



**FACULTADE DE XEOGRAFÍA E HISTORIA**

Traballo de fin de grao

---

**A EVOLUCIÓN DAS DINÁMICAS  
XEOMORFOLÓXICAS DO ESTUARIO  
DO TAMBRE**

**MARTA LÓPEZ VILLAR**

Traballo dirixido por: Ramón Blanco Chao

Xuño 2023

**AGRADECEMENTOS:**

Aos meus compañeiros, por facer destes 4 anos unha experiencia inesquecible. Tamén á miña familia por todo o apoio recibido. A Dani, por ser ese “cotutor” na sombra que tanto me axudou. E sobre todo a Ramón Blanco, polas horas dedicadas e toda a paciencia e compromiso.

## ÍNDICE

1. RESUMO E PALABRAS CHAVE.....	4
2. INTRODUCCIÓN.....	6
2.1 Estuarios.....	7
2.2 Marismas.....	12
2.3 Rías, características e formación. ....	14
3. ÁREA DE ESTUDO.....	16
3.1 A ría de Muros-Noia .....	17
3.2 Características xeográficas.....	18
3.3 Características xeolóxicas.....	19
3.4 Ondaxe e mareas .....	21
3.5 Características climáticas .....	22
3.6 Transformacións antrópicas do estuario.....	23
4. METODOLOXÍA.....	25
5. RESULTADOS.....	28
5.1 Análise sedimentario.....	28
5.2 Cartografía de unidades sedimentarias.....	32
5.3 O pasado e o presente. Comparación de fotos .....	38
6. DISCUSIÓN E PROPOSTAS DE ACTUACIÓN .....	42
7. CONCLUSIÓNS.....	50
8. BIBLIOGRAFÍA.....	52
9. PÁXINAS WEB.....	55

## 1. RESUMO E PALABRAS CHAVE

### Resumo:

Este traballo céntrase na análise dos cambios históricos nas dinámicas xeomorfolóxicas do estuario do Tambre, no interior da ría de Muros-Noia, mediante unha análise sedimentolóxica, e da cartografía dos principais cambios a partir da análise dunha secuencia de imaxes aéreas. A análise ten en conta os profundos cambios derivados da construción de infraestruturas na liña de costa, especialmente na vila de Noia, así coma nas principais cuncas fluviais que alimentan o sistema. Os resultados permitiron caracterizar as principais dinámicas que presenta actualmente o sistema, así como a evolución das diferentes unidades do estuario entre os anos 1956 e 2020. Os datos indican un proceso de colmatación relativamente acelerado, como consecuencia probable das intensas modificacións antrópicas realizadas, acompañado de uns niveis de contaminación elevados con respecto ao século pasado. Ante isto, propóñense unha serie de medidas de ordenación e xestión co obxectivo da redución/mitigación e/ou adaptación do medio á nova realidade acorde coa sociedade e co medio ambiente.

Palabras chave: Estuario do Tambre, dinámicas xeomorfolóxicas, análise sedimentolóxica, fotointerpretación, actividade antrópica.

### Resumen:

Este trabajo se centra en el análisis de los cambios históricos en las dinámicas geomorfológicas del estuario del Tambre, en el interior de la ría de Muros-Noia, mediante un análisis sedimentológico, y del cartografiado de los principales cambios a partir del análisis de una secuencia de imágenes aéreas. El análisis tiene en cuenta los profundos cambios derivados de la construcción de infraestructuras en la línea de costa, especialmente en el pueblo de Noia, así como las principales cuencas fluviales que alimentan el sistema. Los resultados han permitido caracterizar las principales dinámicas que presenta actualmente el sistema, así como la evolución de las diferentes unidades del estuario entre los años 1956 y 2020. Los datos indican un proceso de colmatación relativamente acelerado, como consecuencia probable de las intensas modificaciones antrópicas realizadas, acompañado de unos niveles de contaminación elevados con

respecto al século pasado. Ante esto, se proponen una serie de medidas de ordenación y gestión con el objetivo de la reducción/mitigación y/o adaptación del medio a la nueva realidad acorde con la sociedad y el medio ambiente.

Palabras clave: Estuario del Tambre, dinámicas geomorfológicas, análisis sedimentológico, fotointerpretación, actividades antrópicas.

Abstract:

This work focused on the analysis of historical changes in the geomorphological dynamics of Tambre estuary, inside the Muros-Noia ria, through a sedimentological analysis, and the mapping of main changes from the analysis of a sequence of aerial images. The analysis takes into account the deep changes resulting from the construction of infrastructure on the coastline, especially in Noia, as well as the main river basins that feed the system. The results allowed us to characterize the main dynamics of the system actually, as well as the evolution of the different estuary units between 1956 and 2020. The data indicate a relatively accelerated clogging process as a probable consequence of the intense anthropogenic modifications carried out, accompanied by high levels of contamination compared to the last century. In view of this, a series of planning and management measures are proposed with the objective of reducing/mitigating and/or adapting the environment to the new reality in accordance with society and the environment.

Key words: Tambre estuary, geomorphological dynamics, sedimentological analysis, photointerpretation, anthropic activities.

## 2. INTRODUCCIÓN

Os estuarios son medios fundamentalmente sedimentarios, de transición entre os sistemas fluviais e os oceánicos, véndose afectados por ambas dinámicas (Flor Rodríguez,2005).

Aínda que non exclusivamente, os sistemas estuarinos e intermareais conforman boa parte dos sectores máis internos das rías galegas, e de moitas enseadas nas que desembocan algúns dos principais cursos fluviais.

Son sistemas pouco estudados debido á súa complexidade (Álvarez. et al, 2007). En España, destacan os estudos sobre os aspectos dinámicos, morfolóxicos e sedimentolóxicos nos estuarios da costa cantábrica (Aranda et al, 2020; García-Ordiales et al, 2019,2020; Flor-Blanco e Flor Rodríguez,2016; Flor-Blanco et al, 2015; Flor Rodríguez et al, 1988,2012).

Como todos os medios coñecidos da Terra, os estuarios tamén se ven afectados pola actividade antrópica. Concretamente, en España, nos últimos 50 anos produciuse un aumento da poboación residente en municipios costeiros un fenómeno coñecido como *litoralización*. Segundo Barragán e Chica (2013) o escenario en 2010 era de un 44% da poboación española ocupando un 8% do territorio total do país, correspondendo este a municipios costeiros, mentres que no ano 1960 a porcentaxe era soamente do 24%, é dicir, en 50 anos, a poboación que habita na costa aumentou un 20%, e prevese que siga aumentando.

O fenómeno de *litoralización* vencéllase a unha gran variedade de actividades económicas ligadas á costa (tanto tradicionais como recentes), como por exemplo industriais, turísticas, enerxéticas... Unha das principais consecuencias é o deterioro ou mesmo a desaparición dos ecosistemas litorais, causado polo cambio dos usos do solo, a contaminación (ben a causa da agricultura, ben dos residuos urbanos e industriais sen depurar) e a miúdo o aumento das taxas de sedimentación nas áreas máis protexidas. A estes factores engádense os efectos derivados do cambio climático co incremento da aridez e dos aportes fluviais e a subida do nivel do mar, entre outros (Barragán e Chica, 2013).

No caso dos estuarios, en España hai varios estudos que poñen de manifesto a súa especial sensibilidade, como por exemplo as implicacións ambientais producidas pola construción de infraestruturas nos estuarios do Tina Menor e Tina Mayor en Cantabria (Fernández e Marquínez, 2002) ou a contaminación das augas no estuario de Santoña e como afectan á sociedade (Villasante, 2000). Como ambientes eminentemente sedimentarios, os estuarios e complexos mareais constitúen sistemas nos que a caracterización dos sedimentos resulta de especial interese, ao tratarse de indicadores moi importantes sobre a evolución e a pegada antrópica sobre o medio. En Galicia, existen varios estudos sedimentolóxicos en sistemas estuarinos. Os estudos levados a cabo por Álvarez et al (2007, 2020) na bahía de San Simón, e na ría de Muros-Noia, por medio de datacións radiométricas, análises sedimentolóxicos e xeoquímicos puideron detectar un aumento significativo nas taxas de sedimentación e presenza de contaminantes dende mediados do s.XX vencellados a distintas actividades agrarias e industriais.

Os datos da Ría de Muros e Noia de Álvarez et al (2020) serán de especial utilidade no presente traballo, que se baseará nunha caracterización sedimentaria e análise a partir dunha secuencia de imaxes aéreas. Os principais obxectivos son determinar cales foron os principais cambios acontecidos no estuario do Tambre entre mediados do s.XX ate agora, e os seus impactos a diferentes niveis, ademais da aportar posibles medidas de xestión e ordenación territorial deste espazo, que poderán servir como método de mellora e/ou adaptación ao escenario presente e futuro.

É importante, antes de afondar nunha menor escala, de describir as principais unidades que se van tratar neste traballo:

## **2.1 Estuarios**

Existen varias definicións para este tipo de sistemas. A máis clásica é a de Pritchard (1967) que os define como “Unha masa de auga semi pechada, que ten unha conexión libre co mar, o cal penetra no interior da formación, combinándose coa auga doce procedente da rede fluvial terrestre”

Outras como as que aportan Flor e Flor-Blanco (2014) refírense aos estuarios como os medios costeiros intermedios máis representativos, dado que son unha zona de transición entre o medio fluvial e o mariño, con cambios constantes nas súas dinámicas, que se van

conformando en diferentes gradientes espazo-temporais en función da influencia dos factores oceánicos e continentais.

A pesar de que non é doado, os límites dos estuarios pódense definir de varios xeitos. Un deles é por salinidade, sendo o límite superior aquel punto onde a salinidade é menor ao 0,1‰, e o inferior alí onde a porcentaxe é tan alta que xa non se dilúe coa auga doce (35‰ aproximadamente). O outro xeito sería a través dos sedimentos, pois o límite superior atoparíase onde os sedimentos mariños desaparecen, e o inferior onde os de orixe fluvial non chegan (Bird, 2008).

Ao ser unha zona de transición, esta pode chegar a varios quilómetros entre os ámbitos fluviais e oceánicos, pasando por ámbitos intermedios, nos cales se produce a mestura de auga doce por efecto das descargas fluviais e salgada por efecto das mareas. Esta interacción entre augas fluviais e mariños prodúcese a través das correntes fluviais e mareais, dando lugar a variacións de diferentes propiedades do sistema tales como o tamaño de sedimento, a composición das partículas en suspensión, a dinámica do fluxo de auga, a salinidade, o pH... (García-Ordiales et al, 2020).

É importante destacar que non hai que confundir o termo estuario co termo de ría, xa que son dous conceptos complementarios, pero diferentes. En Galicia, tal e como afirman Evans e Prego (2003) dende un punto de vista hidrográfico, só serían estuarios a parte interna das rías. Unha ría, como se verá máis adiante, é esencialmente unha enseada inundada polo mar que conta con diferentes procesos (de carácter mariño na súa boca, intermedios na súa zona de transición e estuarinos na súa cabeceira, alí onde se atopa co curso de auga doce).

Os factores principais nas dinámicas estuarinas actuais son polo tanto, a sedimentación e a dinámica fluvio-mareal e as actividades antrópicas.

En primeiro lugar, en canto ás características sedimentolóxicas de un estuario, dicir que están alimentados esencialmente de aportes minerais e orgánicos procedentes das cuncas fluviais e de aportes de orixe mariña. Pódese deducir pois, que un estuario é unha área de sedimentación activa constante (Bird, 2008), e que se atopa nun continuo proceso de acumulación de sedimentos (Vilas, 1982). As súas taxas de recheo dependen de factores

moi variados, tales como a área da cunca fluvial e o caudal do río, o aporte de sedimentos depositados, a erosión costeira, e o máis importante de todos, o réxime mareal.

As dimensións e características da cunca fluvial xogan un papel moi importante no aporte de sedimentos, especialmente en factores como a litoloxía, o grao de alteración do substrato, a escorrentía, o clima e os procesos antrópicos como as actividades industriais (minaría), a deforestación (producida por incendios forestais ou por talas) e as actividades agrarias (pastoreo, cultivo etc).

En segundo lugar, as dinámicas fluvio-mareais son os factores principais na distribución sedimentaria dentro do estuario. Mentres que o río e os procesos costeiros aportan sedimentos ao estuario favorecendo a súa acumulación, a acción mareal e as correntes que xera, combinadas coa corrente de descarga fluvial, mobilizan os sedimentos ao longo de toda a súa desembocadura. En ambientes macromareais, as correntes representan a principal dinámica de mobilización de sedimentos, establecendo unha zonación en base á enerxía do sistema: por unha banda o sedimento máis grosso, asóciase aos sectores de maior enerxía ben de descarga mareal, ben de descarga fluvial, mentres que as partículas de sedimento máis fino deposítanse por decantación cando a corrente cesa (Bird, 2008).

En terceiro lugar, en canto aos aspectos antrópicos que inflúen nos estuarios son entre outros, aqueles que afectan ao balance de sedimentos na cunca fluvial por aporte ou extracción de sedimentos (por actividades directas ou indirectas como as xa mencionadas actividades industriais, forestais ou agrarias, ou tamén por accións de dragado etc), a construción de infraestruturas no propio estuario, e sobre todo a contaminación, producida pola introdución de elementos químicos tóxicos que poden ser depositados no estuario por diversas causas. Estes contaminantes corren o risco de afectar, ademais da auga, aos sedimentos estuarinos, actuando estes como fontes secundarias de contaminación (García-Ordiales et al, 2020).

A complexa circulación nos sistemas fluvio-mariños coma os estuarios explica a diversidade de clasificacións existentes na literatura científica, atendendo a criterios morfolóxicos e hidrodinámicos:

- Clasificación por rango mareal (Davis, 1964):
  - Estuarios micromareais (con un rango de marea menor a 2 metros).
  - Mesomareais (entre 2 e 4 metros).
  - Macromareais (entre 4 e 6 metros).
  - Hipermareais (maiores de 6 metros).
- Clasificación baseada na topografía (Pritchard, 1952):
  - Estuarios de planicies costeiras, onde se produciu unha inundación dos vales fluviais, teñen forma triangular e as súas profundidades aumenta dende a cabeceira ata a boca, e son propios de latitudes medias.
  - Estuarios tipo fiordo, modelados por procesos glaciares no Pleistoceno, teñen forma rectangular e unhas profundidades pequenas, son propios de latitudes altas.
  - Estuarios de barreira, formados no Holoceno pola inundación de vales fluviais, contan cunha sedimentación recente, definindo costas dominadas pola sedimentación e dando lugar a formas como as barreiras transversais, canles e lagoas, moi preto da boca do estuario. Teñen pouca profundidade.
- Clasificación segundo a morfoloxía (Darlymple, 1992): Esta clasificación está baseada na influencia do río, da oleaxe e das mareas.
  - Estuarios con desembocadura confinada, adoitan estar orixinados nunhas condicións mesomareais, en ámbitos dominados pola oleaxe, nos cales as ondas teñen un efecto importante na entrada do estuario, formando unha barreira dunar ou praia estreitando máis a boca. Este tipo de estuario experimentan dinamicamente fases de erosión e sedimentación.
  - Estuarios con desembocadura non confinada, adoitan estar orixinados en condicións macromareais, que xeran correntes intensas, producindo como resultado a formación de barras mareais paralelas ao aumento e descenso mareal, perpendiculares á liña de costa. Na cabeceira do estuario a influencia da marea diminúe e o fluxo do río é dominante.
- Clasificación por salinidade (Pritchard, 1955), baseada nas diferenzas dos patróns de circulación, densidade e estratificación da mestura entre auga doce e salgada:

- Estuario altamente estratificado ou de cuña salina. Para que existan este tipo de estuarios, as condicións que se teñen que dar son que non haxa acción mareal forte e que a descarga fluvial sexa intensa, deste xeito, a auga doce ao ser menos densa que a salgada, flúe ao mar sobre a masa de auga salgada, mesturándose con esta na boca, onde a velocidade da corrente fluvial é menor.
- Estuarios parcialmente mesturados, nos que a acción mareal é moi significativa xa que a dinámica estuarina depende das accións de fluxo e de refluxo. Así pois, as enerxías son moi grandes, pero disípanse ao chegar ao fondo, provocando pequenas turbulencias que fan que a auga doce e salgada se mesturen. Neste tipo de estuarios, só hai auga completamente doce na cabeceira do estuario.
- Estuarios verticalmente homoxéneos, nos que o rango mareal é maior que a profundidade da lámina de auga, polo cal as turbulencias que se producen no fondo por acción das mareas son capaces de mesturar por completo a columna de auga. Dentro de este tipo de estuarios, hai dous subtipos. Un deles son os estuarios lateralmente non homoxéneos, que son estuarios anchos, onde as forzas de Coriolis e a centrífuga producen unha separación horizontal do fluxo; ademais, debido á anchura deste tipo de estuarios, créanse dúas canles, unha de enchemento e outra de vaciado da auga. O outro subtipo son os estuarios lateralmente homoxéneos, nos que a diferenza dos anteriores, a anchura é menor e a salinidade na boca é maior. Preto da cabeceira, a amplitude de marea diminúe, sendo o fluxo fluvial quen domina, adoptando o carácter de unha estrutura altamente estratificada.

