



FACULTADE DE XEOGRAFÍA  
E HISTORIA

**TRABAJO FIN DE GRADO EN GEOGRAFÍA Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO.**  
**Departamento de Geografía.**

Curso 2024/2025

**Determinación de parámetros de procesos de descalcificación en dunas del HIC 2150**  
**“Dunas descalcificadas Atlánticas (*Calluno – Ulicetea*)**

Sara Lema Iglesias

Tutor: Ramón Blanco Chao

Co-tutora: Manuela Costas Casais

## Resumen.

Este trabajo tiene como objetivo evaluar la existencia y caracterización de procesos de descalcificación en sistemas dunares costeros de Galicia, con el fin de valorar si podrían incluirse dentro del Hábitat de Interés Comunitario HIC 2150 “Dunas descalcificadas atlánticas (*Calluno – Ulicetea*)”, recogido en la Directiva Hábitats (92/43/CEE). Se seleccionaron tres áreas de estudio (Barra del Anllóns, Monte Blanco y Playa de Seiras), donde se recogieron muestras de sedimento y se caracterizó la vegetación. Los análisis sedimentológicos incluyeron granulometría, contenido en carbonatos biogénicos, materia orgánica y pH, con el objetivo de identificar indicios de descalcificación del suelo.

Los resultados muestran que algunos puntos presentan características compatibles con el HIC 2150, como bajos niveles de carbonato cálcico (<2 %), valores bajos de pH y mayor contenido en materia orgánica, indicadores de procesos de descalcificación y fitoestabilización. Sin embargo, debido al alto contenido original de carbonatos de estas dunas, se considera que los valores de referencia utilizados en otros contextos europeos no pueden aplicarse directamente al caso gallego. Por otra parte, no se han identificado especies vegetales que puedan a priori servir de indicadoras de la presencia de sedimento eólico descalcificado. Por tanto, para poder identificar este hábitat con mayor precisión, resulta necesario analizar conjuntamente las características del sedimento, mediante la toma y análisis de muestras, y de la vegetación, teniendo en cuenta las particularidades del entorno local.

Palabras clave. Directiva Hábitats; HIC 2150; dunas descalcificadas; fitoestabilización; carbonatos biogénicos.

## Resumo.

Este traballo ten como obxectivo avaliar a existencia e caracterización de procesos de descalcificación en sistemas dunares costeiros de Galicia, co fin de valorar se poderían incluírse dentro do Hábitat de Interese Comunitario HIC 2150 “Dunas descalcificadas atlánticas (*Calluno – Ulicetea*)”, recollido na Directiva Hábitats (92/43/CEE). Seleccionáronse tres áreas de estudo (Barra do Anllóns, Monte Branco e Praia de Seiras), onde se recolleron mostras de sedimento e se caracterizou a vexetación. As análises edáficas incluíron granulometría, contido en carbonatos, materia orgánica e pH, co obxectivo de identificar indicios de descalcificación do solo.

Os resultados mostran que algúns puntos presentan características compatibles co HIC 2150, como baixos niveis de carbonato cálcico (<2 %), valores máis ácidos de pH e maior contido en materia orgánica, indicadores de procesos de descalcificación e fitoestabilización. Porén, debido ao alto contido orixinal de carbonatos destas dunas, considérase que os valores de referencia empregados noutros contextos europeos non poden aplicarse directamente ao caso galego. Por outra parte, non identificáronse especies vexetais que podan a priori servir de indicadores da presenza de sedimento eólico descalcificado. Polo tanto, para poder identificar este hábitat con maior precisión, resulta necesario analizar conxuntamente as características do sedimento, mediante a toma e análise de mostras, e de vexetación, tendo en conta as particularidades do entorno local.

Palabras chave. Directiva Hábitats; HIC 2150; dunas descalcificadas; fitoestabilización; carbonatos bioxénicos.

**Abstract.**

This study aims to assess the presence and characteristics of decalcification processes in coastal dune systems of Galicia, in order to determine whether they could be classified within the Habitat of Community Interest HIC 2150 “Atlantic decalcified fixed dunes (*Calluno – Ulicetea*)”, as defined in the Habitats Directive (92/43/EEC). Three study areas were selected (Barra del Anllóns, Monte Blanco, and Playa de Seiras), where sediment samples were collected and the vegetation was characterized. Soil analyses included grain size distribution, carbonate content, organic matter, and pH, with the goal of identifying signs of decalcification.

