyclic terraced soil. *Quaternary Studies*, 12, 39-53.
- <http://www.apeq.pt/ojs/index.php/apeq>
- García-Ruiz, José M. & Andrés, N. & López-Moreno, J.I. (2020). Neoglaciation in the Spanish Pyrenees: a multiproxy challenge. *Mediterranean Geoscience Reviews*, 2, 21-36.
- <https://doi.org/10.1007/s42990-020-00022-9>.
- Guitián, F. & Carballas, T. (1976). Técnicas de análisis de suelos. Pico Sacro, Santiago de Compostela.
- Goldberg, Paul, Vance T. Holliday. & Reid F. (2001). *Earth Sciences and Archaeology*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 519 p.
- Goldberg, P. & Macphail, R. (2006). *Practical and theoretical geoarchaeology*. Blackwell publishing, Oxford, 454 p.
- Haynes, C.V. (1968) Geochronology of late- Quaternary alluvium. En: Morrison, R. B.. Wright, H. E. (Eds.) *Means of Correlatin of Quaternary Succession*. University of Utah Press, Salt Lake City, 591-631.

- Hermanns, Y. M. & Biester, H. (2013). Anthropogenic mercury signals in lake sediments from southernmost Patagonia, Chile. *Science of the Total Environment*, 445–446, 126–135.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.12.034>
- Hill, C. L. (2017). Geoarchaeology, History. En: Allan S. & Gilbert, A. S., (Eds.), *Encyclopedia of Geoarchaeology*. Springer, New York, 292–303.
- Holliday, V. T. (2004). *Soils in Archaeological Research*. Oxford University Press, New York, 443 p.
- Hopkins, D. M. & Giddings, J.L. (1953) Geological background of the Iyatayet Archaeological Site, Cape Denbigh, Alaska. *Smithsonian Miscellaneous Collection*, nº 21. Smithsonian Institution, Washington, D.C.
- Horák, J., & Klír, T. (2017). Pedogenesis, pedochemistry and the functional structure of the waldhufendorf field system of the deserted medieval village spindelbach, the Czech Republic. *Interdisciplinaria Archaeologica*, 8(1), 43–58.
<https://doi.org/10.24916/iansa.2017.1.4>
- Itkin, D., Crouvi, O., Curtis Monger, H., Shaanan, U. & Goldfus, H. (2018). Pedology of archaeological soils in tells of the Judean foothills, Israel. *Catena*, 168, 47–61.
<https://doi.org/10.1016/j.CATENA.2018.03.014>
- Jalut, G., Jacques Deboubat, J., Fontugne, M. & Otto, T. (2009). Holocene circum-Mediterranean vegetation changes: Climate forcing and human impact. *Quaternary International*, 200, 4–18.
- Kaal, J., Carrión Marco, Y., Asouti, E., Martín Seijo, M., Martínez Cortizas, A., Costa Casáis, M., & Criado Boado, F. (2011). Long-term deforestation in NW Spain: Linking the Holocene fire history to vegetation change and human activities. *Quaternary Science Reviews*, 30(1–2), 161–175.
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2010.10.006>
- Kaal, J., Criado-Boado, F., Costa-Casais, M., López-Sáez, J. A., López-Merino, L., Mighall, T., Carrión, Y., Silva-Sánchez, N. & Martínez-Cortizas, A. (2013). Prehistoric land use at an archaeological hot-spot (the rock art park of Campo Lameiro, NW Spain) inferred from charcoal, synanthropic pollen and non-pollen palynomorph proxies. *Journal of Archaeological Science*, 40, 1518–1527.
<https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.09.024>.
- Kaal, J., Martínez Cortizas, A., Eckmeier, E., Costa Casais, M., Santos Estévez, M., & Criado Boado, F. (2008). Holocene fire history of black colluvial soils revealed by pyrolysis-GC/MS: a case study from Campo Lameiro (NW Spain). *Journal of Archaeological Science*, 35(8), 2133–2143.
<https://doi.org/10.1016/j.jas.2008.01.013>
- Karkanis, P. (2010). Preservation of anthropogenic materials under different geochemical processes: A mineralogical approach. *Quaternary International*, 214(1–2), 63–69.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2009.10.017>
- Kristiansen, S., Dalsgaard, K., Holst, M.K., Aaby, B. & Heinemeier, J. (2003). Dating of prehistoric burial mounds by ¹⁴C analysis of SOM fractions. *Radiocarbon*, 45, 101–112.
<https://doi.org/10.1017/S0033822200032434>