Ademais da clasificación, outro aspecto moi importante dos estuarios é a súa zonificación, xa que dá pé a coñecer e interpretar de mellor forma a súa morfoloxía, dinámicas enerxéticas etc. Para isto, diversos autores como Flor Rodríguez (2005) establecen unha zonación xeomorfolóxica dos estuarios (enfocándose sobre todo nos cantábricos e nos galegos) no que os principais aspectos que se mostran son que os sedimentos máis areosos se atopan polo xeral nas áreas de desembocadura, minguando en tamaño ata converterse

en fangos na cola e nas baías interiores. Distínguense pois, catro unidades básicas dende o sector externo ata a desembocadura fluvial:

- Complexo de desembocadura, que contén unha gran variedade de unidades morfosedimentarias e dinámicas, sendo o conxunto que mellor diferencia uns estuarios de outros. Comentar tamén que no paso da desembocadura, as correntes alcanzan as maiores velocidades de todo o complexo estuarino, promovendo a formación de unha canle con barras areosas laterais.
- Baías areosas, que conforman unha ampla superficie ensanchada respecto ao paso da desembocadura. Nestas formacións aparecen chairas fangosas, praias e dunas (ben de carácter eólico ou estuarino).
- Chairas fangosas, colonizadas por vexetación halófito e surcadas por un sistema de canles mareais sinuosas e con barras de area e fango. Nestas formacións habitan unha gran cantidade de bivalvos.
- Canle principal estuarina, conectada á canle fluvial. Desenvólvense aquí meandros fangosos e areosos.

## **2.2 Marismas**

Os sectores internos dos estuarios caracterízanse pola presenza de formacións como as marismas, medios sedimentarios fangosos orixinados a partir da interacción entre os sistemas fluviais e a dinámica mareal en zonas de transición costeira, nos que a vexetación xoga un importante papel na súa formación.

As propiedades sedimentarias de unha marisma caracterízanse por estar compostas de sedimento predominantemente fino (limos e arxilas xeralmente, aínda que tamén se poden intercalar con outros materiais de diferentes tamaños como areas ou gravas), que se acumula por decantación en zonas onde as augas son pouco profundas e a enerxía mareal e fluvial é mínima. As formacións de marisma presentan canles de refluxo mareal, ademais de que poden estar atravesadas por canles de drenaxe fluvial. A medida que estes se van acumulando e van gañando altura, son colonizados pola vexetación halófito. Como consecuencia da colonización vexetal, os sedimentos de marisma presentan un alto contido en materia orgánica debido aos procesos de degradación desta.

En canto á vexetación das marismas, esta é de carácter halófito, adaptada a medios con pouco osíxeno e a condicións moi duras debido aos cambios drásticos de auga, humidade, salinidade etc. As especies máis comúns nas costas atlánticas son *Phragmites australis*, *Zostera noltii*, *Spartina maritima*, *Halimione portulacoides*, *Scirpus maritimus*, *Salicornia sp* e *Sarcocornia sp*.

Todas estas condicións configuran ecosistemas de unha gran biodiversidade non só vexetal, senón tamén animal, pois as marismas son fogar de numerosas especies acuáticas como bivalvos e peixes, e tamén de aves, tanto autóctonas como migratorias.

A importancia que teñen estes medios sobre o medio ambiente, a sociedade, a cultura e a economía é moi notoria, algúns aspectos polos que convén poñer en valor as marismas son (Unidad de la Cultura Científica y de la Innovación, 2022):

- Valores ambientais ou servizos ecosistémicos:
  - As marismas actúan como un medio de retención e fixación de sedimentos, xa que inducen a floculación do material máis fino transportado polas augas.
  - Atenúan as avenidas fluviais, estabilizan as áreas litorais adxacentes e reducen as correntes mareais.
  - Teñen unha gran implicación no ciclo bioxeoquímico, xa que reteñen numerosos contaminantes e materiais pesados.
  - Son un almacén de CO<sub>2</sub> ou tamén “sumidoiro de carbono azul” empregado para denominar a aqueles organismos fotosintéticos dos océanos e ecosistemas costeiros que xestionan os gases de efecto invernadoiro.
  - Modifican favorablemente as condicións ambientais, favorecendo a chegada de outras especies mediante a regulación da salinidade, acidificación etc.
- Valores sociais, culturais e económicos como a pesca e marisqueo, a produción de cultivos, ocio, turismo etc.

Destacar tamén, os principais problemas e ameazas que sofren as marismas, que son producidos pola acción do home. A destacar son os seguintes (Fernández Feal, 1999):

- Problemas agronómicos: os verquidos das granxas e das explotacións agrícolas afectan ao crecemento das plantas das marismas xa que aumenta a acidez das augas, os contaminantes e os niveis de toxicidade, producindo así deficiencias nutritivas.
- Problemas industriais: os residuos mal tratados producidos polas industrias, ao ter contidos en materiais pesados e diversos contaminantes, crean un gran risco para todos os ecosistemas mariños, afectando á produción de moluscos e peixes.
- Problemas de infraestruturas: o cambio dos usos do solo sobre as marismas é un dos maiores problemas que este tipo de medios sofren, pois non é alleo ver construcións sobre unha marisma (estradas, edificios e demais), o que ocasiona moitas veces unha dificultade na estabilidade das propias infraestruturas, xa que ao ser medios dinámicos, acaban producindo problemas de cimentación.
- Problemas ambientais: producidos por unha gran variedade de causas, poden xerar un empobrecemento do hábitat, cambios nas dinámicas de erosión e sedimentación, cambios nas correntes etc. que poden influír a outros medios circundantes.

### **2.3 Rías, características e formación.**

As rías son, a grandes rasgos, vales fluviais ocupados polo mar debido ao ascenso do nivel do mar no período Cuaternario. Estes vales responden a sucesivos episodios xeolóxicos relacionados co levantamento do zócalo durante a oroxenia Alpina (Pagés, 2000).

Foi o alemán Ferdinand Von Richthofen no ano 1886 o primeiro en referirse a estas formacións co nome de ría, describíndoas como vales ocupados polo mar, sendo unha das configuracións típicas na costa atlántica de Galicia, con 1720 km de ensenadas distribuídas ao longo de toda a súa costa (Méndez e Vilas, 2005).

As principais características das rías galegas son a súa forma de funil cunha orientación NE-SO, xa que aproveitan as zonas de falla para configurar a súa morfoloxía. Dentro delas pódense diferenciar dous sectores, un exterior, que sería a desembocadura da ría,

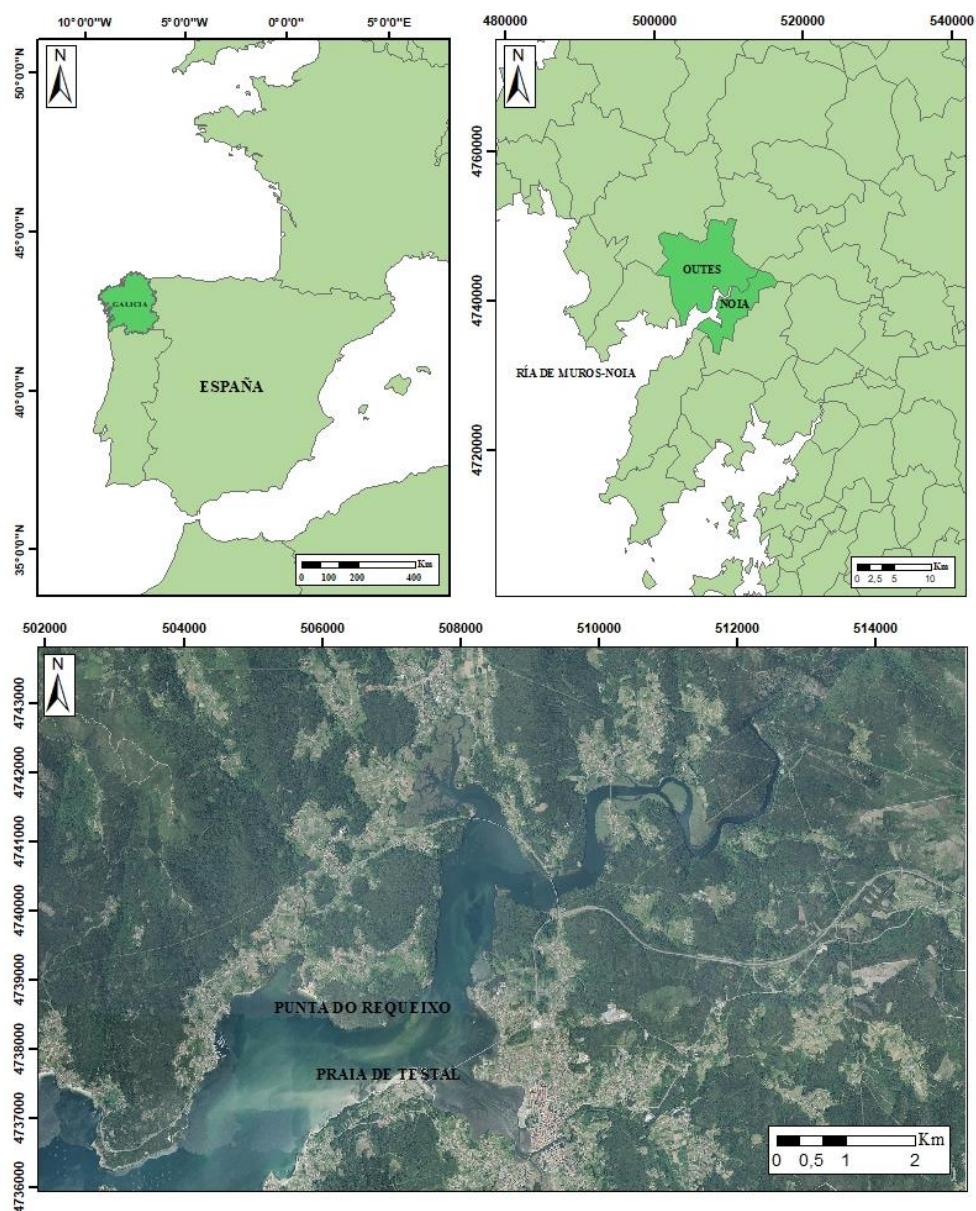
con profundidades entre os 40 e 60 metros, e outro interior, no que se atoparía a desembocadura do río, cunhas profundidades de entre 5 e 10 metros (Méndez e Vilas, 2005). Pero sen dúbida, o que máis caracteriza unha ría é a súa xénese, inducida por unha combinación de factores de índole tectónica, fluvial (coa formación da rede fluvial occidental galega) e climática (ascenso do nivel do mar por procesos de deglaciación durante o cuaternario).

Para comprender a formación das rías hai que remontarse a finais da era Paleozoica, entre o período Devónico e Carbonífero (350 millóns de anos), cando se forma o macizo Hespérico froito da oroxenia Varisca, no cal Galicia se atopará na estribación setentrional deste (Den Tex, 1980). A finais do Cretáceo e a comezos do Paleoceno nunha etapa na que o noso territorio se atopaba nunha fase de biostasia e desenvolvemento edáfico, o macizo sofre unha reactivación debido á oroxenia Alpina (60 millóns de anos) creando movementos de cizalla nas zonas de falla, dando lugar a un sistema de *graben* e *horst*, preconfigurando así o que actualmente son as depresións, as zonas de montaña e as redes de drenaxe (Pagés, 2000), que se adaptan en función do sistema de fallas, contribuíndo tamén á formación de vales e aportando sedimentos. Estes procesos acentúanse no Mioceno (23-5.5 millóns de anos). Coa deglaciación do Holoceno (12.000 BP), a transgresión mariña inunda as rías, inicialmente con taxas de ascenso moi rápidas ata o 8.100 BP, realentizándose ata aproximadamente o 6.800, no que o nivel medio do mar se situaba a uns 5/7 metros por debaixo do actual (Alonso e Pagés, 2010).

A transgresión Holocena deu lugar a formacións de barreiras areosas e lagoas, a configuración dos sistemas de praia-duna actuais, téndose identificado fases de retroceso dos sistemas dunares entre fai 5.300 e 3.500 anos BP, seguidos de eventos de desbordamento (Gonzalez-Villanueva et al, 2015, Martínez-Cortizas et al, 2009) ou evidencias dun nivel do mar moi próximo (Cajade-Pascual et al, 2023, Feal-Perez et al, 2014). Os datos dispoñibles suxiren que o nivel do mar actual non se acadou antes de 4.0-3.5 milleiros de anos BP (Martínez Cortizas et al, 2009; González Villanueva et al, 2015).

### 3. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo na que se enmarca o presente traballo corresponde ao estuario do río Tambre, no noroeste da Península Ibérica, máis concretamente na ría de Muros-Noia, a máis meridional das rías da provincia da Coruña.



*Figura 1: Localización da área de estudo.*

O estuario atópase na parte máis interna da ría, concretamente dende o estreito formado pola punta do Requeixo (Outes) e a praia de Testal (Noia) na súa parte externa, ate a central hidroeléctrica do Tambre na súa parte interna .

Tres cuartas partes da superficie que se tratarán con detalle pertencen ao concello de Noia, e en menor parte unha sección de costa do concello de Outes. Ten tamén especial influencia o concello de Lousame, xa que unha parte dos cursos fluviais que conforman o estuario teñen orixe nese concello.