The results show that some sampling points exhibit features consistent with HIC 2150, such as low calcium carbonate levels (<2%), more acidic pH values, and higher organic matter content—indicators of soil decalcification and phytostabilization processes. However, due to the naturally high initial carbonate content of these dunes, the threshold values used in other European contexts may not be directly applicable to Galicia. Therefore, a more accurate identification of this habitat requires a combined analysis of both soil properties and vegetation, taking into account the specific environmental conditions of the study area.

Keywords. Habitats Directive; HIC 2150; decalcified dunes; phytostabilization; biogenic carbonates.

## Índice.

1. Introducción.....	6
2. Área de estudio.....	15
3. Metodología.....	20
4. Resultados.....	29
4.1. Caracterización de la vegetación.....	31
4.2. Parámetros sedimentológicos.....	35
5. Discusión.....	37
6. Conclusiones.....	39
7. Referencias bibliográficas.....	41
Anexo I. Tablas de vegetación del Monte Blanco.....	42
Anexo II. Tablas de vegetación de la barra del Anllóns.....	44
Anexo III. Tabla de resultados de los parámetros sedimentológicos.....	45

## **1. Introducción.**

La Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, conocida como Directiva Hábitats, establece un marco legislativo para la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestre en el ámbito europeo. Su objetivo fundamental es proteger las especies silvestres y sus hábitats, contribuyendo a la conservación de la biodiversidad a través de la creación de una red ecológica y de un régimen jurídico de protección. Esta directiva integra alrededor de 200 tipos de hábitats, más de 300 especies animales y cerca de 600 especies vegetales (Directiva Hábitats, 1992).

Cada miembro de la Unión Europea tiene obligación de identificar y designar sus propias Zonas Especiales de Conservación (ZEC), así como desenvolver planes de gestión que aseguren la conservación efectiva de estos espacios. Estos planes también permiten la compatibilización de las actividades económicas y sociales con la protección del medio natural. Para tal fin, se crea la Red Natura 2000, una red ecológica que engloba tanto las ZEC designadas por la Directiva Hábitats como las Zonas de Protección Especial establecidas por la Directiva Aves.

La Directiva define “conservación” como el conjunto de medidas necesarias para mantener o restablecer los hábitats naturales y las poblaciones de especies en un estado favorable. Además, entiende por “hábitat natural” aquellas zonas terrestres o acuáticas diferenciadas por sus características geográficas, abióticas y bióticas, ya sean enteramente naturales o semi – naturales.

Con todo, un hábitat natural de interés comunitario es aquel que está amenazado de desaparición en su área de distribución natural, que presenta una distribución reducida como consecuencia de su regresión o que represente un ejemplo característico de una o varias de las cinco regiones biogeográficas europeas: alpina, atlántica, continental, macaronésica y mediterránea.

Los hábitats dunares costeros representan uno de los hábitats más dinámicos y frágiles del litoral atlántico europeo. Estas formaciones sedimentarias se originan

principalmente por la acumulación de arena transportada por la dinámica eólica. Desde una perspectiva cuantitativa, existe controversia sobre cuál es el límite inferior que permite diferenciar un *ripple* de una duna propiamente dicha. Autores como Bagnold (1941) consideran que las dunas presentan de 4 a 6 m de longitud, mientras que Wilson (1972) las define con longitudes entre 3 y 600 m de largo. Por su parte, Warren & Allison (1998) simplifican esta clasificación al considerar dunas aquellas acumulaciones con una longitud de onda superior a 1 m (Sanjuame Saumell y Garcia Prieto, 2011).

Los complejos dunares costeros más desarrollados se encuentran en áreas que reúnen ciertos requisitos: fuerte suministro de material, transporte litoral libre, intensos vientos marinos de mar a tierra, zona con amplio rango de mareas y playas con poca pendiente. El suministro de material depende de factores como la anchura y profundidad de la plataforma continental, pendiente y condiciones sedimentarias de los fondos de la playa sumergida, la presencia de arena y pendientes suaves facilita la deposición de arena por parte de las olas, así como la presencia de acantilados arenosos que, al ser erosionados por el oleaje, aportan arena a las playas colindantes.