- Llana Rodríguez, J. C., Martínez-Cortizas, A. & Ramil-Rego, P. (1991-1992). Algunas consideraciones acerca de la estratigrafía y del marco temporal para los yacimientos al aire libre del Paleolítico Final-Epipaleolítico de Galicia. *Zephyrus: Revista de prehistoria y arqueología* 44-45, 155-166.
- Leighton, M.M. (1936). Geological aspects of the findings of Primitive Man, near Abilene, Texas. *Medallion Papers* 21, 1-44.
- Leighton, M.M (1937) The significance of profiles of eathering in stratigraphic archaeology. En: MacCurdy, G. G. (Ed.) *Earky Man*. Lippincott, New Jork, 163-172.
- Leopold, M. & Völkel, J. (2007). Colluvium: definition, differentiation, and possible suitability for reconstructing Holocene climate data. *Quaternary International*, 162-163, 133-140.
- López Sáez, J.A. & López Merino. L. (2005). Precisiones metodológicas acerca de los indicios paleopalínológicos de agricultura en la Prehistoria de la Península Ibérica. *Portugalia. Nova Série. XXVI*, 53–64
- López Sáez, J.C, Parceros Oubiña, C., Lima Oliveira, E., López García, P., Criado Boado, F., Macías Rosado, R., Martínez-Cortizas, A. & Franco Maside, S. (2003). Paleopaisajes concretos: polen, suelos y arqueología del yacimiento de As Pontes (Abadín, Lugo). *Trabajos de Prehistoria* 60, 1, 139-151.
- López-Merino, L., Martínez Cortizas, A., Reher, G. S., López-Sáez, J. A., Mighall, T. M., & Bindler, R. (2014). Reconstructing the impact of human activities in a NW Iberian Roman mining landscape for the last 2500 years. *Journal of Archaeological Science*, 50(1), 208–218.
<https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.07.016>
- Marcott, S., Shakun, J., Clark, P. & Mix, Alan. (2013). A Reconstruction of Regional and Global Temperature for the Past 11,300 Years. *Science*, 339, 1198-1201.
<https://doi.org/10.1126/science.1228026>.
- Martínez Cortizas, A. (1990). Val do Inferno y Xestido III (Abadín, Lugo): datos edáficos aplicados, *Gallaecia*, 65–80.
- Martínez-Cortizas, A. (1991). Cova da Valiña (Castroverde, Lugo). *Arqueología. Investigación nº5*. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela, 45-54.
- Martínez-Cortizas, A. (1996). En R. Fábregas Valcarce (Ed). *Os primeiros poboadores de Galicia o paleolítico*. Edicions do Castro, Sada, 193- 215.
- Martínez-Cortizas, A. (2000). La reconstrucción de paleoambientes cuaternarios: ideas, ejemplos y una síntesis de la evolución del Holoceno en el NW de la Península Ibérica. *Quaternary Studies*, 3, 31-41.
<https://doi.org/10.1016/10.30893/eq.v0i3.28>
- Martínez Cortizas, A., Berasategui Vinagre, I., Costa Casais, M. & Pontevedra Pombal, X. (2009). Estudio edáfico-geoquímico. En *Círculo de engaños: Excavación del cromlech de A Mourela (As Pontes de García Rodríguez)*, Andavira, Santiago de Compostela, 239–252 p.
- Martínez-Cortizas, A., Costa-Casais, M. & López-Sáez, J. A. (2009). Environmental change in NW Iberia between 7000 and 500 cal BC. *Quaternary International*, 200(1–2), 77–89.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2008.07.012>