Toda a área de estudo pertence á Rede Natura 2000 baixo a protección da Directiva Hábitats. Inclúese na Zona de Especial Conservación (ZEC) “Esteiro do Tambre” (LIC ES1110011). Ten un total de 1581.5 hectáreas protexidas declaradas en febreiro de 1999 e conta con un total de 33 especies e 31 hábitats diferentes no seu catálogo (Red Natura 2000). Ademáis, por parte da Xunta de Galicia, hai outras zonas declaradas como as Áreas Prioritarias de Avifauna Ameazada (en Testal e varios tramos do estuario do Tambre), Zona de Protección de Avifauna Contra Liñas Eléctricas de Alta Tensión, o Plan de Conservación de pílara das dunas (no que está incluído Testal), e Plan de Recuperación da escribenta das canaveiras.

### **3.1 A ría de Muros-Noia**

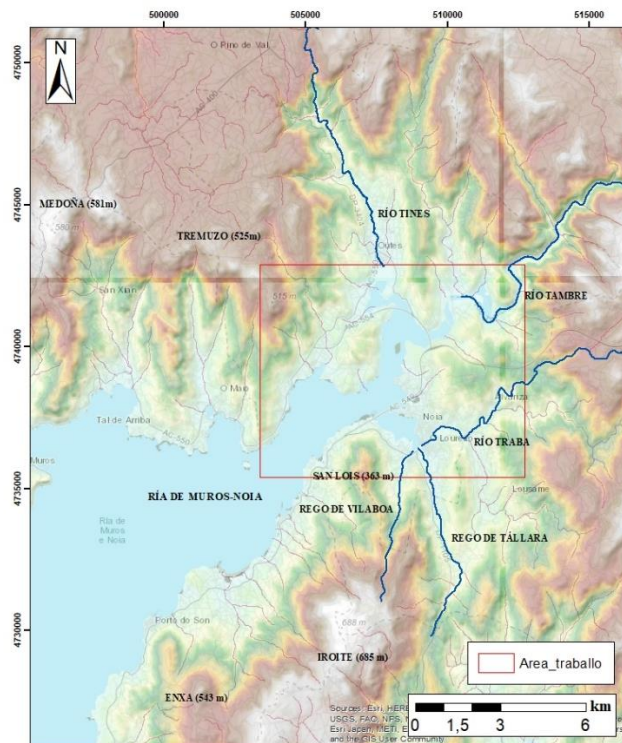
Atopámonos ante unha ría de 125 km<sup>2</sup> (Méndez e Vilas, 2005), con un longo de 18 km (Iglesias et al, 2008) e un ancho de 6,1 km entre Monte Louro e o Castro de Baroña, o que a fai a ría máis ancha de todas as rías baixas. No sector máis interno da mesma, atópase o estuario, entre o estreito que forman a punta do Requeixo e Testal, con 830 metros de ancho, e as inmediacións de PonteNafonso.

Os concellos ribeireños da ría Muros-Noia son Noia, Muros, Outes e Porto do Son, que en conxunto suman pouco máis de 300 km<sup>2</sup>. Dentro destes territorios, a densidade de poboación no ano 2022 era de 124 habitantes por km<sup>2</sup>, o que a converte na ría menos poboada das rías baixas (xa que o resto de rías superan os 250 habitantes por km<sup>2</sup>) (Álvarez et al, 2020), con Noia como núcleo principal, albergando unha poboación 14.140 habitantes (IGE, 2022). Destacar ademais, a importancia do concello de Lousame, que a pesar de que non ten costa, ten unha relación moi estreita co concello de Noia, e será de especial importancia neste traballo.

### 3.2 Características xeográficas

A ría está bordeada por macizos graníticos de entre 500 e 700 metros de altura, sendo os máis importantes o Tremuzo (Outes) con 525 metros, o Medoña (Muros) con 581 metros, o San Lois (Noia) con 363 metros, o Iroite (Lousame) con 685 metros e o Enxa (Porto do Son) con 543 metros. As tres últimas elevacións forman parte da Serra do Barbanza, unha formación granítica que conforma a península co mesmo nome.

Con respecto á rede fluvial, o estuario do Tambre recibe aportes de diversos cursos. No sector norte desembocan os ríos Tines (pertencente ao concello de Outes) e Tambre (que divide administrativamente Noia e Outes), este último de especial importancia xa que é o río coa maior cunca da área de estudo e un dos máis importantes de Galicia. No sector sur hai unha confluencia de desembocaduras de tres ríos, que son o Traba (conformado por tres regos que nacen en Lousame: o rego da Pesqueira, o rego de San Xusto e o rego de Vilacoba, que se xuntan nos seus tramos finais e desembocan nun mesmo punto), o rego de Tállara (que nace na parroquia de Lousame co mesmo nome), e o rego de Vilaboa (que discorre polas inmediacións do Iroite ate chegar ao mar).



*Figura 2: Principais altitudes e cursos fluviais da ría de Muros-Noia.*



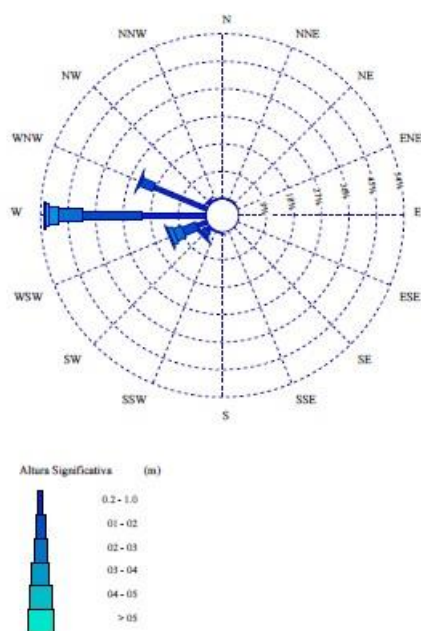


### 3.4 Ondaxe e mareas

De acordo ao mareógrafo de Vilagarcía (Puertos del Estado) o rango mareal medio é de 2.42m, de 3.45 m en mareas vivas e un máximo de 4.25m.

Se se analiza o punto SIMAR máis cercano ao estuario, que se sitúa na boca da ría (SIMAR 3010017, Puertos del Estado), analizado nunha serie de 64 anos, móstrase que os maiores períodos de pico en toda a serie corresponden aos 10-12 segundos (con case un 60% do total de rexistros) cunha altura significativa entre 0.5 e 1.5 metros, que supoñen o 70% da ondaxe entre os 2 e 4 m o 28.5% e só o 1.5% superan os 4m.

En canto á dirección predominante, pódese observar pola rosa de ondaxe que é de compoñente oeste, seguida de nor-noroeste, oeste-suroeste e suroeste, as últimas tres con moito menor rango. Se se observa a estacionalidade, vese unha clara acentuación da compoñente nor-noroeste a medida que se aproxima o verán, tendo nestes meses valores moi semellantes aos da compoñente oeste.



**Figura 4:** Rosa de ondaxe 1958-2022. Fonte: Puertos del Estado.

A circulación hidrodinámica dentro da ría de Muros Noia está regulada esencialmente pola dinámica mareal, se ben nos sectores máis intensos cobra importancia a dinámica fluvial. Por unha banda, os fluxos de entrada mareal canalízanse na ría exterior na metade norte, a máis profunda (pola contra, a metade sur rexistra correntes de fluxo moi débiles).

A medida que se vai penetrando no interior da ría, a canle de fluxo pola que entra a marea desprázase e ocupa unha posición máis central debido á intrusión das correntes fluviais. Aquí as velocidades de corrente dependen da época do ano (en verán as correntes son de 0,15 m/s e en inverno de 0,20 m/s) e tamén da morfoloxía da ría (pois en zonas estreitas, a corrente pode aumentar ata os 1,5 m/s) (Iglesias et al, 2009).

Por outra banda, os fluxos de saída circulan preferentemente pola metade sur, aumentando as correntes ata 0,18 m/s en verán e 0,30 m/s en inverno. Que a velocidade de corrente sexa máis alta nas dinámicas de refluxo que nas de fluxo, débese a que non adoitan existir correntes inversas (o refluxo vese condicionado pola corrente fluvial) e tamén a que as masas de auga son impulsadas polo vento do nordeste. Esta corrente de aire tamén actúa na marxe norte, aumentando a velocidade das correntes nos saíntes de Esteiro, Bornalle e Louro (Iglesias et al, 2009).

### **3.5 Características climáticas**

A costa galega presenta unhas particularidades bioxeográficas influenciadas pola súa forma e circulación do aire (Martínez-Cortizas e Pérez-Alberti, 1999). Os principais condicionantes da costa son a apertura ao océano, as variacións orográficas e a posición latitudinal na que se atopa. Estas tres condicións provocan unha maior interacción entre a atmosfera e o relevo, tendo efectos nos totais pluviométricos, nas masas de aire, na formación de perturbacións etc. Estas consecuencias veñen dadas tamén polo efecto hidrodinámico, é dicir, que debido á contraposición entre o océano e o continente, e as súas diferentes condicións, nas zonas de transición (é dicir, a costa) danse unhas dinámicas atmosféricas moi activas (Martínez-Cortizas e Pérez-Alberti, 1999). A configuración das rías son perfectas vías de transmisión das perturbacións atmosféricas cara o interior de Galicia.

As características climáticas a destacar da área de estudo, son que ten unha temperatura media anual de 14,6 °C e unha precipitación media anual de 1055 l/m<sup>2</sup>, é dicir, é unha das zonas máis chuviosas de todo Galicia. Así pois, dentro dos dominios climáticos, enmarcase dentro do clima oceánico en transición co mediterráneo (os seus veráns son cálidos e os seus invernos suaves) (García et al, 2019).

Os ventos que dominan neste sector son os de compoñente norte-noroeste (que son máis do 10%) e os de sur-suroeste (arredor do 2%), estes últimos asociados a fortes borrascas (García et al, 2019).

En canto ás características da auga nas rías, destacar dous aspectos sobre a mesma: o primeiro deles é a temperatura, que oscila entre os 13 e os 16 °C, sendo a mínima rexistrada de 13,1 °C e a máxima de 15,5°C, o que quere dicir que a amplitude térmica é inferior aos 2,5 °C. O segundo aspecto é a salinidade, que se atopa entre os 34-36 gr/l, existindo diferenzas entre o fondo e a superficie, e tamén entre verán e inverno.

### **3.6 Transformacións antrópicas do estuario**

Noia sempre foi un enclave importante na ría. Dende o século XX ate o ano 2009 a súa poboación non parou de medrar, véndose reflexado na actualidade en comparación cos outros concellos da contorna, xa que este é o único que supera os 10.000 habitantes.

A importancia de Noia dentro da ría remóntase aos séculos XV-XVI, momento no que a vila comeza a experimentar un importante desenvolvemento vinculado a Santiago de Compostela, debido a que este era o territorio costeiro máis achegado á capital (35 km). Así pois, dende Noia levábanse a cabo actividades de exportación e importación vinculadas sobre todo a Santiago, converténdose de tal xeito, nunha importante área social e comercial (Álvarez et al, 2020); de aí que hoxe en día continúe presente a denominación de Noia como “Portus Apostoli”.

O auxe económico da vila trouxo consigo o desenvolvemento de infraestruturas portuarias e un desenvolvemento urbano que modificou considerablemente a liña de costa. O maior número de modificacións levouse a cabo dende mediados do s.XX ata hoxe en día, destacando a ampliación do espazo urbano cara a zona de San Lázaro entre os anos 50 e 90 do século pasado (a vila vai aumentando a súa poboación e é necesario construír máis vivendas. Moitas delas fanse a carón da liña de costa, ou mesmo invadíndoa), a construción do porto de Testal como substituto ao Peirao do Marqués, a creación de un paseo marítimo froito de recheos no Peirao do Marqués e na aldea de Barro; e o levantamento de unha escolleira, unha obra sobre o propio estuario que comezou e se paralizou no ano 1956, pola que hoxe en día existe unha gran controversia, xa que no ano 2009 se levou a cabo un proxecto de demolición, que non foi aprobado tras

a elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental. Por outra banda, no 2011, nace o “Colectivo Escolleira” que fai unha reivindicación do papel histórico do porto coa fin de que se retomen as obras.

Economicamente Noia está moi ligada á comercialización de moluscos bivalvos tales como berberecho, ameixa, mexillón e navalla. Esta actividade extractiva levábase realizando dende moitos séculos atrás, pero non foi posta en valor ate mediados do século XX (xa que era unha actividade vinculada ás mulleres e outros membros da familia) (Jimenez e Oubiña, 2022), cando as grandes elites poñen en valor este tipo de produtos. Grazas a isto, acontecen unha serie de feitos que marcan o impulso da economía Noiesa, que son a aparición da industria conserveira, a comercialización sen procesar (antes só se consumía este tipo de produtos para a subsistencia) e as “revoltas” das mariscadoras, que loitan a favor da dignificación e da mellora das condicións laborais, así como da profesionalización do sector.

Dende os anos 90 en diante, a pesar de que o sector marisqueiro se consolida como o principal motor económico do concello, o comercio dentro da propia vila vai mingando, pois danse dous feitos bastantes relacionados entre si: a imposibilidade de navegación de grandes barcos dentro do estuario e a construción de un porto e unha lonxa en Testal.

Outra industria que foi importante ao longo do s.XX non en Noia, se non en Lousame, pero que afecta igualmente ao concello, é a mina de San Fins. Esta mina supón un dos xacementos máis importantes de estaño e volframio de Galicia. Foi posta en funcionamento no 1883 e cesa a súa actividade un século despois ate o ano 2016, cando volveu a ser posta en funcionamento durante un curto período de tempo. En 2022 foi adquirida polo grupo australiano Raffaella Resources coa fin de volver a retomar a produción, xerando unha gran controversia e malestar entre os veciños de Noia debido a que coa nova posta en funcionamento, teranse que levar a cabo reformas na mina, o que implica a realización de un vertido de augas residuais río abaixo, o que pon en serio perigo toda vida do estuario, xa que as augas conteñen grandes cantidades de metais pesados como cobre, zinc e cadmio (Macías et al, 2017).

#### 4. METODOLOXÍA

Para a realización deste traballo, realizáronse catro procesos diferentes:

O primeiro deles foi a realización de unha cartografía a partir de imaxes aéreas dos anos 1956, 2004 e 2020 e fotogramas do ano 1983 posteriormente xeorreferenciados, todos eles en formato ráster.

