

INTERACCIÓNS SOCIEDADE-MEDIO AMBIENTE: ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA E SEDIMENTARIA NO NOROESTE PENINSULAR

Society-Environment Interactions: Stratigraphic and Sedimentary Analysis in the Northwestern Iberian Peninsula

Miguel Ángel Álvarez-Vázquez

Área de Xeografía Física, Grupo GEAAT, Universidade de Vigo

Facultade de Historia, Campus As Lagoas, s/n, 32004 Ourense

mianalva@uvigo.gal

Resumo: O proxecto "Interaccións Sociedade-Medio Ambiente en Rexistros Estratigráficos e Sedimentarios" propón unha aproximación interdisciplinaria para estudar as relacións entre as sociedades humanas e o medio natural no noroeste da Península Ibérica. O enfoque parte da Xeografía Física, empregando a Xeografía Ambiental e a Historia Ambiental como marcos conceptuais para interpretar as interaccións entre procesos naturais e accións humanas ao longo do espazo e do tempo. A investigación céntrase no estudo de rexistros estratigráficos e sedimentarios en sistemas fluviais, áreas costeiras e xacementos arqueolóxicos, combinando análises sincrónicas e diacrónicas. A través desta metodoloxía, busca comprender as transformacións espaciais e temporais nas paisaxes, identificando as pegadas ambientais deixadas pola actividade humana. Destaca a importancia dos ecosistemas fluviais e costeiros como indicadores de cambios ambientais e reflexo das interaccións sociedade-medio ambiente. Así mesmo, propón un marco conceptual que contribúe á análise das dinámicas de vulnerabilidade e resiliencia dos ecosistemas fronte ás presións antropoxénicas, promovendo unha visión integral que une o pasado e o presente para anticipar desafíos futuros. Esta investigación aspira a ofrecer unha base sólida para o desenvolvemento de ferramentas dirixidas á xestión e preservación do patrimonio natural e cultural.

Palabras chave: Sistemas humano ambientais, pegada humana, estratigrafía, Xeografía Ambiental, Historia Ambiental.

Abstract: The project "Society-Environment Relationships in Stratigraphic and Sedimentary Records" proposes an interdisciplinary approach to study the interactions between human societies and the natural environment in the northwest of the Iberian Peninsula. The research is rooted in Physical Geography, employing Environmental Geography and Environmental History as conceptual frameworks to interpret interactions between natural processes and human activities across space and time. The study focuses on stratigraphic and sedimentary records in fluvial systems, coastal areas, and archaeological sites, combining synchronic and diachronic analyses. Through this methodology, it seeks to understand spatial and temporal transformations in landscapes, identifying the environmental footprints left by human activity. The project highlights the importance of fluvial and coastal ecosystems as indicators of environmental changes and reflections of society-environment interactions. Additionally, it proposes a conceptual framework that contributes to the analysis of ecosystem vulnerability and resilience dynamics in response to anthropogenic pressures, promoting an integrative perspective that bridges past and present to anticipate future challenges. This research aims to provide a robust foundation for developing tools aimed at managing and preserving natural and cultural heritage.

Keywords: Human-environment systems, human footprint, stratigraphy, Environmental Geography, Environmental History.

1. Introducción

As complexas relacións entre as sociedades humanas e o medio natural no que se desenvolven teñen sido obxecto de estudo dende múltiples perspectivas ao longo da historia. Non obstante, a comprensión profunda destas interaccións require un enfoque interdisciplinario que permita analizar tanto os impactos ambientais derivados das actividades humanas como as respostas adaptativas dos grupos humanos ás transformacións naturais do seu entorno. Neste contexto, o proxecto "Interaccións Sociedade-Medio Ambiente en Rexistros Estratigráficos e Sedimentarios" xorde como unha iniciativa innovadora que busca desentrañar estas complexas dinámicas a través do estudo detallado dos rexistros sedimentarios e estratigráficos no noroeste da Península Ibérica.

Este proxecto, desenvolvido no marco da Área de Xeografía Física da Universidade de Vigo e integrado no Grupo de Estudos de Arqueoloxía, Antigüidade e Territorio (GEAAT), propón unha aproximación holística que combina coñecementos e técnicas da Xeografía Física, para ofertar ferramentas transversais ás outras áreas de coñecemento do GEAAT: Arqueoloxía, Prehistoria e Historia Antiga. Esta colaboración interdisciplinaria permite abordar as transformacións ambientais e sociais nun contexto amplo, proporcionando novas perspectivas sobre como as interaccións eco-sociais contribuíron e continúan contribuíndo a modelar as paisaxes.