Las dunas se forman cuando el volumen de arena que entra en el sistema sedimentario supere al que sale, permitiendo que el viento transporte el exceso de sedimento y lo deposite según su intensidad y dirección. La influencia del mar es notable en la formación de sistemas dunares, ya que controla el balance sedimentario mediante el transporte realizado por las olas, corrientes y mareas. Además, parámetros como la altura, longitud y periodo de las olas depende de la intensidad del viento, la duración de su acción y la extensión del *fetch*. Las playas más expuestas a mar abierto, afectadas por fuertes vientos y temporales de energía moderada, son las más propicias para el desarrollo de grandes dunas (Sanjuame Saumell y Garcia Prieto, 2011). En cuanto a los factores que controlan el desarrollo de las dunas litorales, destacan la intensidad y dirección del viento, la disponibilidad de arena, la topografía, la humedad y la presencia

de vegetación. Estos elementos interactúan de manera compleja, determinando la morfología y dinámica de los sistemas dunares.

La dinámica eólica desempeña un papel fundamental en la formación y evolución de los sistemas dunares costeros. La velocidad del viento y su capacidad para transportar arena determinan las condiciones de flujo necesarias para el inicio del movimiento de las partículas. Existe una velocidad umbral, conocida como velocidad de inicio de movimiento, que debe superarse para que las partículas de arena comiencen a desplazarse. Este umbral aumenta con el tamaño y la densidad de las partículas y disminuye al aumentar la densidad del aire. Una vez superado este umbral, el transporte de arena se produce mediante tres mecanismos principales:

- Saltación: las partículas de arena son levantadas por el viento y describen trayectorias en forma de arco antes de impactar nuevamente en la superficie, provocando el levantamiento de otras partículas.
- Reptación: las partículas más grandes o pesadas se desplazan rodando o deslizándose por la superficie, impulsadas por el impacto de otras partículas en movimiento.
- Suspensión: las partículas más finas son levantadas y transportadas por el viento a mayores alturas y distancias, permaneciendo en el aire durante periodos prolongados.

La sedimentación de la arena ocurre cuando el flujo de aire está saturado de partículas, cuando el viento cambia de dirección o cuando disminuye su intensidad. Las dunas no crecen indefinidamente, con flujos de viento y suministros de arena constantes, alcanzan una forma de equilibrio en la que la cantidad de arena que entra es igual a la que sale, formando nuevas alineaciones dunares detrás de la duna principal.

La vegetación desempeña un papel crucial en el crecimiento y estabilización de las dunas costeras, Por un lado, introduce una rugosidad adicional a la superficie, lo que reduce la velocidad del viento y su capacidad de transporte. Por otro lado, las plantas interceptan

los granos en saltación y actúan como una superficie blanda que absorbe una gran cantidad de partículas. El crecimiento vertical de las dunas está relacionado con la tolerancia de las especies pioneras al enterramiento. Estas especies, adaptadas a las condiciones del ambiente dunar, se organizan en franjas paralelas al límite playa – duna que se estabilizan conforme se alejan de la influencia marina (Figura 1). Cerca de la orilla del mar se localizan las dunas embrionarias, casi desprovistas de vegetación. Más alejadas se forman dunas primarias (*foredunes*) y secundarias, mucho más estabilizadas, que finalmente conducen hacia el interior a la formación de dunas totalmente fijadas por la vegetación. Cabe destacar, que las plantas pioneras responsables del inicio de la mayor parte de las dunas embrionarias se caracterizan por su elevada tolerancia a la sal y al enterramiento de arena. Desarrollan un sistema de raíces muy amplio tanto horizontal como verticalmente, lo que les permite fijar eficazmente las arenas móviles y facilitar el desarrollo de una sucesión vegetal.

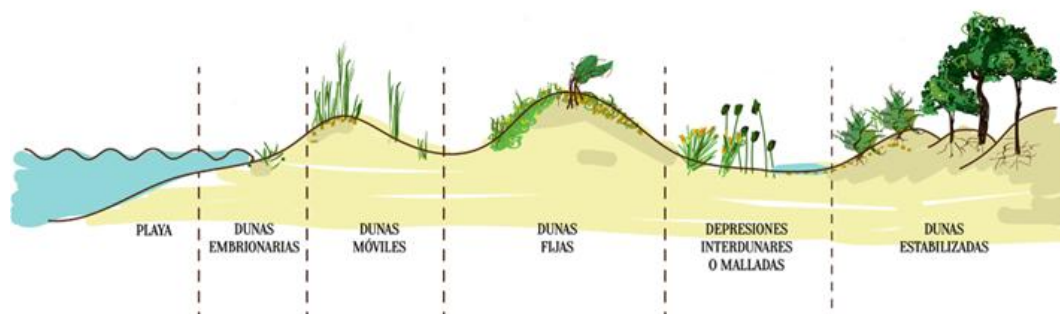


Figura 1. Transepto típico de un sistema dunar.