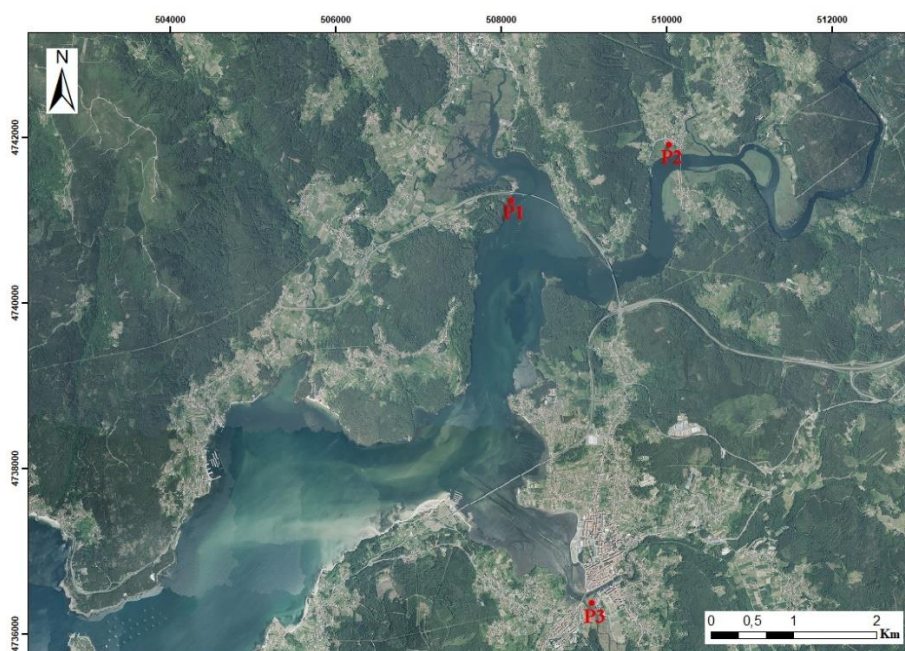
TIPO	ANO	TAMAÑO DE PÍXEL
PNOA voo americano serie B	1956/57	1 m
Fotogramas voo interministerial	1983	0.3 m
PNOA histórico	2004	0.5 m
PNOA actual	2020	0.15 m

*Táboa 1: Tipo de cartografía, ano e resolución.*

*Fontes: Orto-AMS-1956-1957 1956-1957 CC-BY 4.0 scne.es; FotoI 1973-1986 CC-BY 4.0 scne.es; PNOAHISTORICO 2004-2019 CC-BY 4.0 scne.es; OrtoPNOA 202 CC-BY 4.0 scne.es*

A partir da creación de polígonos elaborouse para cada ano unha zonificación das principais unidades da área de estudo (marismas, chairas fangosas, barras de area e praias/dunas) calculando ademais, mediante a ferramenta *calculate geometry* a súa área en km<sup>2</sup>, co obxectivo de ver a evolución que tivo cada unidade ao longo de case 65 anos.

O segundo foi a realización de unha campaña de mostraxe sedimentaria e o seu posterior tratamento no laboratorio. As campañas de mostraxe desenvolvéronse en tres puntos, o primeiro deles (P1) nunha chaira fangosa na desembocadura do río Tines, moi preto da ponte de Langaño (AC-554), correspondente coas coordenadas 42° 49'26.50"N. 8° 54'30" O, recollido en xullo de 2022; o segundo deles (P2) nunha marisma na desembocadura do río Tambre, na zona de PonteNafonso, correspondente coas coordenadas 42° 49'47.43" N. 8° 52'39.31" O, recollida na mesma data que o primeiro; e o terceiro (P3) tamén nunha marisma, pero neste caso, na confluencia da desembocadura do río Traba e o rego de Tállara, correspondente coas coordenadas 42° 46'47.57" N. 8° 53'20.35", recollida en outubro de 2022.



*Figura 5: Localización da extracción das mostras.*

O procedemento de extracción das mostras foi a través de unha sonda elicoidal tipo *eddelman*. Nos puntos P1 e P3 foron extraídos un total de catro testigos diferentes, cada un de 15 cm de profundidade. Á súa vez, cada testigo foi dividido en partes, de 5 cm cada unha, dando lugar a un total de 12 mostras.

No punto P2 foron extraídos 2 testigos de 15 cm respectivamente. Cada un foi dividido en 2 partes, o nivel superior de 10 cm e o inferior de 5 cm, obtendo así un total de 4 mostras.

Dunha vez que as mostras estaban secas, procedeuse a desagregalas manualmente no mortero de ágata e a separar 50 gramos para o punto P1, a totalidade do peso para o punto P2, e 20 gramos para o punto P3. Unha vez establecidas as cantidades cas que se ía traballar, procedeuse á determinación do contido en materia orgánica mediante o método de perda por combustión (*Lost On Ignition LOI*), no que as mostras foron depositadas en crisóis de 25 ml aos que se lle eliminou a humidade nunha estufa (*Carbolite AX60*) a 105°C durante 24h, sendo posteriormente arrefriadas dentro dun desecador e taradas posteriormente, para que o peso da mostra fora exacto. Feitos os pasos previos, a mostra foi introducida na mufla (*Carbolite ELF 11/14B*) a 550°C durante 5 horas e media.

Despois disto, trasladáronse novamente ao desecador para o seu arrefriamento. Unha vez frías, o peso resultante sería a diferenza que se perdeu de materia orgánica. O cálculo do LOI é o seguinte:

$$LOI = [(peso 105^{\circ}C - peso 550^{\circ}C) / PESO 105^{\circ}C] * 100 = \% de LOI$$

Extraído o contido de materia orgánica, procedeuse a atacar a mostra con ácido clorhídrico (HClN) diluído ao 10% nunha cápsula cerámica para a eliminación de posibles cementacións e de material bioxénico. Logo disto, eliminouse o acedo da mostra mediante papel de filtrado rápido (1238, 20-25 micras), dobrado e selado ao embudo con auga destilada para que non se perdera mostra.

Unha vez eliminado o acedo da mostra pasou a secarse na estufa durante un día a 105°C.

Xa seca, engadiuse ás mostras unha solución de auga destilada con 20 ml de calgón en botes de plástico, que se insertaron nun axitador rotativo durante 24 horas. Logo disto, lavouse a mostra con auga destilada, empregando á súa vez nunha peneira de 0,063 mm co obxectivo de separar o material máis fino (limos e arxilas) do resto da mostra. O material fino gardouse en botes, mentres que o resto da mostra secouse na estufa 24 horas a 105°C.

Unha vez secas as mostras, procedeuse á súa separación granulométrica. Para elo, empregouse unha columna de nove peneiras, con aperturas de 2 mm; 1 mm; 0,5 mm; 0,4 mm; 0,250 mm; 0,2 mm; 0,125 mm 0,1 mm e 0,063 mm. A columna de peneiras foi sometida a unha vibración continua durante 7 minutos, a continuación, pesouse cada mostra na balanza de precisión *Ohaus Pioneer PA213 (210g/0.001g)*. Cando se rexistraron todos os datos, estes foron procesados mediante o método de *Folk & Ward (1957)* coa folla de cálculo *Gradistat (Bott & Pye, 2001)*. Finalmente, realizouse unha análise da natureza do material sedimentario na fracción de 1 mm mediante lupa binocular.

O terceiro procedemento foi a realización de perfís topográficos no complexo dunar de Testal, para elo empregouse un receptor RTK STONEX S7000. Realizáronse tres perfís diferentes, en dirección sur-norte e leste-oeste. O primeiro perfil conta cun total de 53

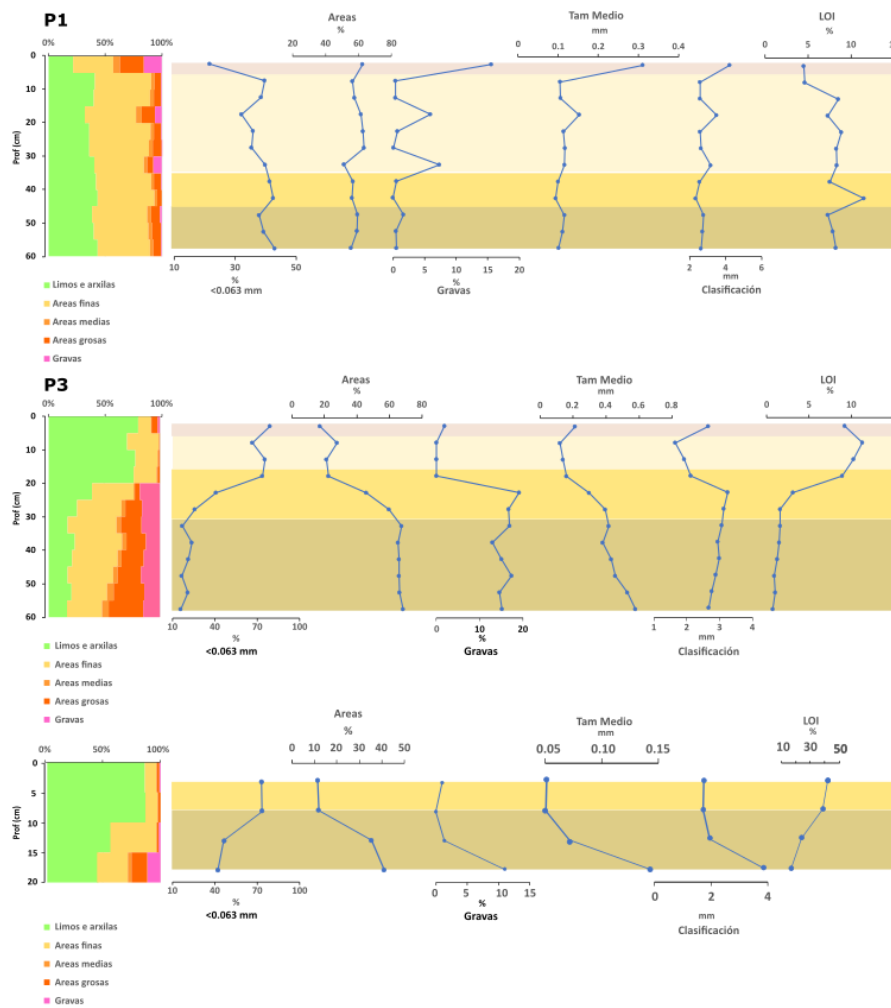
puntos, o segundo 51 puntos e o terceiro 26 puntos. Cos datos obtidos polo GPS realizáronse perfís topográficos coa ferramenta *Excel*.

O cuarto procedemento foi a recompilación de fotografías antigas procedentes de Ricardo Güeto ([https://www.facebook.com/ricardo.guetosonora.31/?locale=es\\_LA](https://www.facebook.com/ricardo.guetosonora.31/?locale=es_LA)), como ferramenta adicional de identificación dos cambios acontecidos na área de estudo en comparación co presente.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Análise sedimentario

En canto ás gráficas obtidas da análise das mostras obtivéronse os seguintes datos:



*Figura 6: Parámetros sedimentolóxicos das mostras P1, P3 e P2.*

A mostra P1 é un sedimento maioritariamente limo-areoso (o seu tamaño medio está en torno a 0.1mm) pobremente clasificado (valores entre 2.5 a 3 mm, con escaso contido en gravas excepto aportes puntuais. De muro a teito identifícase un descenso do contido en limos e arxilas e un aumento da fracción area. O contido en materia orgánica mantense en torno ao 7-8%, excepto algún pico puntual, descendendo nas mostras superficiais.

Polas súas propiedades, poden distinguirse catro niveis:

Nivel I (60-45 cm): De muro a teito obsérvase un descenso do contido en limos e arxilas (do 43 ao 38%) e un incremento nas areas (do 55.3 ao 59.5%), con moi escaso contido en gravas a excepción de un pico a 45-50 cm onde se alcanza o 1.6%. O contido en materia orgánica presenta un descenso leve do 8.2 ao 7.2%.

Nivel II (45-30 cm): A base do nivel presenta un lixeiro incremento na fracción fina (42.5%) descendendo ate valores de 39.9%, ao igual que as areas (descendo do 56% ao 51.2%). As gravas son moi escasas ou inexistentes, salvo a mostra superior onde se rexistra un notable aumento ate un 7.3%. O contido en materia orgánica presenta un marcado pico na base (11.5%) para logo descender ate valores entre 7.5 e 8.3%.

Nivel III (30-5 cm): O contido en limos e arxilas aumenta lixeiramente do 35.4 ate o 39.7%, mentres que descende o contido en areas (descenso do 63.3 ao 56.4%). O contido en gravas mantense por debaixo do 1% excepto un pico do 6% a 15-20 cm. O contido en materia orgánica mantense nos valores dos niveis inferiores, e só descende notablemente na mostra superior (ate un 4.6%).

Nivel IV (5-0 cm): O nivel superior presenta un cambio na granulometría descendendo o contido en fracción fina ate o 21% e incrementándose notablemente a porcentaxe de areas (62.5%) e gravas (15%). O contido en materia orgánica descende ate un 4.5%.

A mostra P2 corresponde a un sedimento maioritariamente limo-arxiloso cun tamaño medio entre 0.05 e 0.15 mm, pero mal clasificado. A fracción de limos e arxilas aumenta

de muro a teito dende un 43% ata case o 80%, e a presenza de gravas só é significativa no nivel basal cun 11%. O contido en materia orgánica é moi alto en toda a mostra aumentando de muro a teito de 16% ata 42%.

A mostra P3, ao igual que as anteriores, é un sedimento maioritariamente limo-areoso (o seu tamaño medio é de 0.3 mm), pobremente clasificado (valores entre 2 e 3 mm). O seu contido é moi variable ao longo da mostra, xa que en profundidade aumenta a proporción de material máis fino e descende o máis grosso. O contido en materia orgánica é inferior ao 15%, presentando as cantidades máis altas nos niveis superficiais.

Ao igual que na mostra P1, pódense diferenciar catro niveis:

Nivel I (60-35 cm): Os limos e arxilas presentan unha porcentaxe oscilando entre o 16 e o 28%. O contido en areas mantense homoxéneo, experimentando un descenso moi lixeiro (do 68.5 ao 67.5%). As gravas son escasas, destacando dous picos nos que se supera o 16%, un a 45-50 cm (17.4%) e outro a 30-35 cm (16.8%). O contido en materia orgánica presenta un lixeiro aumento con respecto da base, dende o 0.7 ate o 1.5%.

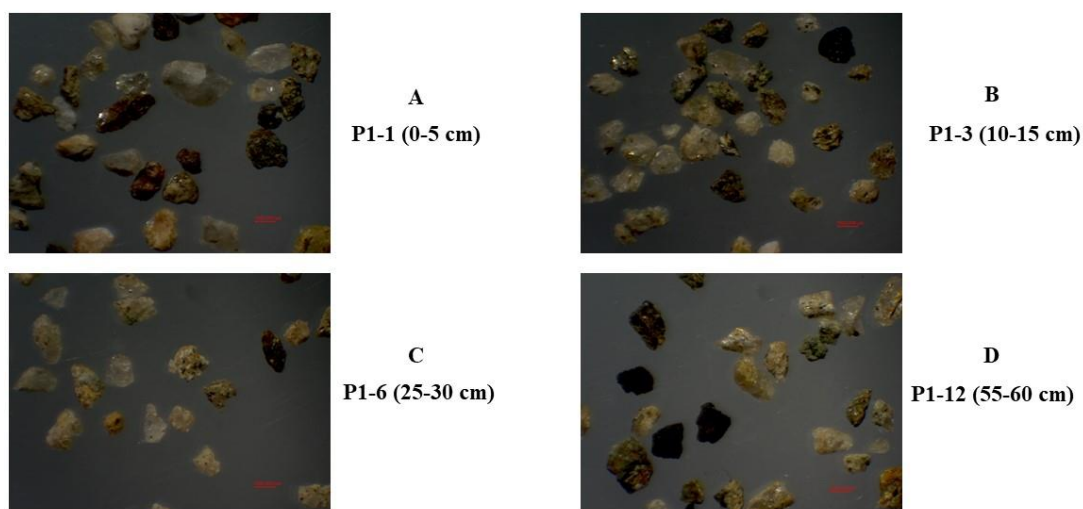
Nivel II (35-15 cm): Neste nivel o contido en limos e arxilas aumenta significativamente, pasando do 16.9 ao 75.4%. Pola contra, o contido en áreas descende, tamén de maneira progresiva, dende o 67.5 ao 21.3%. As gravas nas primeiras fases experimentan un aumento (do 16.8 en 30-35 cm a 19.1% a 20-25 cm) para logo descender ata desaparecer. O contido en materia orgánica aumenta dende os 30-35 cm con un 1.5% ate os 15-20 cm con un 8.8%.