A investigación céntrase en tres grandes tipos de contextos: sistemas fluviais, áreas costeiras e xacementos arqueolóxicos. Mediante a combinación de análises sincrónicas e diacrónicas, o proxecto busca construír unha imaxe detallada e contextualizada dos procesos de cambio que afectaron e afectan aos ecosistemas do

noroeste peninsular. As análises sincrónicas permiten identificar patróns espaciais nun mesmo período de tempo, ofrecendo unha instantánea das interaccións e variacións ambientais nun momento determinado. Por outra banda, o enfoque diacrónico permite seguir a evolución destas interaccións ao longo de distintos períodos na historia humana, rastrexando as pegadas humanas en diferentes capas de sedimento e rexistros estratigráficos.

A relevancia deste estudo non se limita ao ámbito académico. Os posibles resultados teñen potencial para unha importante dimensión aplicada, ofrecendo información valiosa para a xestión e preservación do patrimonio natural e cultural no noroeste da Península Ibérica. Ademais, ao destacar tanto a resiliencia dos ecosistemas fronte ás intervencións humanas como a súa vulnerabilidade en contextos específicos, esta investigación pode proporcionar ferramentas esenciais para anticipar e xestionar os desafíos ambientais futuros.

2. Obxectivos do proxecto

O proxecto "Interaccións Sociedade-Medio Ambiente en Rexistros Estratigráficos e Sedimentarios" establece un conxunto de obxectivos deseñados para abordar de maneira integral a complexa relación entre as actividades humanas e o medio natural. Estes obxectivos reflicten a natureza transdisciplinaria do proxecto e a súa aspiración de proporcionar unha comprensión profunda das dinámicas humano-ambientais no noroeste peninsular.

O obxectivo xeral do proxecto é analizar as interaccións entre a sociedade e o medio ambiente a través do estudo dos rexistros estratigráficos e sedimentarios, co fin de comprender as transformacións e impactos ambientais ao longo do espazo e do tempo. Este obxectivo recolle a esencia do proxecto, buscando desentrañar a complexa rede de

relacións entre as actividades humanas e os cambios ambientais rexistrados en solos e sedimentos.

Para acadar este obxectivo xeral, o proxecto articúlase en tres obxectivos específicos. O primeiro céntrase no desenvolvemento de metodoloxías para estudar a influencia humana en pequenos ríos, ríos en rocha e ríos de cabeceira. Este obxectivo implica a exploración e desenvolvemento de técnicas estatísticas avanzadas para identificar os factores de control relevantes¹ que permitan distinguir entre as influencias naturais e antrópicas nestes sistemas fluviais, a miúdo subestimados pero ecoloxicamente cruciais.

O segundo obxectivo específico busca caracterizar a pegada humana nos esteiros galegos. Para iso, propónse unha análise en profundidade dos sedimentos destes esteiros, centrándose especificamente nos séculos XX e XXI. Este traballo, que empregará técnicas avanzadas de análise xeoquímica e xeocronolóxica, ten como propósito completar un mapa detallado das pegadas antrópicas a nivel rexional, proporcionando unha visión integral das transformacións ambientais nas zonas costeiras galegas durante o período de maior intensificación das actividades humanas.

O terceiro obxectivo específico céntrase na aplicación das técnicas desenvolvidas en xacementos arqueolóxicos. Este obxectivo busca adaptar as metodoloxías de análise da pegada humana, inicialmente desenvolvidas para sistemas fluviais e costeiros, aos solos de xacementos arqueolóxicos. O propósito é desenvolver ferramentas máis precisas para identificar as variables clave na composición sedimentaria que indiquen a presenza e actividade humana en contextos arqueolóxicos, proporcionando así novas vías para a

¹ MATYS GRYGAR, T. *et al.* (2023)

interpretación de sitios arqueolóxicos e para a comprensión das interaccións pasadas entre as sociedades humanas e o seu entorno.

Estes obxectivos, tanto o xeral como os específicos, reflicten a natureza multifacética e interdisciplinaria do proxecto. Ao abordar diferentes escalas espaciais, desde pequenos ríos ata esteiros e xacementos arqueolóxicos, e temporais, desde o pasado distante ata o presente, o proxecto busca proporcionar unha comprensión holística das interaccións sociedade-medio ambiente. A consecución destes obxectivos non só avanzará no coñecemento científico, senón que tamén proporcionará ferramentas valiosas para a xestión ambiental e a conservación do patrimonio natural e cultural no noroeste peninsular.

3. Relevancia ecolóxica e xeomorfolóxica dos pequenos ríos

Un dos aspectos fundamentais deste proxecto é o recoñecemento da importancia dos sistemas fluviais, especialmente dos pequenos ríos, ríos de cabeceira e ríos sobre rocha, na rede fluvial global. Estes sistemas, a miúdo subestimados nas investigacións científicas, xogan un papel crucial como elementos vertebradores da paisaxe e como actores chave nos ciclos bioxeoquímicos globais.