Fuente: <https://ecosistemalitoral.dival.es/index.php/es/los-sistemas-dunares/>

Los factores que controlan el equilibrio morfológico de las dunas son diversos. Según Lancaster (1985) los más importantes son la disponibilidad de suministro arenoso y las características del régimen de vientos, aunque factores como el tamaño de grano, la clasificación del sedimento y la cobertura vegetal también resultan significantes a escala local. En cuanto a su estructura interna, todas las dunas litorales transversales presentan

una geometría interna muy característica. Las acumulaciones dunares litorales se generan en la parte más alta de la playa emergida (parte interna del *backshore*), donde los temporales de olas apenas erosionan la franja externa del campo dunar. El proceso de acumulación comienza cuando el flujo de arena transportada por el aire encuentra un obstáculo. Si este obstáculo es impermeable, se forma una zona de fuerte turbulencia frente a él, contra la que los granos de arena rebotan y terminan depositándose donde las corrientes de aire pierden fuerza, a cierta distancia delante del obstáculo. Por lo contrario, si el obstáculo es permeable, como la vegetación, la arena se deposita detrás, ya que las corrientes de aire que contornean el obstáculo carecen de fuerza suficiente para generar remolinos, permitiendo que los sedimentos atraviesen la vegetación y se acumulen.

En los sistemas litorales, las formas dunares embrionarias están en constante movimiento y reconstrucción, creciendo al mismo ritmo que la vegetación que las sostiene. Junto con la acción del viento, la vegetación cumple una función clave en la génesis, crecimiento y estabilización de las dunas, principalmente en el desarrollo de la duna delantera o *foredune*. Aunque las dunas costeras comparten muchos rasgos con las dunas desérticas, en varios aspectos resultan considerablemente más complejas. En las zonas litorales, incluso las depresiones interdunares pueden estar colonizadas por vegetación. Su desarrollo, desde las formas embrionarias hasta las más estabilizadas, depende de numerosos factores: la disponibilidad de arena, densidad de la cobertura vegetal, tipo de vegetación, tasas de deflación y acumulación eólica.

Los sistemas dunares muestran una alta vulnerabilidad frente a los cambios ambientales y a la interferencia de la actividad humana, más allá de los aspectos bióticos, principalmente de carácter botánico, o de la influencia directa del ser humano, los factores que condicionan el desarrollo y la dinámica de estos sistemas son de naturaleza oceanográfica, eólica y morfosedimentaria.

La conexión eólica entre la playa y la duna se establece sobre superficies de playa predominantemente arenosas, donde en la zona alta los aportes eólicos forman dunas

embrionarias en continuo crecimiento. Este proceso se ve favorecido por la presencia de vegetación en la ladera de barlovento de la duna delantera, que actúa como superficie de captura de sedimento. Las propias dunas, a su vez, funcionan como fuente secundaria de suministro arenoso cuando son erosionadas por el viento, generando calderas de abrasión o *blowouts*. La presencia y proliferación de estos *blowouts* fragmentan el sistema dunar y lo vuelven más vulnerable, siendo indicativos de un predominio de pérdida de arena frente al aporte.

Las características y tipo de playa condicionan directamente la cantidad de arena susceptible de ser transportada por el viento, el tamaño de grano disponible, la facilidad con el que el viento puede remover los sedimentos (mayor en playas de pendiente suave) y la capacidad de disipación de energía del oleaje (más eficaz cuando la playa presenta barras submareales). Estas barra intermareales y submareales constituyen la mejor defensa natural de las playas frente al impacto de oleajes de alta energía. Además, la movilización del sedimento de las barras por efecto del oleaje de mar de fondo facilita el transporte de arena hacia la playa, alimentando así el sistema dunar. Las playas disipativas, caracterizadas por pendientes suaves y arenas finas, reúnen todas las condiciones que favorecen la formación y protección de dunas. Por el contrario, las playas reflectivas, con pendientes pronunciadas y grano medio – grueso, resultan poco favorables para el desarrollo de complejos dunares costeros bien estructurados (Sanjuame Saumell y García Prieto, 2011).