Nivel III (15-5 cm): Neste nivel o contido de limos e arxilas presenta un descenso de arredor do 10 (do 75.4 ao 66.6%), mentres que as areas repuntan lixeiramente (do 21.3 ao 27.9%). Non hai presenza de gravas, pois os valores son 0 en todas as cotas. O contido en materia orgánica alcanza o seu pico, chegando ate o 11.3% a 5-10 cm.

Nivel IV (5-0 cm): Volven a aumentar os limos e as arxilas, con respecto do nivel inferior ate o 79.1%. En paralelo, as areas presentan un descenso do 10%. Neste nivel volve a aparecer unha pequena porcentaxe de gravas (1.9%). O contido en materia orgánica descende un 2% con respecto do nivel anterior.

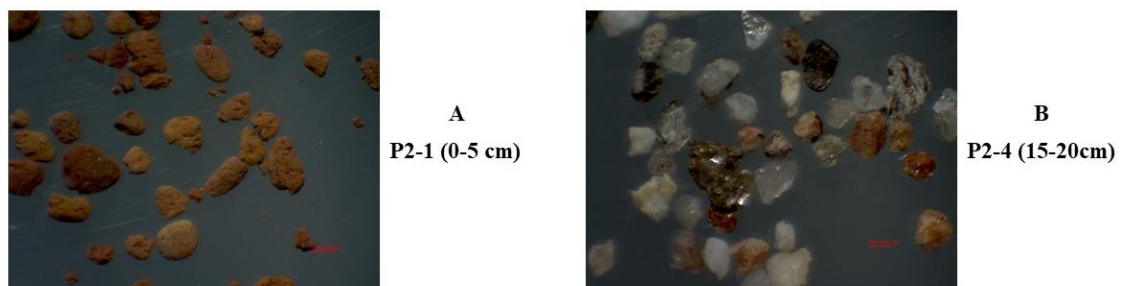
Tras a pequena análise realizada na lupa da fracción de 1mm, obtívose en xeral que todas as mostras presentaban o mesmo tipo de material, neste caso fragmentos de rocha metamórfica, cuarzos, feldespatos e micas. A pesar de que se asemellan moito, cada mostra ten as súas particularidades:

Por exemplo na mostra P1 todas as partículas presentan unha forma angulosa con bordes traballados (non chegan a ser redondeados). Pódese observar unha variación de material segundo a profundidade. O cuarzo aparece presente en todos os niveis, mentras que se observa un incremento de micas e feldespatos de muro a teito. Nos niveis inferiores aparecen pequenos fragmentos de carbón .



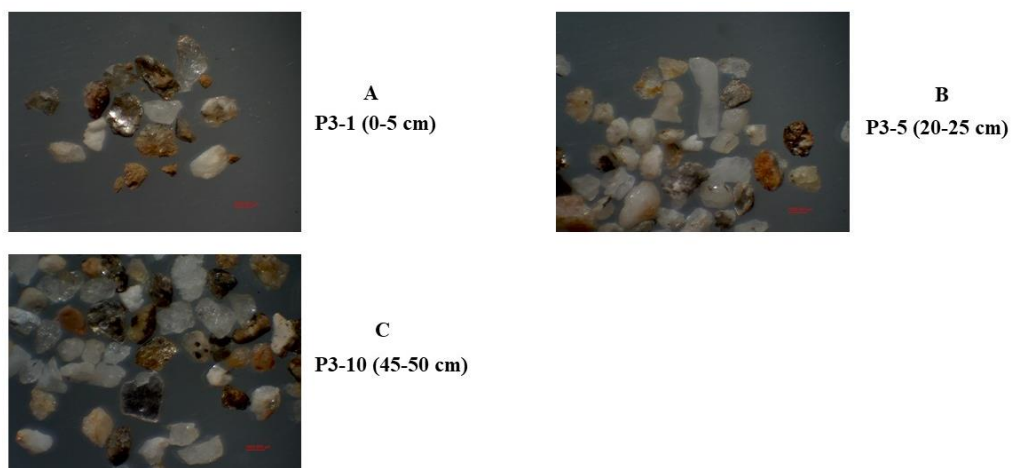
*Figura 7: Mostras da fracción de 1mm da mostra P1.*

Na mostra P2, obsérvase un cambio na morfoloxía das partículas, de muro a teito. Nos niveis máis profundos obsérvanse maioritariamente cuarzos angulosos ou con bordes retocaods. Sen embargo, nos niveis superiores aumenta o grao de redondeamento con marcas de impactos.



*Figura 8: Mostras da fracción de 1mm da mostra P2.*

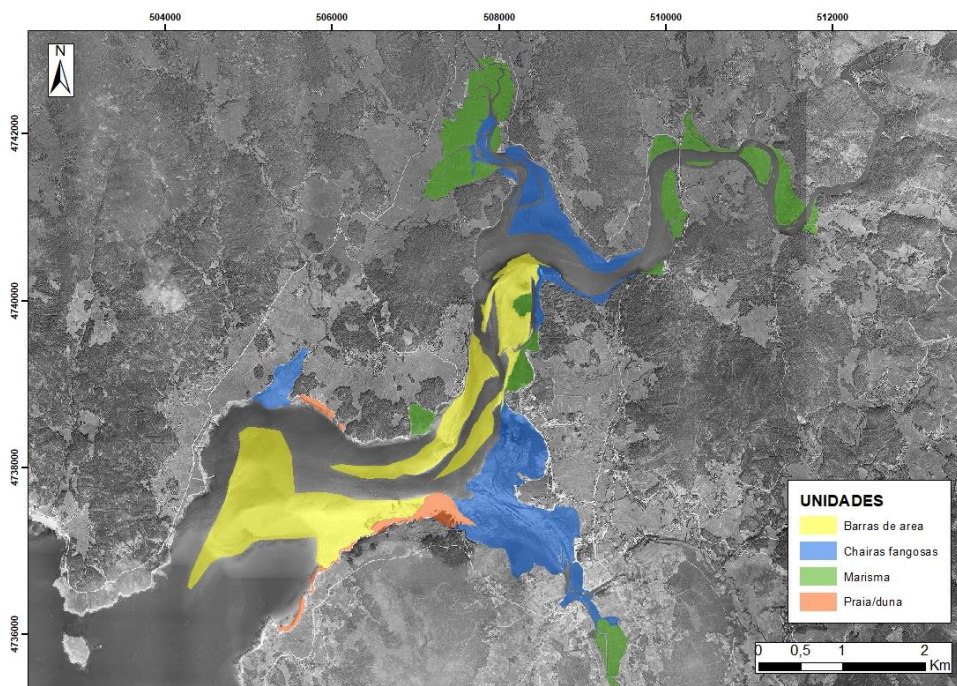
A mostra P3 esta composta maioritariamente de fragmentos angulosos e bordes traballados, con unha mestura homoxénea de cuarzos, feldspatos e micas.



*Figura 9: Mostras da fracción de 1mm da mostra P3.*

## **5.2 Cartografía de unidades sedimentarias**

En canto ás unidades cartografadas sobre os fotogramas xeorreferenciados e as ortofotos ao longo de case 65 anos obtivéronse os seguintes resultados:



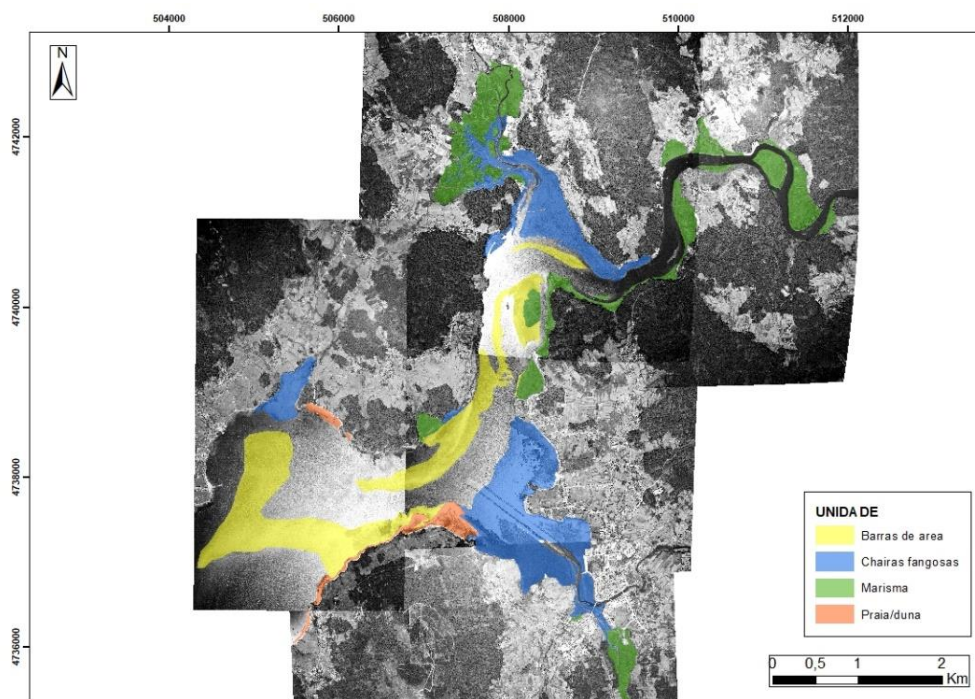
**Figura 10:** Unidades ano 1956.

No ano 1956 a morfoloxía do estuario estaba visiblemente dominada polas barras areosas, as cales constituían os bordos da canle de vaciado e enchemento, cunha maior acumulación nas marxes leste e sur. Neste último punto, convén destacar a prolongación da barra, que conforma cara o exterior da canle unha especie de barreira de grandes dimensións, outorgándolle como consecuencia, sinuosidade ao canal. Na mesma marxe, este tipo de formación conflúe coas formacións dunares de Testal.

Sobre as chairas fangosas, dicir que están concentradas sobre todo no sector interior do estuario, tanto na marxe norte como na sur. Na zona de Broña hai unha pequena enseada que tamén está ocupada por fangos. Nas zonas máis protexidas da enerxía mareal, as chairas fangosas atópanse a continuación das marismas, unha vez desembocan os ríos. Destacar que na marxe sur, nas desembocaduras do Traba, Tállara e Vilaboa, a chaira de fangos cubre unha superficie moi ampla, abarcando dende a zona de San Lázaro e o Campo de Noia, ate Testal e a Barquiña.

As marismas atópanse nas zonas máis resgardadas e con menos enerxía, sobre todo no comezo da desembocadura dos ríos e en enseadas nas que a enerxía é moi pobre.

As praias e dunas presentes nesta área son escasas, convén destacar os pequenos areas de Broña (na marxe norte) e Boa (na marxe sur), e sobre todo, unha formación dunar relativamente recente, xa que na ortofoto pódese comprobar que se trata de unha duna primaria (con escasa cobertura vexetal).

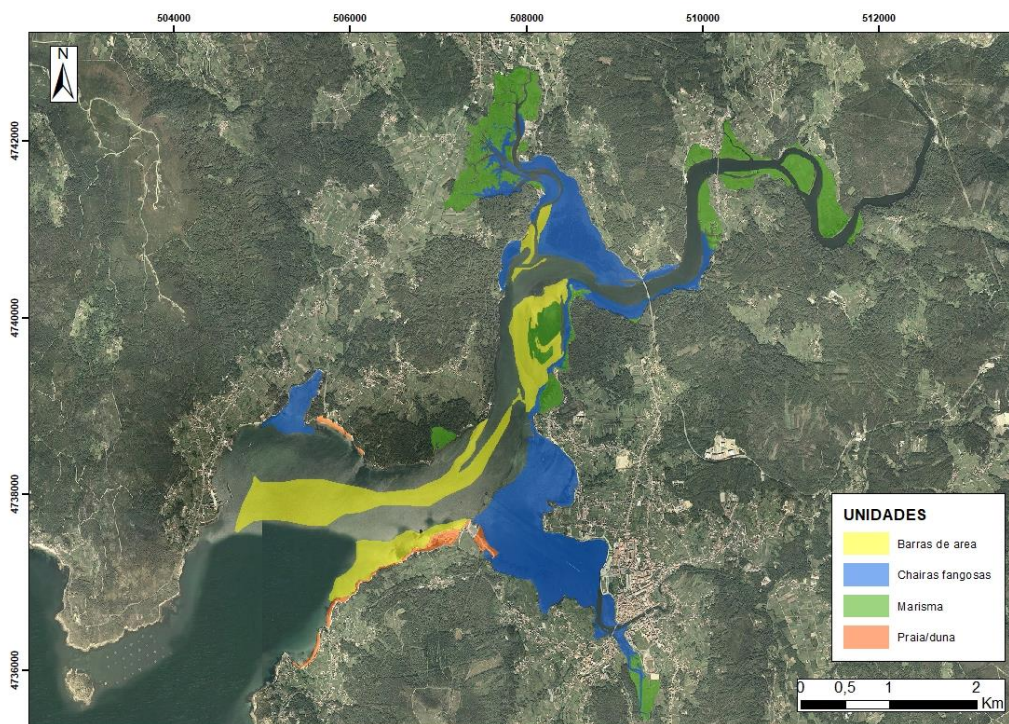


*Figura 11: Unidades ano 1983.*

Con respecto á data anterior, os cambios son substanciais. Vese a simple vista que a superficie de barras de area minguou, posto que adquiren unha forma máis estreita tanto no interior como no exterior da canle, é dicir, a canle fluvio-mareal vólvese máis ancha.

Ao contrario que as barras de area, as chairas fangosas aumentan en superficie lixeiramente, sobre todo na marxe norte, gañándolle terreo ás marismas que se atopan sobre a desembocadura do Tines. Sen embargo, na marxe sur o que acontece é o contrario, as chairas fangosas foron colonizadas por vexetación halófito transformándose en marismas, que tamén gañan espazo na zona da Barquiña. Destacar tamén que a pesar da construción da escolleira na enseada de Noia, a morfoloxía e extensión das unidades sedimentarias non sofre variacións trascendentes.

Convén poñer o foco na duna de Testal, que muda a súa morfoloxía. Por unha banda, esta aumenta a súa superficie en dirección oeste, creando unha nova crista dunar. Na foto, obsérvase que ambas formacións dunares teñen xa unha importante colonización vexetal.