Os pequenos ríos, que constitúen arredor do 89% da rede fluvial mundial², son fundamentais como corredores de materia que conectan o sistema terrestre co sistema oceánico. No contexto do ciclo hidrolóxico global, os ríos transportan aproximadamente $37.411 \pm 7.816 \text{ km}^3$ de auga anualmente polos continentes³. Ademais da auga, estes sistemas fluviais transportan unha cantidade significativa de materiais en suspensión e disoltos, incluíndo nutrientes, metais e partículas orgánicas e inorgánicas. Estímase que

² ALLEN, G. H. *et al.* (2018).

³ COLLINS, E. L. *et al.* (2024).

os ríos desprazan aproximadamente 20 xigatoneladas de materiais cada ano⁴, constituíndo así a principal vía de transferencia de materia desde os continentes aos océanos.

Este continuo fluxo de materiais ten un papel fundamental no sostemento do equilibrio dos ecosistemas costeiros e mariños. Contribúe á fertilización de zonas oceánicas e inflúe na química global da auga mariña, cuxos equilibrios teñen repercusións a nivel global. Un exemplo claro desta influencia é o papel que xoga na circulación termohalina oceánica e, consecuentemente, nos patróns climáticos globais.

A pesar da súa relevancia, os pequenos ríos e os ríos sobre rocha teñen sido tradicionalmente menos estudados en comparación cos grandes sistemas fluviais. Esta tendencia débese, en parte, á maior visibilidade dos grandes ríos e ao seu papel destacado no transporte de grandes volumes de auga e sedimentos. Non obstante, estudos recentes⁵ teñen resaltado a importancia das pequenas concas como centros de diversidade ecolóxica e como zonas onde se producen procesos de transformación xeomorfolóxica acelerada.

Estes pequenos ríos xeran microhábitats únicos debido á súa interacción co substrato rochoso e ás súas características hidrolóxicas particulares. Esta interacción contribúe a unha gran variabilidade ecolóxica e a procesos xeomorfolóxicos que afectan a rexións máis amplas. Debido á súa proximidade aos asentamentos humanos e á súa sensibilidade ás perturbacións, estes sistemas actúan como indicadores precisos dos cambios ambientais locais e rexionais. A análise dos seus sedimentos e rexistros estratigráficos proporciona unha valiosa "memoria ambiental" que rexistra tanto os impactos antropoxénicos recentes como os cambios históricos no uso do solo e na explotación de recursos.

⁴ WALLING, D. E.; e FANG, D. (2003); BUKAVECKAS, P. A. (2009).

⁵ SIMIĆ, V. *et al.* (2022); WHIPPLE, K. *et al.* (2013).

Ademais, os pequenos ríos xogan un papel fundamental na conectividade ecolóxica entre ecosistemas terrestres e acuáticos. As alteracións nestes sistemas poden ter efectos en cadea que se propagan río abaixo, afectando a ríos maiores, estuarios e mesmo ecosistemas costeiros. Por iso, o seu estudo non só é relevante para a comprensión dos procesos locais, senón tamén para a xestión integral das concas hidrográficas e a conservación da biodiversidade a escala rexional.

4. Impacto antropoxénico nos sistemas fluviais

A actividade humana ten alterado profundamente os sistemas fluviais ao longo da historia, deixando unha pegada indeleble na composición e nas características dos sedimentos transportados polos ríos. Un dos aspectos máis significativos deste impacto é a introdución de metais contaminantes, que poden ter efectos a longo prazo nos ecosistemas fluviais e costeiros.

Aínda que o fluxo de materiais nos sistemas fluviais é un proceso natural, a actividade humana, especialmente a partir da Revolución Industrial, introduciu novas fontes de contaminantes, rompendo o equilibrio natural. Esta alteración intensificouse notablemente durante a chamada "Gran Aceleración" de mediados do século XX⁶, un período caracterizado por un aumento sen precedentes na escala e intensidade das actividades humanas e os seus impactos ambientais⁷. Entre os contaminantes máis comúns asociados a fontes antrópicas inclúense “metais industriais” como o cromo, o cobre, o mercurio, o níquel, o chumbo e o zinc⁸. Estes e outros metais son empregados en múltiples procesos na industria, así como en aplicacións agrícolas, médicas e domésticas⁹.

⁶ STEFFEN, W. *et al.* (2007).

⁷ LEWIS, S. L. e MASLIN, M. A. (2015).

⁸ WATERS, C.N. *et al.* (2016).

⁹ TCHOUNWOU, P. B. *et al.* (2012).

A expansión das actividades mineiras, industriais, agrícolas e urbanas non só alterou a calidade dos sedimentos, senón que tamén modificou a súa dinámica. A actividade mineira, por exemplo, pode introducir metais en concentracións elevadas, superando con frecuencia os niveis naturais, o que afecta negativamente os ecosistemas fluviais e mariños. Ademais, a urbanización e a construción de infraestruturas alteran os patróns de fluxo, erosionan as ribeiras e aumentan o transporte de sedimentos enriquecidos en contaminantes cara ás áreas costeiras.