No obstante, la tendencia a medio plazo del sistema playa – duna condiciona el futuro de los complejos dunares. Por ello, resulta fundamental analizar la tendencia costera, el avance o retroceso en los últimos años, así como la evolución de los aportes sedimentarios a la playa. Por lo que su conservación y estudio de los sistemas dunares resultan fundamentales tanto por su valor ecológico como por el papel que desempeñan en la protección frente a la erosión costera y el cambio climático. En ese contexto, se enmarca la Directiva 92/43/CEE, conocida como Directiva Hábitats.

En el marco de la Directiva Hábitats, se reconocen siete tipos de hábitats dunares de interés comunitario presentes en Galicia. Entre ellos destacan las “Dunas móviles embrionarias” (HIC 2110) se trata de la primera banda de vegetación colonizadora; “Dunas móviles con *Ammophila arenaria* o dunas blancas” (HIC 2120), dunas secundarias carentes de suelo estructurado y las “Dunas costeras fijas con vegetación herbácea”, también conocidas como dunas grises (HIC 2130), se trata de la tercera banda de dunas, donde el viento disminuye y permite la acumulación de materia orgánica. A estos se le suman las “Dunas fijas descalcificadas atlánticas *Calluno – Ulicetea*” (HIC 2150), tratadas en este trabajo; las “Depresiones intradunares húmedas” (HIC 2190), en las que aflora el nivel del agua subterránea con especies acuáticas; las “Dunas con céspedes de *Malcomietalia*” (HIC 2230), comunidades vegetales anuales que se desarrollan sobre sustratos sueltos y las “Dunas con vegetación esclerófila de *Cisto – Lavanduletalia*” (HIC 2260), comprende los matorrales de los cordones dunares más estabilizados.

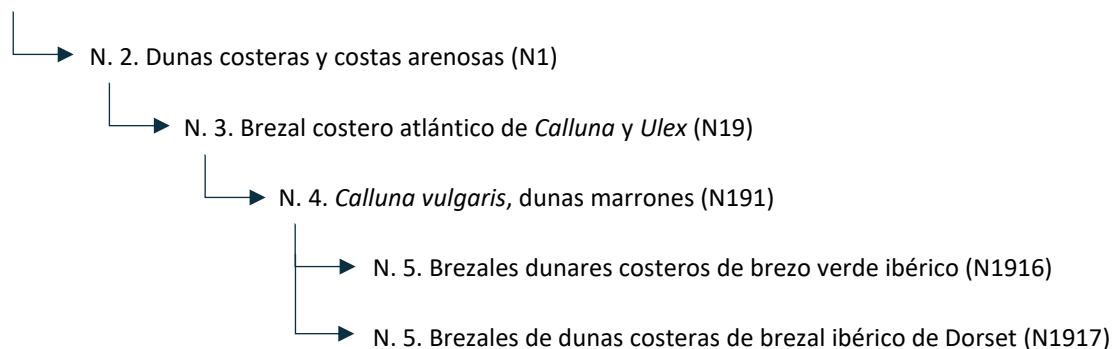
Entre los hábitats de interés comunitario recogidos en esta directiva se encuentra el HIC 2150 “Dunas descalcificadas atlánticas (*Calluno – Ulicetea*)”, cuya presencia en Galicia aún no ha sido confirmada de forma definitiva. A diferencia del hábitat HIC 2130 “Dunas costeras fijas con vegetación herbácea”, donde los procesos edáficos son incipientes y con escaso contenido en materia orgánica. El HIC 2150 se caracteriza por la presencia de procesos de descalcificación, asociados al lavado de carbonatos biogénicos y a una mayor acidificación del suelo. Esta transformación edáfica da lugar a horizontes más desarrollados y ricos en materia orgánica, lo que constituye una clara diferenciación entre ambos tipos de hábitats.