- Martínez-Cortizas, A., Mighall, T., Pontevedra-Pombal, X., Nóvoa-Muñoz, J. C., Peiteado-Varela, E. & Rebolo, R. (2005). Linking changes in atmospheric dust deposition, vegetation change and human activities in northwest Spain during the last 5300 years. *The Holocene*, 15, 698-706.
- <https://doi.org/10.1191/0959683605hl834rp>
- Martínez Cortizas, A. & Moares Domínguez, C. (1995). *Edafología y Arqueología. Estudio de yacimientos arqueológicos al aire libre en Galicia*, Xunta de Galicia, 199 p.
- Martínez Cortizas, A., Novoa-Muñoz, J.C., Taboada, T., García-Rodeja, E. & Buurman, P. (2007). Multivariate statistical analysis of chemical properties of European volcanic soils. En Arnalds, O., Bartoli, F., Buurman, P., Oskarsson, H., Stoops, G., García-Rodeja, E. (Eds), *Soils of volcanic regions in Europe*. Springer, 387-400.
- Martínez-Cortizas, A., Pontevedra-Pombal, X., García-Rodeja, E., Nóvoa-Muñoz, J. C. & Shotyk, W. (1999). Mercury in a Spanish peat bog: archive of climate change and atmospheric metal deposition. *Science*, 284. 939-42.
- <https://doi.org/10.1126/science.284.5416.939>
- Mayewski, P.A., Rohling, E.E., Stager, J.C., Karlen, W., Maasch, K.A., Meeker, L.D., Meyerson, E.A., Gasse, F., van Krevelend, S., Holmgren, K., Lee-Thorp, J., Rosqvist, G. Rack, F., Staubwasser, M., Schneider, R.R. & Steig, E.J. (2004). Holocene climate variability. *Quaternary Research*, 62(3), 243–255.
- <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2004.07.001>
- Meijer, E.L & Buurman, P. (1997). Factor analysis and direct optimization of the amounts and properties of volcanic soil constituents. *Geoderma*, 80, 129-151.
- Mellor, A. (1987). A pedogenic investigation of some soil chronosequences on neoglacial moraine ridges, southern Norway: examination of soil chemical data using principal components analysis. *Catena*, 14, 369-381.
- MEMORIA DE EXCAVACIÓN 2007. Fase II evaluación patrimonial de la unidad de actuación I-06. Rosalía de Castro II, Vigo (Pontevedra). Clave; CD 102 A 2006/368-0.
- Monge, G., Jimenez-Espejo, F. J., Pozo, M., Carretero, M. I. & Barroso, C. (2016). A geochemical multi-proxy approach for anthropogenic processes in a Middle–Upper Pleistocene endokarstic deposit. *Quaternary International*, 407, 140–149.
- <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.02.004>
- Movius, H.L.Jr.(1944). Early Man and Pleistocene Stratigraphy in Southern and Eastern Asia. *Harvard University Peabody museum of American Archaeology and Ethnology*, 19(3), 125 p.
- MUNSELL SOIL COLOR CHARTS. (1990) Munsell Color. Macbeth Div. Of Kollmorgen Instruments, Baltimore, MD, USA.
- Murphy, L. R., Hurst, S. C., Holliday, V. T. & Johnson, E. (2014). Late Quaternary landscape evolution, soil stratigraphy, and geoarchaeology of the Caprock Canyonlands, Northwest Texas, USA. *Quaternary International*, 342, 57–72.
- <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.06.060>