A análise destes materiais de orixe humana nos rexistros sedimentarios permite comprender non só os impactos ambientais da industrialización e urbanización, senón tamén identificar as principais fontes de contaminación e os procesos subxacentes ás transformacións espaciais e temporais dos sistemas fluviais. Deste xeito, estes metais non só actúan como indicadores da actividade humana, senón que tamén ofrecen unha base científica para avaliar os efectos a longo prazo da interacción sociedade-medio ambiente.

5. Evidencia arqueolóxica e histórica da contaminación por metais

A análise dos materiais transportados polos sistemas fluviais vai máis aló da comprensión dos fluxos contemporáneos de sedimentos e metais. Os sedimentos acumulados ao longo do tempo nos leitos fluviais, esteiros, zonas costeiras e no océano, actúan como arquivos estratigráficos da interacción sociedade-medio ambiente, ofrecendo unha perspectiva única sobre a pegada humana en períodos históricos e prehistóricos.

O uso de metais na historia humana exemplifica esta relación dinámica e complexa. Aínda que a súa presenza nos rexistros estratigráficos é máis evidente dende a Revolución Industrial, as primeiras pegadas antrópicas detectáronse en contextos moito máis antigos. Por exemplo, acháronse niveis elevados de elementos como o cobre, níquel

e zinc en asociación con fogueiras neandertais en covas de Xibraltar, o que suxire un sinal humano primitivo na estratigrafía¹⁰.

No Antigo Exipto, a produción de ferramentas para a construción da necrópole de Guiza xerou sinais de contaminación por cobre que persisten nos rexistros sedimentarios a nivel local¹¹. Este exemplo ilustra como incluso as civilizacións antigas deixaron unha pegada ambiental significativa, que pode ser rastrexada e analizada séculos despois.

Durante a época romana, a minería intensiva deixou marcas substanciais nos sistemas naturais. Un exemplo claro é a contaminación rexistrada entre os anos 220 a.C. e 420 d.C. na plataforma continental do sur da Península Ibérica, relacionada coa explotación romana da franxa pirítica ibérica¹². Este caso demostra a magnitude e a persistencia dos impactos ambientais asociados ás actividades económicas antigas.

Non só a minería, senón tamén outras actividades económicas, como a construción de pesqueiras medievais, alteraron a dinámica fluvial. Estas estruturas deixaron pegadas identificables incluso durante períodos de utilización e abandono, rexistrando cambios na dinámica sedimentaria fluvial atribuídos a eventos históricos como as vagas de peste negra en Galicia¹³. Este exemplo ilustra como os rexistros sedimentarios poden proporcionar información non só sobre as actividades humanas directas, senón tamén sobre eventos históricos e as súas consecuencias ambientais.

As investigacións máis recentes tamén destacan a utilidade dos rexistros sedimentarios para comprender os impactos máis inmediatos da actividade humana. Estudos realizados nas rías galegas revelaron como os fluxos de metais, tanto de orixe natural como antrópica, evolucionaron durante o século XX¹⁴, proporcionando unha

¹⁰ MONGE, G. *et al.* (2015).

¹¹ YOUNES, G. *et al.* (2024).

¹² MIL-HOMENS, M. *et al.* (2016).

¹³ VIVEEN, W. *et al.* (2014).

¹⁴ ÁLVAREZ-VÁZQUEZ, M. A. *et al.* (2017).

visión detallada de como as actividades humanas deixaron a súa pegada nos ecosistemas costeiros en tempos recentes.

Na Ría de Ferrol, por exemplo, mediante a análise da composición dos sedimentos xunto a técnicas de xeocronoloxía, foi posible identificar cambios nos sedimentos no esteiro do río Grande de Xubia, vinculados ás diferentes etapas de desenvolvemento industrial¹⁵. Este caso demostra como os rexistros sedimentarios poden proporcionar unha cronoloxía detallada do impacto ambiental asociado ao desenvolvemento económico dunha rexión.

Paralelamente, en áreas protexidas como o Complexo Intermareal Umia-O Grove (RAMSAR #452), demostrouse que as políticas ambientais implantadas a comezos do século XXI foron eficaces na redución de contaminantes, mellorando a calidade dos ecosistemas costeiros¹⁶. Este exemplo ilustra como os rexistros sedimentarios poden ser utilizados non só para documentar o impacto negativo das actividades humanas, senón tamén para avaliar a eficacia das medidas de protección ambiental.

Estes estudos destacan a importancia dun enfoque transdisciplinario que integre métodos da Xeografía, Estratigrafía e Arqueoloxía para descifrar os sinais contidos nos rexistros sedimentarios. Esta perspectiva permite comprender a interacción entre procesos naturais e forzas antrópicas, proporcionando non só unha visión do pasado, senón tamén ferramentas para abordar os retos ambientais do presente e do futuro.

6. Un enfoque transdisciplinario para o estudo sociedade-medio ambiente

A análise das interaccións entre sociedade e medio ambiente require un enfoque transdisciplinario que abarque tanto a dimensión espacial como a temporal destes

¹⁵ ÁLVAREZ-VÁZQUEZ, M. A. *et al.* (2020).