*Figura 12: Unidades ano 2004.*

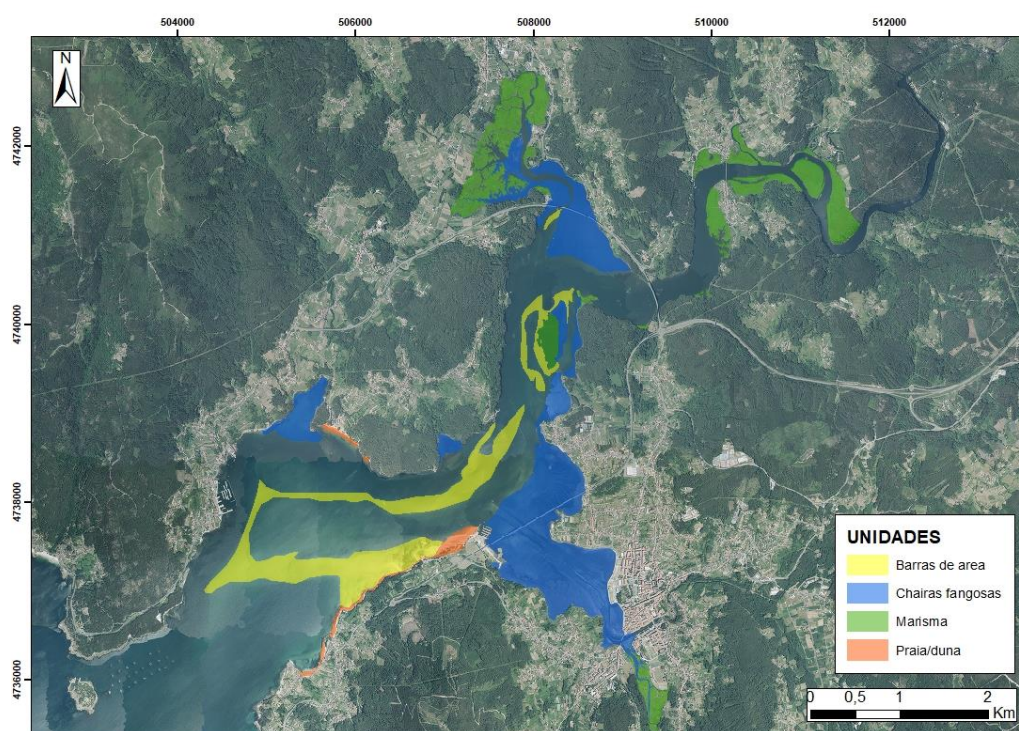
Dende o 1983 ate o 2004 prodúcense unha serie de cambios importantes en todas as formacións.

En canto á barras de area, destacar que no sector exterior muda por completo a súa morfoloxía, pois pasa de ser unha barreira transversal unida á marxe sur, a separarse e conformar un “brazo” lonxitudinal na marxe norte, lixeiramente desprazado cara o centro da canle. Sen embargo, na zona interior as superficies areosas aumentan, sobre todo na zona da Barquiña e nas zonas máis exteriores da desembocadura do Tines.

Nas chairas fangosas prodúcese un aumento da súa superficie a nivel xeral, sobre todo en zonas de marisma e na desembocadura do Tambre. Ademais, a gran chaira fangosa que se estende sobre a ensenada de Noia gaña extensión cara o exterior.

Nas marismas prodúcese un dobre comportamento: por unha banda hai zonas onde a súa extensión aumenta, como no sector leste da Barquiña; e por outra na que se reduce, como

por exemplo na desembocadura do Tines (substituídas por chairas fangosas) e na desembocadura do Tállara coa construción do barrio de San Lázaro e o campo de fútbol. Na duna de Testal, a súa superficie tamén se veu notablemente reducida pola construción do complexo portuario e polos recheos realizados. Ademais, experimentou un cambio morfolóxico, xa que as cristas individuais que se vían no ano 1983 desaparecen, fusionándose nunha única crista de menor extensión e con incisión da auga salgada a través de canles.



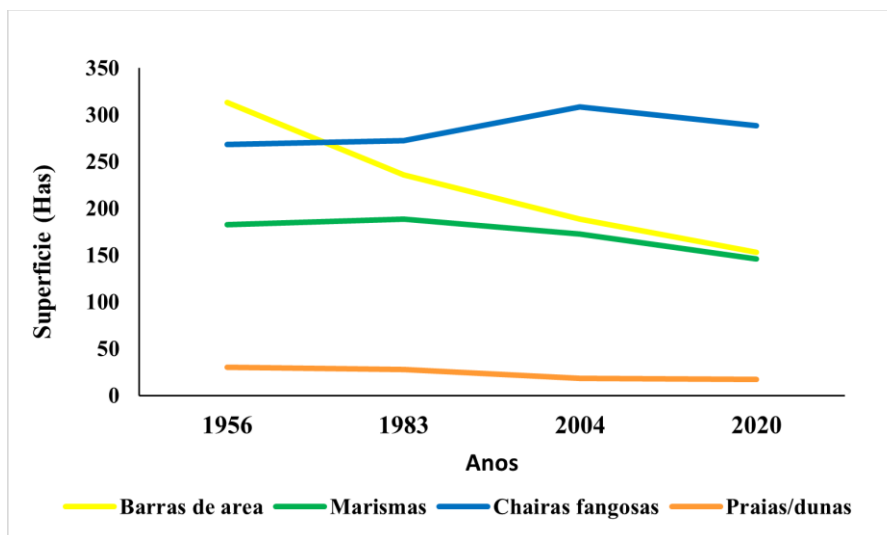
*Figura 13: Unidades ano 2020.*

As barras de area volven a mudar a súa morfoloxía, destacando sobre todo o sector exterior, que volve a formar unha barreira, pero neste caso, unida á marxe sur, bordeando en forma de rectángulo as marxes ata chegar ao sector norte. A pesar disto, en comparación cos anteriores anos, as dimensións desta barra son con diferenza, moito máis pequenas. Tamén se reduce a extensión do sector areoso leste, que mingua considerablemente en comparación co ano 2004.

Nas chairas fangosas non se aprecian grandes cambios. Pero si nas marismas, que continúan perdendo extensión. Destacar a zona de Ponte Nafonso, na que as marismas se

mantiveron moi estables ao longo do tempo, pero que agora comezan a minguar, isto débese en parte ao recheo de terras.

En canto á evolución da duna de Testal, dicir que cada vez a súa extensión é máis reducida, ademais de sufrir un desprazamento cara o leste, acumulándose no dique de Testal.



*Figura 14: Gráfica de evolución da superficie das unidades.*

A nivel xeral, nesta gráfica aparece rexistrada a evolución de cada unidade ao longo do tempo. Polo xeral, a tendencia de todas as unidades é descendente, sendo as unidades que máis experimentan esta perda de superficie as barras de area e as marismas. A única unidade que presenta un aumento significativo son as chairas fangosas, que como se pode observar no mapa aumentan en superficie en todos os anos, excepto no 2020.

### 5.3 O pasado e o presente. Comparación de fotos

Para comparación das fotografías, escolléronse un total de 6 fotos antigas distribuídas en catro composicións, que reflexan as principais zonas de cambios do estuario.



**Figura 15:** Composición de fotografías antigas e fotografías actuais. Peirao do Marqués.

Fontes fotografías antigas: Ricardo Güeto Soñora. Fontes fotografías actuais: elaboración propia.

A figura 15.A encadraríase entre mediados dos anos 50 e 80 (posto que se ve a escolleira de fondo xa construída) no peirao do Marqués, en condicións de media marea (hai auga, pero algúns dos barcos están varados).

En primeiro e segundo plano obsérvanse barcos de madeira de diferentes tamaños, algún superando os 7 m de eslora. Son barcos de mercancías, visibles nos cargamentos de madeira, e nos bois transportando sacos, o que leva a deducir que non só existía movemento de berberecho sobre a ría, senón tamén de outros materiais, xeralmente materiais de construción.

A data da foto 15.B é incerta, pois non hai sinais evidentes que nos acheguen a un período concreto. Aparece de novo o peirao, en condicións de marea alta, cunha gran cantidade de barcos de todos os tamaños e tipoloxías atracados, dende barcos artesanais (identificables polos utensilios que hai no interior), de mercancías e de pasaxeiros. En

terceiro plano aparecen a grúa e a draga, o que indica que a pesar de ser unha zona navegable, era necesario retirar aportes para o seu mantemento.

O que é evidente, é que o Peirao do Marqués empregábase como antigo porto, ate que se construíu a finais do s.XX o novo porto de Testal.

A foto 15.C xa nos achega a data concreta, esta vez sen a escolleira construída e en condicións de baixamar, con un barco de madeira de grandes dimensións varado, con bois transportando mercancía. O que se amosa, é que tamén se aproveitaba a marea baixa para acceder aos barcos cos animais, e así cargar e descargar mercancías.

En contraposición, o que se observa nas fotos actuais é unha enseada sen barcos, xa que nin coa marea alta son capaces de manterse a flote, só barcos de pequeno tamaño e moi pouco calado, mentres que antigamente, a pesar de que estivera a marea baixa, podíase acceder a pé á enseada. Hoxe en día son impensables estas escenas por varios motivos: un deles é que os barcos de tanto calado non poden acceder nin ao Porto de Testal, pola súa escasa profundidade, e outro é pola suciedade e contaminación da enseada, ademais de que é unha superficie máis branda, na que é inevitable afundirse.



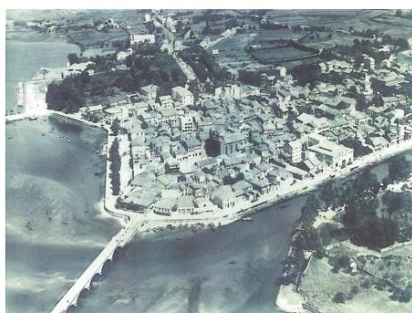
**Figura 16:** Composición de fotografías antigas e fotografías actuais. San Lázaro.

*Fontes fotografía antiga: AMB Asesores. Fontes fotografía actual: Elaboración propia.*

A fotografía da figura 16 sábese que pertence aos anos 50 polas obras que se amosan. Atópase na zona de San Lázaro, sobre a marxe sur do río Traba no seu tramo final,

mentres se realizaban as obras de recheo co obxectivo de integrar esta zona coa vila. Isto mostra o crecemento demográfico que tivo durante todo o s.XX, acadando o seu máximo no ano 1991 con un total de 14.893 habitantes (IGE).

Na foto actual amosase a urbanización completa desta zona, quitándolle espazo non só ao río Traba, senón tamén ao Tállara e á súa marisma como se puido comprobar coa evolución das ortofotos xa analizada, supoñendo un cambio substancial dos usos do solo.



**Figura 17:** Composición de fotografías antigas e fotografías actuais. Confluencia das desembocaduras dos ríos Traba e Tállara.

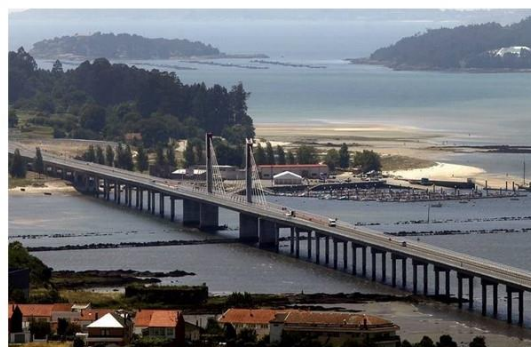
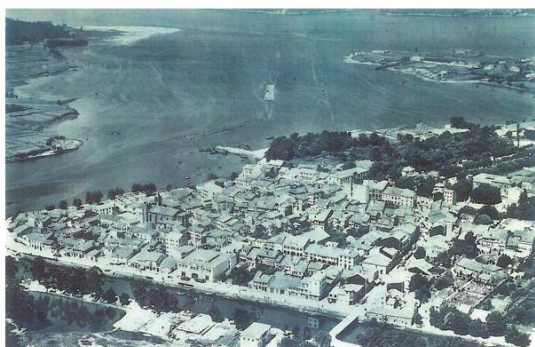
*Fonte fotografía antiga: Quereck.*

*Fonte fotografías actuais: Elaboración propia*

A figura antiga mostrada nesta composición corresponde a unha foto aérea do centro urbano da vila de Noia, que se pode datar entorno aos anos 50-60 (ausencia de obras no peirao marqués e recheo de San Lázaro). Comentar aquí varios aspectos relevantes como poden ser nun primeiro plano as formacións de chairas fangosas claramente visibles. A pesar da presenza destas, hai numerosas embarcacións distribuídas ao longo do Peirao do Marqués e do Malecón de Cadarso. Obsérvase tamén que a canle do río Traba divide a chaira en 2 unidades. En relación coa fotografía anterior, pódese apreciar con claridade os recheos sobre o río Traba en San Lázaro, sendo estas de varios metros sobre a marxe

do río. En segundo plano obsérvase o peirao marqués sen ampliación, con zonas de cultivo a carón das chairas fangosas.

En contraposición, móstranse varias fotos actuais que amosan as diversas obras de recheo e ampliación, dende as máis antigas como a urbanización de San Lázaro, e a primeira ampliación do peirao do marqués (preguntar ano), ate outras máis recentes como a construción da pasarela do Malecón de Gasset e Peirao do Marqués no ano 2021, e a glorieta sobre a ponte que une o centro da vila co Campo das Rodas, finalizada o pasado 2022. A sucesión destas obras sobre o espazo mariño implica un aporte considerable de sedimentos derivados da construción.



**Figura 18:** Composición de fotografías antigas e fotografías actuais. Vista da enseada.

*Fonte fotografía antiga: Quereck*

*Fonte fotografía actual: Hotel Park*

Esta foto é da mesma data que a anterior, corroborando que se fixo na década dos 50 pola forma da duna (moi similar á ortofoto do ano 56) e pola escollera, en comezos de construción (o brazo norte aínda estaba sen construír e o brazo sur estaba comezando, sendo visible unha grúa sobre a estrutura). Estes dous aspectos son clave, pois achegan unha perspectiva diferente da configuración da parte interna do estuario, proporcionando unha visión da escollera e da súa magnitude e cas cantidades de material empregadas inutilmente para a súa construción, e tamén da duna, podendo observar as súas grandes dimensións e clara orientación cara o leste.

Na foto actual, os cambios sobre a imaxe impactan en gran medida, sobre todo, como se comentaba antes, no peirao marqués (agora ampliado e con usos do solo completamente

diferentes) e na zona de Testal, xa que ao longo destes 60 anos mudou a forma da duna e construíronse infraestruturas como o porto e a ponte que conecta o corredor AC-549 coa estarda AC-550, finalizado no ano 2014. Volve a destacar aquí a visible degradación da chaira fangosa sobre a enseada da vila.

## **6. DISCUSIÓN E PROPOSTAS DE ACTUACIÓN**

Os resultados das análises sedimentarias permiten caracterizar os ambientes de sedimentación nos distintos puntos de mostraxe. Tratándose de mostras relativamente superficiais (máximo de 60 cm) poden considerarse representativas do comportamento sedimentario recente dos distintos sistemas.

Os parámetros da mostra P1 son coincidentes coa súa posición nun ambiente de relativa enerxía no sistema, ao situarse próximo á canle principal do esteiro do Tines, e nunha posición onde as velocidades de corrente mareal durante a vaciante poden ser importantes. Obsérvase un engrosamento progresivo do sedimento, cunha diminución no contido de limos e arxilas, e unha maior variabilidade no contido de gravas, produto do elevado dinamismo do punto de mostraxe.

Pola contra, a mostra P2, moito menos potente, posúe as características propias de un ambiente de marisma, con un sedimento moi fino, a case ausencia de gravas e un elevado contido en materia orgánica.

A mostra P3 é na que se rexistra unha maior variación na sedimentación, xa que se observa claramente unha fase basal de sedimentación grossa, con maior contido de areas e gravas e moi escaso contido en materia orgánica, seguida dun cambio cara unha sedimentación menos enerxética, aumentando o contido en limos e arxilas e incrementándose o contido en materia orgánica.

Outro aspecto a destacar son as altas taxas de sedimentación, que poden deducirse pese a carecer de datacións nos testigos. O cambio na sedimentación detectado nas mostras P2 e sobre todo en P3 cun incremento notable dos limos e arxilas son características de altas taxas de aportes de sedimentos finos. As altas taxas de sedimentación confírmanse pola aparición na mostra P3 a 35-40 cm de profundidade, de un envoltorio de un caramelo,

que si ben non puido establecerse a data (ao non figurar data de envasado ou caducidade), non se atopa degradado e corresponde a un produto moderno, posiblemente posterior aos anos 80.