- Nicoll, K. & Murphy, L. R. (2014). Soil and sediment archives of ancient landscapes, paleoenvironments, and archaeological site formation processes. *Quaternary International*, 342, 1–4.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.07.001>
- Nicosia, C. (2018). Introduction: Geoarchaeology, 1-5.
<https://doi.org/10.1002/9781119188230.saseas0255>
- Novenko, E., Tarasov, P. & Shumilovskikh, L. (2019). Climate change and human-environment interaction from Neolithic to historical times. *Quaternary International*, 516, 1-4.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.06.004>.
- Oliva, M., Ruiz Fernández, J. Barriendos, M., Benito, G., Cuadrat, J., Domínguez-Castro, F., García-Ruiz, J. M., Giralt, S., Gómez-Ortiz, A., Hernández, A., López-Costas, O., López-Moreno, J.I., López-Sáez, J.A., Martínez-Cortizas, A., Moreno, A., Prohom, M. Saz, M., Serrano, E., Tejedor, E. & Vicente-Serrano, S. (2017). The Little Ice Age in Iberian mountains. *Earth-Science Reviews*, 177, 175-208.
<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.11.010>.
- Parma, D., Lisá, L., Jarošová, M., & Petr, L. (2011). Geoarchaeology of La Tène Sunken Houses at Syrovice, Czech Republic: Importance for Understanding Living Strategies. *Interdisciplinaria Archaeologica - Natural Sciences in Archaeology*, II (1/2011), 15–25.
<https://doi.org/10.24916/iansa.2011.1.2>
- Pastor, A., Gallello, G., Cervera, M. L. & de la Guardia, M. (2016). Mineral soil composition interfacing archaeology and chemistry. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 78, 48–59.
<https://doi.org/10.1016/j.trac.2015.07.019>
- Pavlopoulos, K., Triantaphyllou, M., Karkanias, P., Kouli, K., Syrides, G., Vouvalidis, K., Palyvos, N. & Tsourou, T. (2009). Paleoenvironmental evolution and prehistoric human environment, in the embayment of Palamari (Skyros Island, Greece) during Middle-Late Holocene. *Quaternary International*, 216(1–2), 41–53.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2009.08.015>
- Peinado Lorca, M. & Rivas-Martínez, S. (1987). *La vegetación de España*. Colección Aula Abierta, Universidad de Alcalá de Henares, Alcalá de Henares, 544 p.
- Petit-Marie, N., Bouysse, P., de Beaulieu, J. L., Boulton, G., Guo, Z., Kershaw, P., Llsitsyna, O., Partridge, T., Pflaumann, U., Schulz, H., Soons, J. & Van Vliet-Lanoë, B. (2000). Geological records of the recent past, a key to the near future world environments. *Episode*, 23(4), 230-246.
<https://doi.org/10.18814/epiiugs/2000/v23i4/001>
- Pérez Cueva, A. J. (Coord.) (1994). *Atlas climático de la Comunidad Valenciana (1961/1990)*. Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports, Valencia, 205 p.
- Peyron, O., Goring, S., Dormoy, I., Kotthoff, U., Pross, J., Beaulieu, J-L., Drescher-Schneider, R., Vannièrè, B. & Mafny, M. (2011). Holocene seasonality changes in the central Mediterranean region reconstructed from the pollen sequences of lake Accesa (Italy) and Tenaghi Philippon (Greece). *The Holocene*, 21, 131–146.
<https://doi.org/10.1177/0959683610384162>