¹⁶ ÁLVAREZ-VÁZQUEZ, M. A. *et al.* (2018).

procesos. Neste contexto, o proxecto integra perspectivas metodolóxicas e conceptuais de disciplinas como a Xeografía Ambiental, a Historia Ambiental, a Arqueoxeografía, a Xeoarqueoloxía, os estudos paleoambientais e a Arqueoloxía da Paisaxe, proporcionando un marco robusto para abordar a complexidade dos sistemas humano-ambientais¹⁷. Este enfoque parte de modelos conceptuais e metodolóxicos integrados co obxectivo de construír coñecemento superando as barreiras disciplinares tradicionais¹⁸ e evitando estudar os sistemas humano e ambiental de maneira illada¹⁹.

A Xeografía Ambiental céntrase nas relacións dinámicas entre o espazo xeográfico e a sociedade²⁰. Esta disciplina proporciona as ferramentas necesarias para analizar como as actividades humanas transforman o medio físico e, á súa vez, como as características do medio inflúen nos patróns de asentamento e uso do territorio. A través desta lente, é posible examinar as interaccións espaciais entre os sistemas humanos e naturais, identificando patróns de uso do solo, fluxos de recursos e impactos ambientais a diferentes escalas.

A Historia Ambiental, pola súa parte, incorpora unha dimensión temporal fundamental para entender como estas interaccións evolucionaron ao longo do tempo²¹. Esta perspectiva é especialmente relevante para identificar tendencias e ciclos de impacto ambiental relacionados con transformacións socioeconómicas e culturais. Esta aproximación é fundamental para comprender como as sociedades pasadas percibían e xestionaban o seu entorno, e como estas percepcións e prácticas evolucionaron co tempo. Ademais, a Historia Ambiental axuda a contextualizar os cambios ambientais dentro de

¹⁷ ALBERTI, M. *et al.* (2011).

¹⁸ ASPINALL, R. e STAIANO, M. (2017); LIU, J. *et al.* (2021).

¹⁹ KELLY, J. M. (2018).

²⁰ CASTREE, N. *et al.* (2009).

²¹ PAWSON, E. e CHRISTENSEN, A. A. (2017).

marcos históricos máis amplos, relacionándoos con eventos políticos, económicos e culturais significativos.

A Arqueoxeografía²², ao combinar métodos e teorías da Xeografía e a Arqueoloxía, proporciona unha perspectiva única sobre como as sociedades antigas interactuaban co seu entorno. Esta disciplina permite reconstruír paisaxes antigas e comprender como as actividades humanas modelaron o territorio ao longo do tempo. A través da análise de patróns de asentamento, sistemas de cultivo, redes de comunicación e outros elementos da paisaxe, a Arqueoxeografía ofrece unha visión detallada das dinámicas espaciais das sociedades pasadas.

A Xeoarqueoloxía, pola súa parte, aporta unha dimensión fundamental ao proxecto ao empregar métodos das Ciencias da Terra para estudar os procesos de formación do rexistro arqueolóxico²³. Esta disciplina non só permite unha comprensión máis profunda dos contextos sedimentarios e estratigráficos, senón que tamén facilita a realización de estudos paleoambientais que ofrecen información crucial sobre as condicións ambientais do pasado. A través da análise de sedimentos, solos e xeomorfoloxía dos sitios arqueolóxicos, a Xeoarqueoloxía proporciona unha ponte esencial entre as evidencias materiais da actividade humana e o seu contexto ambiental, permitindo unha reconstrución máis precisa das interaccións entre as sociedades pasadas e o seu entorno físico.

Por último, a Arqueoloxía do Paisaxe aporta un enfoque integral para o estudo das transformacións paisaxísticas a longo prazo. Esta disciplina considera a paisaxe como un produto cultural, resultado da interacción continuada entre as sociedades humanas e o seu entorno²⁴. A través da análise de elementos como a distribución de xacementos

²² CHOUQUER, G. (2003).

²³ BROWN, A. G. (2001).

²⁴ PARCERO-OUBIÑA, C. *et al.* (2014).

arqueolóxicos, os patróns de uso do solo e as modificacións do relevo, a Arqueoloxía do Paisaxe permite reconstruír as formas en que as sociedades pasadas percibían, utilizaban e transformaban o seu entorno.

A integración destas perspectivas disciplinares permite abordar cuestións complexas sobre as interaccións sociedade-medio ambiente que serían difíciles de resolver desde unha única disciplina. Por exemplo, ao combinar datos xeográficos, históricos e arqueolóxicos, é posible reconstruír as dinámicas de uso do solo nunha rexión ao longo de varios séculos ou mesmo milenios, identificando patróns de continuidade e cambio nas prácticas agrícolas, forestais ou de xestión de recursos hídricos.