*Figura 19: Imaxe do envoltorio do caramelo atopado.*

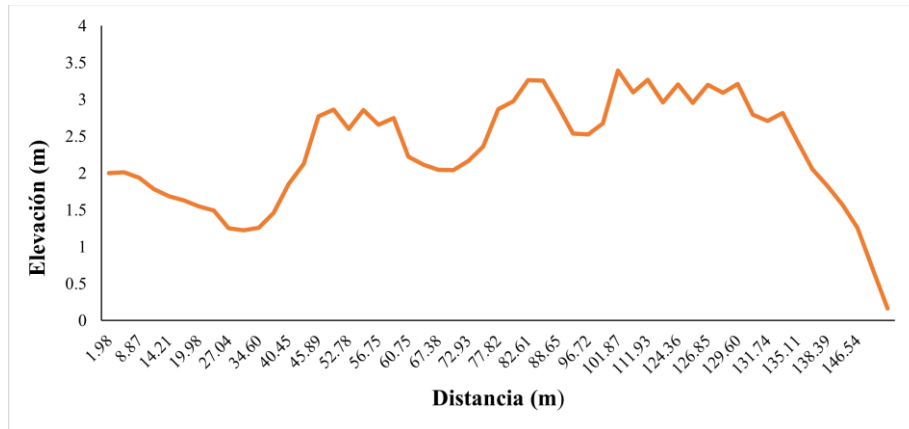
Outros estudos teñen identificado un incremento das taxas de sedimentación, especialmente de limos e arxilas dende o s.XX, con valores de entre 3 e 4 mm/ano, en testigos do sector interno da Ría de Muros e Noia, ou ata 6 mm anuais na enseada de San Simón (Álvarez et al, 2007, 2020).

Coa análise das mostras na lupa binocular púidose identificar que a natureza do material é acorde cos materiais predominantemente metamórficos. A presenza de carbóns nalgunhas das mostras, sobre todo na P1, poden asociarse a prácticas agrícolas de queima de montes nos séculos pasados (entre mediados do XIX e mediados do XX), xa que era unha práctica moi recorrente para gañar espazo de cultivo ou gando (Martínez Chamorro e Martínez Ruíz, 1999).

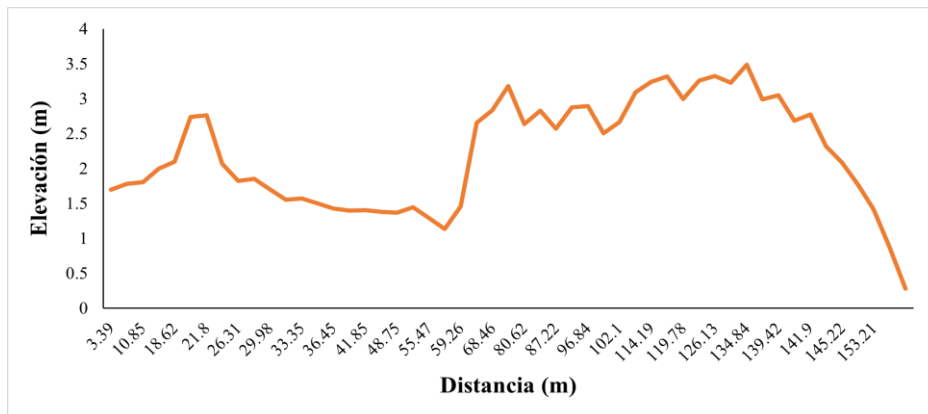
A partir do cartografiado de unidades xunto coa comparación de fotografías antigas con actuais, verifícanse os principais cambios que sufriu o estuario ao longo destes 64 anos, a destacar tres:

O primeiro cambio dáse na duna de Testal, véndose considerablemente reducido o seu tamaño. Obsérvanse dous períodos chave no cambio da duna (visibles tanto nas ortofotos como nas fotografías), que son por unha banda dende o 1956 ao 1983, onde as correntes e dinámicas naturais son o principal axente moldeador da duna, outorgándolle dúas cristas e unha orientación cara o leste; e por outra banda, do 1983 en diante, coa construción do

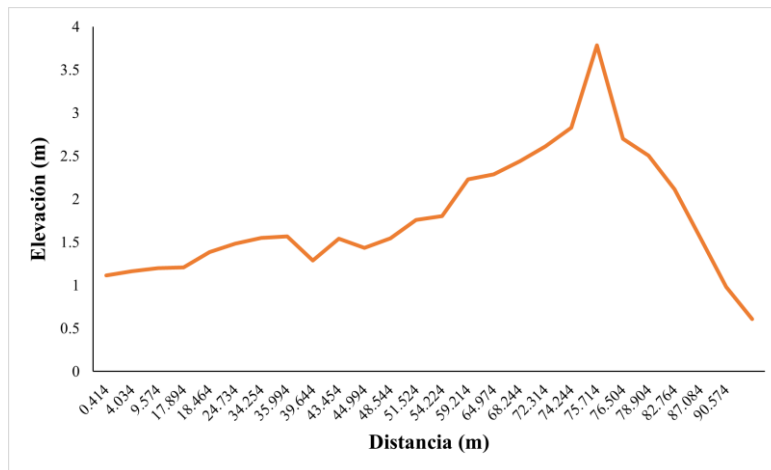
porto de Testal, que rompe por completo a duna, facendo que mingüe o seu tamaño e se vexan reducidos os aportes areosos á canle de desembocadura e tamén a redución do “substrato” para os bancos marisqueiros. En canto aos perfís tomados dos sistema dunar actual, estes reflexan que é un complexo relativamente estreito, pois apenas se superan os 150 m de ancho, e a súa altura non supera os 4 m.



*Figura 20: Perfil dunar 1.*



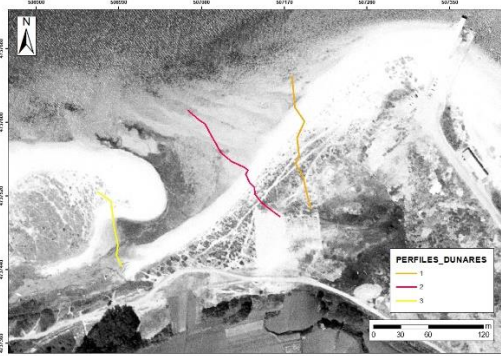
*Figura 21: Perfil dunar 2.*



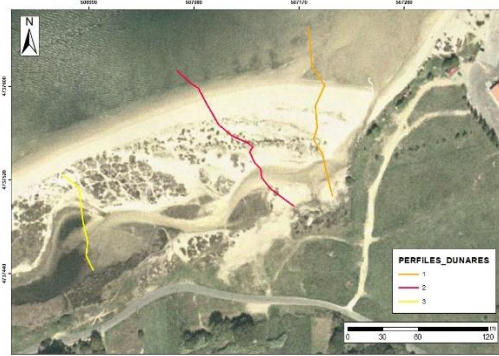
*Figura 22: Perfil dunar 3.*

Evidenciase tamén que é un sistema desprazado cara o leste, pois o ancho das cristas analizadas é maior cara esa dirección, debido a que a dirección oeste que predominante do vento e da ondaxe no estuario, empurra o sistema hacia o interior. Que existan pendentes relativamente elevadas entre a cota mareal e os picos das cristas, pode conlevar o favorecemento da erosión da fronte dunar, que ademais é a que está menos vexetada.

É importante mencionar que a partir da construción do porto, o complexo dunar se comporta como un novo sistema, sendo as formacións que se ven hoxe en día moi recentes. Este aspecto púidose comprobar a través da fotointerpretación de ortofotos históricas e do PNOA actual vencelladas aos perfís tomados en campo. Neste caso analizouse o perfil 1, o máis interior, no que a partir del se chegou á conclusión de que o sistema actual se comezou a formar entre os anos 1990 e 2000, creando unha canle que atravesa o interior da formación e a primeira crista da duna, visible na ortofoto do ano 2004. No 2008 pódese contemplar a formación da segunda crista, con un pequeno val entre a formada anteriormente. No 2010 comeza a formarse a terceira, que actualmente segue aumentando a súa extensión.



**Figura 23:** Sistema dunar no ano 1983.



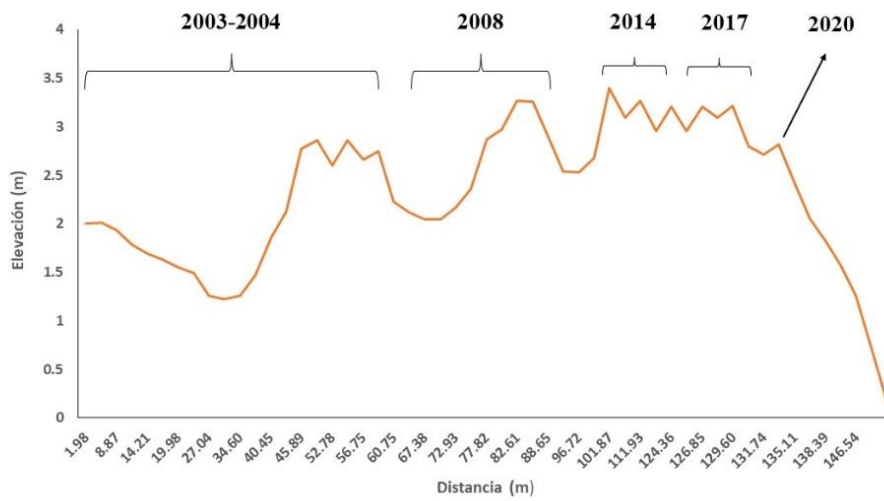
**Figura 24:** Sistema dunar no ano 2004.



**Figura 25:** Sistema dunar no ano 2008.



**Figura 26:** Sistema dunar no ano 2020.



**Figura 27:** Evolución do perfil dunar 1.

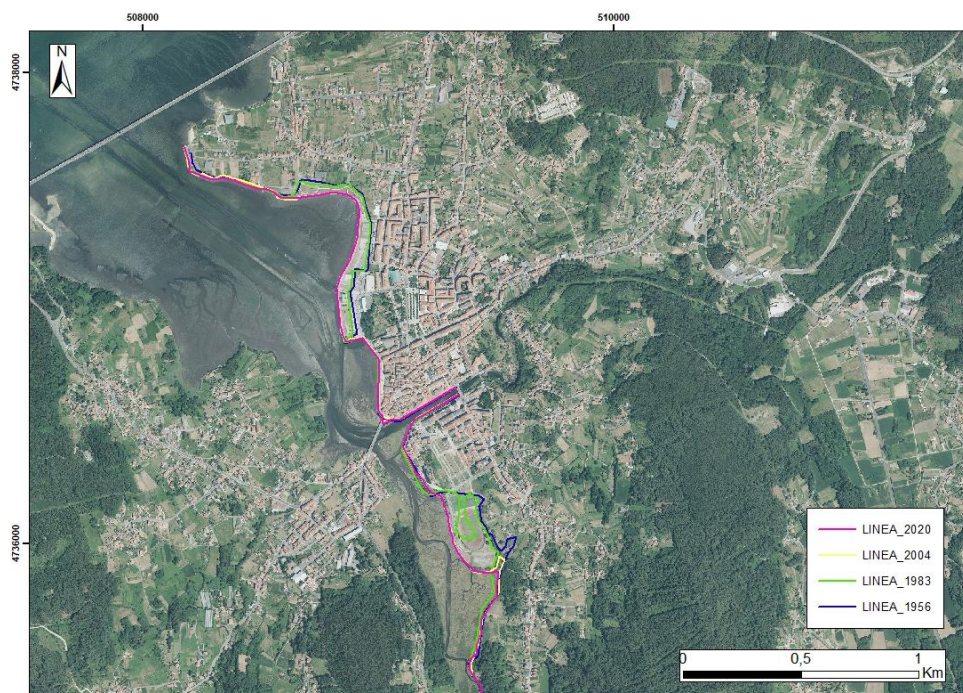
O segundo é a redución da superficie das marismas. As marismas son os riles do estuario e dos bancos marisqueiros, cumprindo funcións de vital importancia para o funcionamento do sistema tales como a retención de sedimentos, a fixación de contaminación e a depuración por lagunaxe, definido como un proceso biolóxico polo cal se reduce ou eliminan os elementos contaminantes ou substancias orgánicas biodegradables presentes na auga (Pérez-Parra, 2003), e a regulación do caudal e posibles avendias. Os principais factores que contribúen á redución destas formacións vexetais son os cambios dos usos do solo, sendo un claro exemplo a urbanización de San Lázaro, que eliminou unha parte da marisma do Tállara para a construción de solo urbanizable, e a contaminación, producida pola presenza de materiais pesados (sendo a mina de San Fins unha das principais fontes de aporte de oligoelementos (Álvarez Iglesias et al, 2020)), a acidificación da auga polo emprego de puríns e fertilizantes na agricultura e sobre todo a deficiencia no tratamento das augas, que constitúe o principal problema do estuario, posto que as coliformes fecais procedentes por un lado da gandaría e por outro da propia vila, apenas teñen tratamento. A presenza de tubarias que verten directamente ao estuario e a ausencia de un depurado das augas residuais débese á falta de colectores de augas residuais (hai un para toda a vila, o cal é insuficiente). As evidencias disto pódense manifestar por unha banda na clasificación da calidade dos bancos marisqueiros do Intecmar (Instituto Tecnolóxico para o Control do Medio Mariño de Galicia) sendo Noia un banco marisqueiro no que o seu produto ten que someterse a un proceso de depuración ou reinstalación para o seu consumo debido aos seus niveis de contaminación pola bacteria, que son neste caso moderados; e por outra banda nas augas con prohibición permanente do baño do Sergas (Consellería de Sanidade, Xunta de Galicia) onde a praia de Testal é unha delas.

O terceiro é o descenso do calado a favor da deposición de sedimentos e incremento do volume de chairas fangosas, así como a súa degradación, sobre todo na metade sur do estuario. Este ao ser un sistema en relación directa coas marismas, xa que a perda destas supón un maior aporte de sedimento fino ás chairas fangosas. Os cambios dos usos do solo tamén son un factor importante, pois a urbanización de San Lázaro e as obras de recheo para a construción do paseo marítimo e a glorieta supoñen un verquido directo de residuos e sedimentos depositados directamente na zona, aparte das xa mencionadas

queimas augas arriba que potencian o aporte de material fino augas abaixo. A presenza da mina de San Fins tamén é un axente que aporta material fino. En canto á degradación, as causas son as mesmas que o degradado das marismas, aparte das prácticas incívicas de tirar lixo ao mar.

As modificacións da liña de costa do sector de estudo, así coma os cambios de uso nas cuncas drenantes teñen alterado a dinámica natural do sistema. A dinámica de tipo estuarino mantense, se ben, os aportes fluviais víronse reducidos por procesos de regularización especialmente no Tambre, principal curso fluvial do sistema, a raíz da construción do embalse Barrié de la Maza. Por outra banda, os cambios de usos recentes, cunha redución da superficie agraria dende finais do s.XX contribúen a reducir os aportes grosos, incrementándose sen embargo a fracción fina, como se observa no incremento da fracción limo e arxila, así como da materia orgánica nos niveis superiores das mostras P2 e P3. Pola contra na mostra P1, no esteiro do Tines o incremento observado nas fracción grosas responde a tratarse de un sector de maior enerxía, situado preto da canle principal de descarga, que experimentou un proceso de fixación no sector.