- Pourret, O., Hursthouse, A., Irawan, D. E., Johannesson, K., Liu, H., Poujol, M., Tartèse, R., van Hullebusch, E. D., & Wiche, O. (2020). Open Access publishing practice in geochemistry: overview of current state and look to the future. *Heliyon*, 6(3).
- <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03551>
- Ramil-Rego, P. (1993). Paleoethnobotánica de yacimientos arqueológicos holocenos de Galicia. (N.O. Cantábrico). *Munibe. Antropología-Arkeologia*, 45, 165-174.
- Rapp, G. & Hill, C. L. (2006) *Georachaeology. The Earth-Science Approach to Archaeological Interpretation*. Yale University Press, New Haven and London, 339 p.
- Reimer, P., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J., Blackwell, P., Ramsey, C., Buck, C., Cheng, H., Edwards, R., Friedrich, M., Grootes, P., Guilderson, T., Hafliðason, H., Hajdas, I., Christine, H., Heaton, T., Hogg, A., Hughen, K., Kaiser, K. & Staff, Richard. (2013). IntCal13 and MARINE13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 55. 1869–1887.
- https://doi.org/110.2458/azu_js_rc.55.16947.
- Renfrew, C. (1976) *Archaeology and the Earth Sciences*. En Davidson, D.A. & Shackley, M. L. (Ed.), *Geoarchaeology: Earth Science and the Past*. London, Duckworth, 408 p.
- Ruhe, R.V. (1965) *Quaternary paleopedology*. En: Wright, H. E. & Frey, D. G. (Eds), *The Quaternary of the United States*. Princetean University Press, Princeton, 755-764.
- Rinck, B. A. (2014). A geoarchaeological perspective on late Holocene Puyallup River delta history using lithostratigraphic data from Xaxtl'abish 1 on the Hylebos Creek distributary in Tacoma, WA. *Quaternary International*, 342, 5–19. 1
- <https://doi.org/0.1016/j.quaint.2013.12.037>
- Rubio, J.L., Sánchez, J., Forteza, J., (Direc.) (1995). *Mapa de suelos de la Comunidad Valenciana. Onteniente (820)*. 1:100.000. Valencia, 120 p.
- Russo Ermolli, E., Ruello, M. R., Cicala, L., Di Lorenzo, H., Molisso, F. & Pacciarelli, M. (2018). An 8300-yr record of environmental and cultural changes in the Sant'Eufemia Plain (Calabria, Italy). *Quaternary International*, 483, 39–56.
- <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.01.033>
- Šantrůčková, M., Horák, J. & Fanta, V. (2020). Soil chemistry to support old map analysis of the built-up area of an abandoned settlement. Case study from the Romanian banat. *Interdisciplinaria Archaeologica*, 11(1), 103–115.
- <https://doi.org/10.24916/iansa.2020.1.8>
- Schellekens, J., Buurman, P., Fraga, J., Martínez-Cortizas, A. (2010). Holocene vegetation and hydrologic changes inferred from molecular vegetation markers in peat, Penido Vello (Galicia, Spain). *Palaeogeography, Paleoclimatology, Palaeoecology*, 299, 56-69.
- <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.10.034>.
- Shahack-Gross, R. (2017). Archaeological formation theory and geoarchaeology: State-of-the-art in 2016. *Journal of Archaeological Science*, 79, 36–43.
- <https://doi.org/10.1016/j.jas.2017.01.004>

- Shahack-Gross, R., Albert, R. M., Gilboa, A., Nagar-Hilman, O., Sharon, I. & Weiner, S. (2005). Geoarchaeology in an urban context: The uses of space in a Phoenician monumental building at Tel Dor (Israel). *Journal of Archaeological Science*, 32(9), 1417–1431.
- <https://doi.org/10.1016/j.jas.2005.04.001>
- Sheldon, N. D. & Tabor, N. J. (2009). Quantitative paleoenvironmental and paleoclimatic reconstruction using paleosols. *Earth Science Review*, 95(1–2), 1–52.
- <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2009.03.004>
- Silva-Sánchez, N., López-Costas, O. & Tallón-Armada, R. (2013). Edafología, palinología y antropología física aplicadas a la arqueología ambiental. *Quaternary Studies*, 9, 1–14.
- <https://doi.org/10.30893/eq.v0i9.150>
- Silva-Sánchez, N., Martínez-Cortizas, A. & Lopez-Merino, L. (2014). Linking forest cover, soil erosion and mire hydrology to late-Holocene human activity and climate in NW Spain. *The Holocene*, 24, 714–725.
- <https://doi.org/10.1177/0959683614526934>
- Silva-Sánchez, N., Martínez Cortizas, A. & López-Merino, L. (2014). Linking forest cover, soil erosion and mire hydrology to late-Holocene human activity and climate in NW Spain. *The Holocene*, 24(6), 714–725.
- <https://doi.org/10.1177/0959683614526934>
- Simniškytė-Strimaitienė, A., Selskienė, A., Vaičiūnienė, J., Pakštas, V. & Šmigelskas, R. (2017). Tracing archaeology through geochemistry: An example of a disturbed prehistoric hilltop settlement site in South-Eastern Lithuania. *Interdisciplinaria Archaeologica*, 8(1), 17–34.
- <https://doi.org/10.24916/iansa.2017.1.2>
- Šmejda, L., Hejcman, M., Horák, J. & Shai, I. (2018). Multi-element mapping of anthropogenically modified soils and sediments at the Bronze to Iron Ages site of Tel Burna in the southern Levant. *Quaternary International*, 483, 111–123.
- <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.11.005>
- Sun, F. & Zhao, Z. (2020). An Interdisciplinary Perspective from the Earth Scientist's Periodic Table: Similarity and Connection between Geochemistry and Metallurgy. *Engineering*, 6(6), 707–715.
- <https://doi.org/10.1016/j.eng.2020.04.002>
- Tallón-Armada, R. (2012). Marco evolutivo dunha explotación salineira de época romana (Vigo, Pontevedra). Memoria de Licenciatura, Universidade de Santiago de Compostela, 109p.
- Tallón Armada, R., López-Costas, O. & Martínez Cortizas, A. (2015). Análisis del contenido de fósforo en los suelos y sedimentos del yacimiento de Ventosiños (Coeses) como una alternativa al hallazgo de restos óseos. En: Cano Pan, J. A., Piay Augusto, D. & Naveiro López, J. L., Un yacimiento ceremonial en la transición del bronce al hierro: Ventosiños (Coeses, Lugo). *Arqueoloxía do noroeste*, SLU, Cambre (A Coruña).