A aproximación transdisciplinaria no estudo das interaccións entre sociedade e medio ambiente permite unha comprensión máis profunda dos procesos de adaptación e resiliencia das sociedades fronte aos cambios ambientais. Ao examinar como as comunidades pasadas responderon a desafíos como as variacións climáticas, os eventos xeolóxicos ou as transformacións ecolóxicas, pódense extraer leccións valiosas para a xestión ambiental contemporánea. Este enfoque non só axuda a identificar e interpretar indicadores ambientais complexos nos rexistros sedimentarios e estratigráficos, senón que tamén proporciona unha visión máis rica e matizada das interaccións ao longo do tempo e o espazo.

A integración de perspectivas da Xeografía Ambiental, Historia Ambiental, Arqueoxeografía e da Arqueoloxía da Paisaxe proporciona un marco robusto para abordar a complexidade dos sistemas socioecolóxicos. Esta aproximación holística é fundamental para comprender a complexidade dos sistemas humano-ambientais e para desenvolver estratexias de xestión ambiental máis efectivas e sostibles no presente e no futuro. Ao combinar estas disciplinas, o proxecto busca non só iluminar as transformacións pasadas,

senón tamén ofrecer ferramentas valiosas para anticipar e xestionar os desafíos ambientais futuros.

7. Aliñamento cos Obxectivos de Desenvolvemento Sostible

O proxecto "Interaccións Sociedade-Medio Ambiente en Rexistros Estratigráficos e Sedimentarios" non só contribúe ao avance do coñecemento científico, senón que tamén se aliña de maneira significativa cos Obxectivos de Desenvolvemento Sostible (ODS) establecidos pola Organización das Nacións Unidas. Esta aliñación demostra a relevancia e o impacto potencial do proxecto máis alá do ámbito académico, contribuíndo a abordar algúns dos desafíos globais máis urxentes.

En primeiro lugar, o proxecto ten unha forte conexión co ODS 6, "Auga limpa e saneamento". A través do estudo detallado dos sistemas fluviais e a análise da contaminación por metais, a investigación proporciona datos cruciais para a comprensión e xestión dos recursos hídricos. Este coñecemento é fundamental para desenvolver estratexias de protección e restauración de ecosistemas acuáticos, así como para mellorar a calidade da auga a longo prazo.

O proxecto tamén contribúe ao ODS 13, "Acción polo clima". A investigación sobre os cambios ambientais ao longo do tempo, rexistrados nos sedimentos e estratos, ofrece unha perspectiva histórica valiosa sobre as dinámicas climáticas. Esta información é esencial para comprender mellor os procesos de cambio climático actuais e para desenvolver estratexias de adaptación e mitigación máis efectivas.

En relación co ODS 14, "Vida submarina", o estudo dos impactos nos sistemas fluviais e costeiros ten implicacións directas para a conservación dos ecosistemas mariños. Ao analizar como as actividades terrestres afectan aos ambientes costeiros e

mariños ao longo do tempo, o proxecto proporciona información para a protección e xestión sostible dos océanos.

O ODS 15, "Vida de ecosistemas terrestres", tamén se beneficia desta investigación. A análise dos cambios nos patróns de uso do solo e os seus efectos nos ecosistemas terrestres contribúe directamente á xestión sostible dos recursos naturais. Este coñecemento é fundamental para desenvolver estratexias de conservación e restauración de ecosistemas terrestres máis efectivas.

Ademais, o proxecto alíñase co ODS 11, "Cidades e comunidades sostibles". A comprensión das interaccións históricas entre as sociedades e o seu entorno proporciona leccións valiosas para o desenvolvemento urbano sostible. Este coñecemento pode informar prácticas de planificación urbana que respecten e integren mellor os sistemas naturais, mellorando a calidade de vida nas cidades e reducindo o seu impacto ambiental.

É importante destacar que o proxecto tamén contribúe indirectamente a outros ODS. Por exemplo, ao proporcionar unha base científica sólida para a xestión ambiental e a conservación do patrimonio natural e cultural, o proxecto apoia o ODS 4, "Educación de calidade", fomentando a comprensión dos sistemas socioecolóxicos. Ademais, ao estudar as interaccións entre as actividades humanas e o medio ambiente ao longo do tempo, o proxecto pode ofrecer perspectivas valiosas para o ODS 12, "Producción e consumo responsables", ilustrando os impactos a longo prazo de diferentes prácticas económicas.

O proxecto "Interaccións Sociedade-Medio Ambiente en Rexistros Estratigráficos e Sedimentarios" demostra un forte aliñamento cos Obxectivos de Desenvolvemento Sostible da ONU. Ao proporcionar unha base científica sólida para a comprensión das interaccións entre a sociedade e o medio ambiente ao longo do tempo, o proxecto contribúe a unha toma de decisións máis informada e sostible. Este enfoque holístico e

transdisciplinario non só avanza no coñecemento científico, senón que tamén ofrece ferramentas e perspectivas valiosas para abordar os desafíos ambientais e sociais máis urxentes do noso tempo.