As dinámicas construtivas na área de estudo, especialmente na vila de Noia, dende mediados do s.XX poden considerarse factores que tamén favoreceron o aporte de material fino ao estuario, ademais da introdución de elementos e barreiras que mudaron a distribución das principais unidades (sobre todo o porto de Testal en relación coa duna), así como a restrición de actividades na parte máis interna, como se pode observar coa comparación de imaxes históricas e actuais. En relación aos cambios na liña de costa e ás dinámicas construtivas no centro urbano da vila, elaborouse a seguinte cartografía, que retrata unha evolución da liña de costa nos diferentes anos analizados.



**Figura 28:** Evolución nos cambios da liña de costa, anos 1956-1983-2004-2020.

Obsérvase que se produce un aumento da liña de costa fixada artificialmente gañando terreo ao mar mediante a ocupación do estuario, bastante notable sobre todo entre os anos 1983 e 2004, coa construción do paseo marítimo e o campo de fútbol, gañándolle ao sistemas distancias superiores aos 150 m nalgúns zonas. As principais unidades que se ven afectadas por estas construción son as marismas. En concordancia coa gráfica de evolución (figura 14) estas vense reducidas. As chairas fangosas e a canle de desembocadura dos ríos non parecen verse afectadas.

A mala xestión de outras actividades como é a industria mineira de San Fins augas arriba, ou a deficiencia de equipamento sanitario na vila, ademais das prácticas incívicas, favorece o aumento dos niveis de contaminación e degradación, facendo que se perda a vida do ecosistema.

Ante isto, como medidas de adaptación e mitigación destes problemas, elaboráronse as seguintes propostas:

A primeira sería a total prohibición da urbanización en espazo marítimo. Deste xeito, o que se fai é protexer o espazo litoral ante os novos cambios de usos do solo e/ou ampliacións e recheos sobre o estuario.

A segunda sería unha dotación de depuradoras de augas fecais nos puntos máis críticos da vila, así como unha remodelación do sistema de saneamento de forma que os residuos non desemboquen directamente no estuario. Os puntos clave aquí serían as desembocaduras fluviais e os principais núcleos de poboación.

A terceira medida sería unha posta en valor do estuario e da escolleira, isto mediante a concienciación da sociedade de que o material fino forma parte do ecosistema, e que as dinámicas estuarinas tenden á colmatación, sen ser algo negativo para o estuario, senon todo o contrario. Por outra parte, a escolleira non sería viable nin retirala nin levar a cabo proxectos sobre ela, debido as posibles consecuencias que tería sobre a dinámica e as afeccións aos bancos marisqueiros; convén pois, darlle un valor como importante repousadoiro de aves da zona, recolocando carteis informativos no paseo marítimo e incluso construíndo pequenos miradoiros de aves. Si sería aconsellable, unha única intervención sobre a mesma, reforzando a superficie das columnas para que as aves non queden enganchadas nas estruturas de ferro dos piares, evitando deste xeito a súa morte.

A cuarta sería unha organización de campañas de limpeza e retirada de lixo sobre o estuario. Mediante a conxunción de grupos de voluntarios, tendo a posibilidade de acceder a pé ou mesmo nos barcos dos mariscadores (con marea alta) no período de peche da campaña de berberecho.

A quinta e última medida sería o establecemento de novas medidas ou figuras de protección da duna de Testal, para manter a súa integridade e fomentar a súa recuperación. Un exemplo de figura interesante para este lugar sería o Espazo Natural de Interese Local, aumento da vixiancia sobre o espazo, ou mesmo a restrición, ou prohibición de acceso.

## **7. CONCLUSIÓNS**

Dende o último século as presións directas (tales como as intervencións sobre a liña de costa no estuario ou o verquido de augas sen tratamento) e indirectas (cambios nos usos do solo, emprego de substancias que alteran a composición da auga etc) exercidas por parte da sociedade sobre o estuario do Tambre, estanse a incrementar notablemente xerando impactos a nivel ambiental, como os cambios na extensión e na morfoloxía dunar

ou a degradación das principais formacións estuarinas, tendo efectos a nivel económico e social, como por exemplo o incremento dos gastos no tratamento de moluscos e bivalvos para a súa comercialización, así como a prohibición do baño pola contaminación das augas.

Ao mesmo tempo, prodúcese tamén dende mediados do s.XX en diante un acelerado proceso de colmatación, sobre todo da parte sur do estuario, influído polos factores anteriores, ademais do aporte de finos procedente da mina de San Fins e as augas fecais depositadas pola rede de verquidos sen tratamento, así como polas prácticas incívicas de tira de lixo.

As dinámicas antrópicas acentuadas pola falta de medidas de xestión e protección do sistema, mudan as dinámicas naturais do estuario causando desequilibrios, alterando a paisaxe e contribuíndo á perda de valor a nivel económico, social e ambiental.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso Millán, Á., Pagés Valcarlos, J.L. (2010). Evolución del nivel del mar durante el Holoceno en el noroeste de la Península Ibérica. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 23: 157-167.
- Álvarez-Iglesias, P., Andrade, A., Rey, D., Quintana, B., Bernabeu, A.M., López-Pérez, A.E., Rubio, B. (2020). Assessment and timing of the anthropogenic imprint and fisheries richness in marine sediments from Ría de Muros (NW Iberian Península). *Quaternary International*, 566/567: 337-356.
- Álvarez-Iglesias, P., Quintana, B., Pérez-Arlucea, M. (2007). Sedimentation rates and trace metal input history in intertidal sediments from San Simon Bay (Ría de Vigo, NW Spain) derived from <sup>210</sup>Pb and <sup>137</sup>Cs chronology. *Journal of Environmental Radioactivity*, 98: 229-250. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2007.05.001>
- Aranda, M., García, F.J., Peralta, G., Flor-Blanco, G. (2020). Towards a comprehensive functionality assessment of estuaries: first approaches in San Vicente de la Barquera estuary (Cantabria, Spain). In *Estuaries and Coastal Zones in Times of Global Change: Proceedings of ICEC-2018* (pp. 301-319) Springer Singapore.
- Barragán Muñoz, J.M., Chica Ruíz, J.A. (2013). Evaluación de los ecosistemas litorales del milenio en España: Una herramienta para la sostenibilidad de la zona costera. *Revista Eubacteria*, 31: 1- 6.
- Bird, E. (2008). Estuaries and lagoons. In E.Bird (Ed). *Coastal Geomorphology , an Introduction*. Wiley, University of Melbourne, Australia. pp: 295, 329.
- Cajade-Pascual, D., Costa-Casais, M., Blanco-Chao, R., Taboada Rodriguez, T. (2023). Sea-level change and human occupation over 6000 years on Areoso Island (Ría de Arousa, NW Iberian Peninsula). *Environmental Earth Sciences*, 82: 1-12.
- Darlymple, R., Zaitlin, R.W., Boyd, R. (1992). Estuarine facies models; conceptual basis and stratigraphic implications. *Journal of Sedimentary Research*, 62: 1130-1146.
- Davies, J.L., (1964). A morphogenetic approach to world shorelines. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 8: 127-142.

- Den Tex, E. (1980). Un esquema del estado actual de la investigación geológica de Galicia. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 1: 323-339.
- Díaz Montes, A., González Menéndez, L., Martínez Catalán, J.R. y Gallastegui, G. (2023) Mapa Geológico Digital continuo E. 1:50.000, Zona Galicia Trás-os-Montes (Zona -1200). in *GEODE*. Mapa Geológico Digital continuo de España. Disponible en: <http://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/geodezona.aspx?Id=Z1200>.
- Evans, G., Prego, R. (2003). Rías, estuaries and incised valleys: is a ria an estuary? *Marine Geology*, 196: 171-175. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(03\)00048-3](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(03)00048-3)
- Feal-Pérez, A., Blanco-Chao, R., Ferro-Vázquez, C., Martínez-Cortizas, A., & Costa-Casais, M. (2014). Late-Holocene storm imprint in a coastal sedimentary sequence (Northwest Iberian coast) . *The Holocene* , 24: 477-488.
- Fernández Feal, M.L., (1999). Contribución al estudio de las marismas de los ríos Xubia y Ferrerías. Ph.D. Tesis, Universidade da Coruña, Departamento de Química Analítica.
- Fernández Iglesias, E., Marquínez García, J. (2002). Zonación morfodinámica e incidencia antrópica en los estuarios de Tina Mayor y Menor (Costa Cantábrica). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 15: 141-157.
- Flor-Blanco, G., Flor Rodríguez, G., Pando, L., Abanades, J. (2015) Morphodynamics sedimentary and anthropogenic influences in the San Vicente de la Barquera estuary (North coast of Spain). *Geologica Acta: an international earth science journal* 13: 279-294.
- Flor, Rodríguez G., Flor-Blanco, G. (2016). Morphosedimentary transformations of the Santander estuarine bay related to port and urban development (Cantabria, NW Spain). *Trabajos de Geología*, 36: 139-162.
- Flor-Blanco, G., Flor Rodríguez, G. (2019). Cantabrian estuaries. *The Spanish Coastal Systems: Dynamic Processes, Sediments and Management*, 415-436.
- Flor Rodríguez, G. (2005). *Manual de Geología Marina*. Servitec. Oviedo. 561p.
- Flor Rodríguez, G., Ceñal, R.C., González, M.S., Ortega, M.I. (1998). Aspectos morfológicos y sedimentológicos del estuario del Nalón (Asturias, noroeste de España). *Trabajos de Geología*, 20: 3-39.

- Flor Rodríguez, G., Flor-Blanco, G. (2012). Clasificación geomorfológica y características de los estuarios cantábricos (NW de España). In *Avances de la geomorfología en España, 2010-2012: actas de la XII Reunión Nacional de Geomorfología, Santander, 17-20 septiembre de 2012* (pp.315-318). PubliCan-Ediciones.
- Flor Rodríguez, G., Flor-Blanco, G. (2014). Actividades de campo en estuarios como recurso educativo. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2: 157-166.
- Folk, R.L. and Ward, W.C. 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27: 3-26.
- García, J., Castro, M., Gómez-Gesteira, M. (2019). Análisis de la hidrografía de la ría de Muros y Noia en el período 2006-2018. *Avances en ciencias de la Tierra*, 9: 1-21.
- García-Ordiales, E., Flor-Blanco, G., Roqueñi, N., Covelli, S., Cienfuegos, P., Álvarez, R., Fontolán, G., Loredó, J. (2020). Anthropocene footprint in the Nalón estuarine sediments (Northern Spain). *Marine Geology*, 424: 106-167.
- González -Villanueva, R., Pérez-Arlucea, M., Costas, S., Bao, R., Otero, X.L., Goble, R. (2015). 8000 years of environmental evolution of barrier-lagoon systems emplaced in coastal embayments (NW Iberia). *The Holocene*, 25: 1786-1801.
- Iglesias, G., Carballo, R. (2009). Seasonality of the circulation in the Ria de Muros (NW Spain). *Journal of Marine Systems*, 78: 94-108.
- Jiménez-Esquinas, G., Oubiña Martínez, N. (2022). Las mariscadoras de la ría de Muros-Noia. Patrimonio, paisaje y sostenibilidad social. *Anales de Arqueología y Etnología*, 77: 199-229.
- Macías Vázquez, F., Nieto Olano, C., Verde Vilanova, R., Pérez Llaguno, C., Macías García, F., Tapia del Río, L., Romero Chouzas, D. (2017). *Informe sobre alegaciones relativas a la autorización de vertido del proyecto minero Tungsten-San Finx, S.L.U.* Laboratorio de Tecnología Ambiental, Instituto de Investigaciones Tecnológicas de la Universidad de Santiago de Compostela.
- Mapa Geológico y memoria de la hoja nº119 (Noya). Mapa Geológico de España 1:50.000 (2ª serie) Madrid.IGME.
- Martínez Chamorro, E., Martínez Ruíz, E. (1999) Uso histórico del fuego en los montes gallegos. De las quemadas agroganaderas a los incendios forestales de los últimos treinta años (1966-1996). En Universidad Internacional de Andalucía. *Incendios históricos: una aproximación multidisciplinar*. Baeza, UNIA. pp: 335-363.

- Martínez Cortizas, A., Alberti, A. (1999). *Atlas Climático de Galicia*. Grafisant,S.L, Santiago de Compostela. 210 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: 77-89. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2008.07.012>
- Méndez, G. Vilas, F. (2005). Geological antecedents of the Rias Baixas (Galicia, northwest Iberian Peninsula). *Journal of Marine Systems*, 54: 195, 207.
- Pagés Valcarlos, J.L. (2000). Origen y evolución geomorfológica de las rías atlánticas de Galicia. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 13: 393-403.
- Pérez-Parra,J. (2003). Depuración y reutilización de aguas residuales para riego. *Mejora de la eficiencia en el uso del agua en cultivos protegidos*, 447-470.
- Pritchard, D.W. (1952). Salinity distribution and circulation in the Chesapeake Bay estuary system. *Journal of Marine Research*, 11: 106-123.
- Pritchard, D.W. (1955). Estuarine circulation patterns. *Proc. Am. Soc. Civil Eng*, 81: 717/1717/11.
- Pritchard, D.W. (1967). What is an estuary? Physical point of view. In: Estuaries GH Lauff. Ed. *Am. Assoc. Sci. Pub.*, 83: 3-5.
- Vilas Martín, F. (1982). Las zonas intermareales: algunos mecanismos sobre la información de estructuras sedimentarias intermareales. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 3: 301-314. DOI: <http://hdl.handle.net/2183/5819>
- Villasante Colina, J. (2000). Tipos de contaminación, sus fuentes y efectos en el estuario de la bahía de Santoña. *Monte Buciero*, 5: 211-224.

## 9. PÁXINAS WEB

- AMB Asesores (<http://www.abmasesores.es/> )

Consultado: 15/04/2023

- Anuario de aforos 2018-2019. Estación 1519: Río Tambre en Portomouro (<https://ceh.cedex.es/anuarioaforos/afo/estaf-datos.asp?indroea=1519> )

Consultado: 2/11/2022

-Hotel Park (<http://www.hotelpark.es/hotel.html>)

Consultado: 15/04/2023

-Instituto Galego de Estatística (<https://www.ige.gal/> )

Consultado: 13/11/2022

-Instituto Nacional de Estadística (<https://www.ine.es/> )

Consultado: 13/11/2022

-Intecmar ( <http://www.intecmar.gal/> )

Consultado: 16/05/2023

-Puertos del Estado (<https://www.puertos.es/> )

Consultado: 6/03/2023

-Quereck, arquitectura e ingeniería (<https://quereck.wordpress.com/> )

Consultado: 15/04/2023

-Ricardo Güeto Soñora (Facebook)

([https://www.facebook.com/ricardo.guetosonora.31/?locale=es\\_LA](https://www.facebook.com/ricardo.guetosonora.31/?locale=es_LA) )

Consultado: 15/04/2023

-Sergas (<https://www.sergas.es/> )

Consultado: 6/03/2023

-Unidad de Cultura Científica y de la Innovación: Las plantas ingenieras que construyen las marismas

([https://www.uhu.es/vic.investigacion/ucc/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2624:las-plantas-ingenieras-que-construyen-las-marismas&catid=65:proyectos-investigacion&Itemid=32](https://www.uhu.es/vic.investigacion/ucc/index.php?option=com_content&view=article&id=2624:las-plantas-ingenieras-que-construyen-las-marismas&catid=65:proyectos-investigacion&Itemid=32) )

Consultado: 8/02/2023