- Targulian, V. & Krasilnikov, P. (2007). Soil system and pedogenic processes: Self-organization, time scales, and environmental significance. *Catena*, 71, 373-381.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2007.03.007>.
- Terwilliger, V. J., Eshetu, Z., Colman, A., Bekele, T., Gezahgne, A. & Fogel, M. L. (2008). Reconstructing palaeoenvironment from $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ values of soil organic matter: A calibration from arid and wetter elevation transects in Ethiopia. *Geoderma*, 147(3-4), 197-210.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.09.001>
- Tonneijck, F. H., van der Plicht, J., Jansen, B., Verstraten, J. M. & Hooghiemstra, H. (2006). Radiocarbon dating of soil organic matter fractions in andosols in Northern Ecuador. *Radiocarbon*, 48, 337-353.
<https://doi.org/10.1017/S0033822200038790>.
- Toro, M., Granados, I., Pla, S., Giralt, S., Antoniades, D., Galán, L., Cortizas, A. M., Lim, H. S. & Appleby, P. G. (2013). Chronostratigraphy of the sedimentary record of Limnopolar Lake, Byers Peninsula, Livingston Island, Antarctica. *Antarctic Science*, 25(2), 198-212.
<https://doi.org/10.1017/S0954102012000788>
- Turu, V., Carrasco, R., López-Sáez, J. A., Pontevedra-Pombal, X., de Pedraza, J., Luelmo, L. R., Pérez-Díaz, S., Echeverría, A., Frigola, J., Alba-Sánchez, F., Sanchez, J., Pèlachs, A., Cunill Artigas, R., Tersa, J., Mur-Cacuho, E. & Soriano, J.M. (2021). Palaeoenvironmental changes in the Iberian central system during the Late-glacial and Holocene as inferred from geochemical data: A case study of the Navamuño depression in western Spain. *Catena*, 207, 105689.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105689>.
- Urrutia, M.M., García-Rodeja, E. & Macías, F. (1989). Determinación del pH en suelos de carga variable de Galicia. *Anales de Edafología y Agrobiología*, 48, 219-228.
- Valentine, K.W.G. & Dalrymple, J.B. (1976) Quaternary buried paleosols: A critical review. *Quaternary Research*, 4, 551-590.
- Vázquez Varela, J. M. & Aira Rodríguez, M. J. (1986). La economía de los pueblos prerromanos del Norte de Hispania, según los testimonios palinológicos. En: Pereira Menault, G. (Dir.): *Actas del 1er Congreso Peninsular de Historia Antigua*, 2, 291-298.
- Vyse, S. A., Herzschuh, U., Andreev, A. A., Pestryakova, L. A., Diekmann, B., Armitage, S. J. & Biskaborn, B. K. (2020). Geochemical and sedimentological responses of arctic glacial Lake Ilirney, chukotka (far east Russia) to palaeoenvironmental change since ~51.8 ka BP. *Quaternary Science Reviews*, 247, 106607.
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2020.106607>
- Wang, Y., Amundson, R. & Trumbore, S. (1996). Radiocarbon dating of soil organic matter. *Quaternary Research*, 45, 282-288.
<https://doi.org/10.1006/qres.1996.0029>
- Walkington, H. (2010). Soil science applications in archaeological contexts: A review of key challenges. *Earth-Science Reviews*, 103, 103(3-4), 122-134.
<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2010.09.002>