8. Conclusións e Perspectivas Futuras

O proxecto "Interaccións Sociedade-Medio Ambiente en Rexistros Estratigráficos e Sedimentarios" preséntase como unha iniciativa innovadora e ambiciosa que promete avanzar na comprensión das complexas relacións entre as actividades humanas e o medio natural no noroeste peninsular. A través dun enfoque transdisciplinario que integra métodos da Xeografía Física, Xeografía Ambiental, Arqueoloxía, Historia Ambiental, Xeoarqueoloxía e Arqueoloxía da Paisaxe, este estudo propón unha aproximación holística ás transformacións ambientais ao longo do tempo e do espazo no marco conceptual e integrador dos sistemas humano ambientais acoplados.

A proposta de investigación destaca a importancia crucial dos pequenos ríos, ríos de cabeceira e ríos sobre rocha, a miúdo subestimados, como elementos fundamentais na rede fluvial global e como potenciais indicadores sensibles das interaccións sociedade-medio ambiente. O estudo detallado destes sistemas promete revelar non só a súa relevancia ecolóxica e xeomorfolóxica, senón tamén a súa capacidade para rexistrar a pegada humana ao longo da historia.

A análise dos rexistros sedimentarios e estratigráficos preséntase como unha ferramenta para descifrar a historia ambiental da rexión. Espérase que esta aproximación permita identificar patróns de contaminación por metais, cambios na dinámica fluvial e transformacións na paisaxe, proporcionando unha base sólida para comprender os procesos de longo prazo que moldean os ecosistemas actuais.

O enfoque metodolóxico proposto neste proxecto, que combina técnicas avanzadas de análise composicional, xeocronoloxía e estatística, demostra o potencial da investigación transdisciplinaria para abordar cuestións complexas sobre a sostibilidade ambiental e a xestión do patrimonio natural e cultural. A aplicación destas metodoloxías en diversos contextos, desde pequenos ríos ata xacementos arqueolóxicos, promete ofrecer novas perspectivas sobre a resiliencia e vulnerabilidade dos ecosistemas fronte ás perturbacións antrópicas.

En conclusión, este proxecto preséntase como unha contribución potencialmente significativa ao coñecemento sobre as interaccións sociedade-medio ambiente no noroeste peninsular. Ao propoñer un marco metodolóxico robusto para futuros estudos neste campo, o proxecto aspira a iluminar as complexas dinámicas entre as actividades humanas e os sistemas naturais ao longo do tempo. Espérase que os resultados deste traballo proporcionen ferramentas valiosas para abordar os desafíos ambientais contemporáneos e futuros, promovendo unha xestión máis informada e sostible dos recursos naturais e culturais.

Bibliografía

ALBERTI, M., ASBJORNSEN, H., BAKER, L. A., BROZOVIĆ, N., DRINKWATER, L. E., DRZYZGA, S. A., JANTZ, C. A., FRAGOSO, J., HOLLAND, D. S., KOHLER, T. A., LIU, J., MCCONNELL, W. J., MASCHNER, H. D. G., MILLINGTON, J. D. A., MONTICINO, M., PODESTÁ, G., PONTIUS, R. G., REDMAN, C. L., REO, N. J., SAILOR, D., URQUHART, G. (2011): “Research on Coupled Human and Natural Systems (CHANS): Approach, Challenges, and Strategies”, *Bulletin of the Ecological Society of America*, 92(2): 218-228.

- ALLEN, G. H., PAVELSKY, T. M., BAREFOOT, E. A., LAMB, M. P., BUTMAN, D., TASHIE, A., GLEASON, C. J. (2018): "Similarity of stream width distributions across headwater systems", *Nature Communications*, 9(1): 610.
- ÁLVAREZ-VÁZQUEZ, M. Á., GONZÁLEZ-PRIETO, S. J., PREGO, R. (2018): "Possible impact of environmental policies in the recovery of a Ramsar wetland from trace metal contamination", *Science of the Total Environment*, 637: 803-812.
- ÁLVAREZ-VÁZQUEZ, M. Á., PREGO, R., CAETANO, M., DE UÑA-ÁLVAREZ, E., DOVAL, M., CALVO, S., VALE, C. (2017): "Natural and Anthropocene fluxes of trace elements in estuarine sediments of Galician Rias", *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 198: 329-342.
- ÁLVAREZ-VÁZQUEZ, M. Á., ÁLVAREZ-IGLESIAS, P., DE UÑA-ÁLVAREZ, E., QUINTANA, B., CAETANO, M., PREGO, R. (2020): "Industrial supply of trace elements during the 'Anthropocene': a record in estuarine sediments from the Ria of Ferrol (NW Iberian Peninsula)", *Marine Chemistry*, 223: 103825.
- ASPINALL, R., STAIANO, M. (2017): "A Conceptual Model for Land System Dynamics as a Coupled Human–Environment System", *Land*, 6(4): 81.
- BROWN, A. G. (2001): *Alluvial geoarchaeology: Floodplain archaeology and environmental change*, Cambridge, Cambridge University Press.
- BUKAVECKAS, P. A. (2009): "Rivers", en Likens, G. E. (ed.): *Biogeochemistry of Inland Waters*, Academic Press: 143-154.
- CASTREE, N., DEMERITT, D., LIVERMAN, D., RHOADS, B. (eds.) (2009): *A Companion to Environmental Geography*, Wiley-Blackwell.
- CHOUQUER, G. (2003): "L'espace des sociétés antiques, entre projet et expérience", *Études rurales*, (3-4): 69-91.

- COLLINS, E. L., DAVID, C. H., RIGGS, R., ALLEN, G. H., PAVELSKY, T. M., LIN, P., PAN, M., YAMAZAKI, D., MEENTEMEYER, R. K., SANCHEZ, G. M. (2024): “Global patterns in river water storage dependent on residence time”, *Nature Geoscience*: 1-7.
- KELLY, J. M. (2018): “Preface”, en *Rivers of the Anthropocene*, University of California Press.
- LEWIS, S. L., MASLIN, M. A. (2015): “Defining the Anthropocene”, *Nature*, 519(7542): 171-180.
- LIU, J., DIETZ, T., CARPENTER, S. R., TAYLOR, W. W., ALBERTI, M., DEADMAN, P., REDMAN, C., PELL, A., FOLKE, C., OUYANG, Z., LUBCHENCO, J. (2021): “Coupled human and natural systems: The evolution and applications of an integrated framework”, *Ambio*, 50: 1778-1783.
- MATYS GRYGAR, T., ELZNICOVÁ, J., TŮMOVÁ, Š., KYLICH, T., SKÁLA, J., HRON, K., ÁLVAREZ-VÁZQUEZ, M. A. (2023): “Moving from geochemical to contamination maps using incomplete chemical information from long-term high-density monitoring of Czech agricultural soils”, *Environmental Earth Sciences*, 82(1): 6.
- MONGE, G., JIMENEZ-ESPEJO, F. J., GARCÍA-ALIX, A., MARTÍNEZ-RUIZ, F., MATTIELLI, N., FINLAYSON, C., OHKOUCI, N., CORTÉS SÁNCHEZ, M., BERMÚDEZ DE CASTRO, J. M., BLASCO, R., ROSELL, J., CARRIÓN, J., RODRÍGUEZ-VIDAL, J., FINLAYSON, G. (2015): “Earliest evidence of pollution by heavy metals in archaeological sites”, *Scientific Reports*, 5(1): 14252.
- PAWSON, E., CHRISTENSEN, A. A. (2017): “Environmental history”, en *International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment, and Technology*: 1-9.
- SIMIĆ, V., BĂNĂDUC, D., CURTEAN-BĂNĂDUC, A., PETROVIĆ, A., VELIČKOVIĆ, T., STOJKOVIĆ-PIPERAC, M., SIMIĆ, S. (2022): “Assessment of the ecological sustainability of river basins based on the modified ESHIPPOfish model on the

example of the Velika Morava basin (Serbia, Central Balkans)”, *Frontiers in Environmental Science*, 10: 952692.

STEFFEN, W., CRUTZEN, P. J., MCNEILL, J. R. (2007): “The Anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of nature”, *Ambio-Journal of Human Environment Research and Management*, 36(8): 614-621.

TCHOUNWOU, P. B., YEDJOU, C. G., PATLOLLA, A. K., SUTTON, D. J. (2012): “Heavy Metal Toxicity and the Environment”, en Luch, A. (ed.): *Molecular Clinical and Environmental Toxicology*, Experientia Supplementum (Vol. 101), Springer.

WALLING, D. E., FANG, D. (2003): “Recent trends in the suspended sediment loads of the world's rivers”, *Global and Planetary Change*, 39(1-2): 111-126.

WATERS, C. N., ZALASIEWICZ, J., SUMMERHAYES, C., BARNOSKY, A. D., POIRIER, C., GAŁUSZKA, A., CEARRETA, A., EDGEWORTH, M., ELLIS, E. C., ELLIS, M., JEANDEL, C., LEINFELDER, R., MCNEILL, J. R., RICHTER, D. D., STEFFEN, W., SYVITSKI, J., VIDAS, D., WAGREICH, M., WILLIAMS, M., ZHISHENG, A., GRINEVALD, J., ODADA, E., ORESKES, N., WOLFE, A. P. (2016): “The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene”, *Science*, 351(6269): aad2622.

YOUNES, G., KANIEWSKI, D., MARRINER, N., MORHANGE, C., SHEISHA, H., ODLER, M., WANG, Y., CHEN, Z., EL-QADY, G., SALEEM, A., VÉRON, A. (2024): “The construction of the Giza pyramids chronicled by human copper contamination”, *Geology*, 52(10): 774-778.