- Wells, E. C. (2006). Cultural soilscales. *Geological Society Special Publication*, 266, 125–132.
<https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2006.266.01.10>
- Wilkinson, K. & Stevens C. H. (2011) *Environmental Archaeology. Approaches, Techniques & Applications*. The History Press, 320 p.
- Wilson, C. A., Davidson, D. A. & Cresser, M. S. (2008). Multi-element soil analysis: an assessment of its potential as an aid to archaeological interpretation. *Journal of Archaeological Science*, 35(2), 412–424.
<https://doi.org/10.1016/j.jas.2007.04.006>
- Wilson, L. (2011). *Human Interactions with the Geosphere: The Geoarchaeological Perspective*. Geological Society of London, Special Publications, 352 (1), 189 p.
<https://doi.org/10.1144/SP352.1>
- Zapata, L., Peña–Chocarro, L., Pérez–Jordá, G. & Stika, H–P. (2004). Early Neolithic Agriculture in the Iberian Peninsula. *Journal of World Prehistory*, 18, 283–325.
<https://doi.org/10.1007/s10963-004-5621-4>
- Zastrozhnov, A., Danukalova, G., Golovachev, M., Titov, V., Osipova, E., Simakova, A., Yakovlev, A., Yakovleva, T., Aleksandrova, G., Shevchenko, A., Murray, A., Tesakov, A. & Sadikhov, E. (2020). Biostratigraphical investigations as a tool for palaeoenvironmental reconstruction of the Neopleistocene (Middle-Upper Pleistocene) at Kosika, Lower Volga, Russia. *Quaternary International*, 540, 38–67.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.11.036>
- Zolitschka, B., Wulf, S., & Negendank, J. F. W. (2000). Circum-Mediterranean lake records as archives of climatic and human history. *Quaternary International*, 73–74, 1–5.
[https://doi.org/10.1016/s1040-6182\(00\)00061-6](https://doi.org/10.1016/s1040-6182(00)00061-6)

ANEXOS: TRABALLOS PUBLICADOS

CAPÍTULO 1: HOLOCENE ENVIRONMENTAL CHANGE IN EASTERN SPAIN RECONSTRUCTED THROUGH THE MULTIPROXY STUDY OF A PEDO-SEDIMENTARY SEQUENCE FROM LES ALCUSSES (VALENCIA, SPAIN)

<https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.03.023>

CAPÍTULO 2: EVOLUCIÓN DE UN SECTOR COSTERO DURANTE LA ALTA EDAD MEDIA EN EL NW DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

<http://apeq.pt/ojs/index.php/apeq/article/view/174>

CAPÍTULO 3: PALEOENVIRONMENTAL RECONSTRUCTION OF AN URBAN ARCHAEOLOGICAL SITE: THE ROMAN SALTMINES OF VIGO, NORTHWEST IBERIA

<https://doi.org/10.1002/gea.21648>



Esta tese aborda a aplicación metodolóxica das Ciencias da Terra á Arqueoloxía, dende o marco teórico da Edafoarqueoloxía e Reconstrución Paleoambiental aplicada a contextos arqueolóxicos. Preséntase a modo de compendio de artigos e desenvolve a análise de sinais de cambio ambiental en arquivos edafo-sedimentarios (xeoindicadores) de dous contextos arqueolóxicos (sector continental mediterráneo de época neolítica vs sector litoral atlántico de época romana). Combina a información físico-química, composicional e mineralóxica destes arquivos coa obtida doutros proxies ambientais e do estudo cronolóxico (^{14}C). Interpreta a partir de modelos de evolución actual, os cambios ambientais no pasado e a súa relación coa actividade humana.