Por otra parte, según el Manual de Interpretación de los Hábitats de la Unión Europea (2013), las dunas descalcificadas se caracterizan por estar colonizadas por diferentes tipos de brezales según la región donde se encuentren. En Francia, Bélgica y Gran Bretaña predominan las comunidades vegetales de las alianzas *Calluno – Genistion* o *Ulicion minoris*, mientras que en la Península Ibérica estas dunas están dominadas por

brezales de la alianza *Ericion umbellatae*. Entre las especies vegetales características de este hábitat se encuentran *Calluna vulgaris*, *Carex arenaria*, *Carex trinervis*, *Erica ciliaris*, *Erica cinerea*, *Erica scoparia* y *Ulex australis* entre otras.

Cabe destacar también el Sistema Europeo de Información sobre la Naturaleza (EUNIS según las siglas en inglés), una base de datos gestionada por la Agencia Europea del Medio Ambiente que recoge información sobre especies, tipos de hábitats y lugares protegidos en el marco de la Red Natura 2000. En esta clasificación, los hábitats se definen como la combinación de comunidades vegetales y animales características junto con los factores abióticos que actúan conjuntamente sobre una escala determinada. Según esta clasificación, el hábitat con el código N191 incluye brezales dominados por especies como *Erica*, *Calluna* y *Ulex*, que colonizan dunas descalcificadas en regiones como Francia, la Península Ibérica, Gran Bretaña, la costa báltica y Escandinavia (European Environment Agency, s.f.). Dentro de este grupo se encuentran subniveles más específicos como el N1916 “Brezales dunares costeros de brezo verde ibérico” y el N1917 “Brezales de dunas costeras de brezal ibérico de Dorset”.

Nivel 1. Hábitats costeros (N)



La identificación del HIC 2150 presenta dos principales dificultades. La primera se relaciona con la ausencia de un bioindicador vegetal exclusivo de este tipo de hábitat. Aunque la vegetación característica, los matorrales del grupo *Calluno – Ulicetea* se desarrollan sobre depósitos eólicos que han perdido parte de su contenido en carbonato cálcico (CaCO<sub>3</sub>), también pueden aparecer sobre otros tipos de sustratos edáficos, por lo que complica una delimitación precisa.

La segunda dificultad en la identificación del HIC 2150 está relacionada con el propio concepto de “duna descalcificada”, presente de forma explícita en su denominación oficial. Provoost et al. (2004) definen este proceso como la pérdida de carbonatos biogénicos en los sedimentos, consecuencia de procesos de edafización en dunas estabilizadas. Esta disolución se produce por la liberación de ácidos húmicos en los horizontes superficiales del suelo. El contenido en  $\text{CaCO}_3$  de estos sedimentos eólicos depende principalmente de la proporción de material biogénico procedente del área fuente. Este contenido puede alterarse localmente por factores como la acumulación de gasterópodos terrestres o la removilización del sedimento por la actividad de la fauna.

Desde otra perspectiva, García y Muñoz (2009) asocian la descalcificación al lavado (lixiviado) progresivo del carbonato, lo que favorece una evolución del suelo hacia condiciones más ácidas. Sin embargo, el Manual de Interpretación de Hábitats no establece valores de referencia ni una metodología específica para analizar el contenido carbonatado, lo que dificulta la delimitación precisa de este hábitat en el campo. Por ello, se hace imprescindible recurrir a análisis edáficos de campo que permitan confirmar si un sustrato puede considerarse o no descalcificado.

En estudios realizados en otras regiones costeras de Europa, se consideran suelos ricos en carbonatos aquellos, desarrollados sobre dunas, con un contenido de  $\text{CaCO}_3$  superior al 1%, parcialmente descalcificados entre 0.3 y 1 %, y completamente descalcificados cuando el valor desciende por debajo del 0.3 % (Rozema et al., 1985). En el caso de Galicia, Otero et al. (2023) adoptan este mismo umbral para identificar niveles eólicos descalcificados. Además, estos autores relacionan la escasa presencia del HIC 2150 en el litoral gallego con la toxicidad que provocan en *Calluna vulgaris*, especie indicadora de este hábitat, los suelos con contenidos superiores al 0.3 % de  $\text{CaCO}_3$ , elevadas concentraciones de iones  $\text{Ca}^{2+}$  y valores de pH alcalinos (entre 7 y 9).

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la existencia y caracterización de los procesos de descalcificación en sistemas dunares gallegos, con el fin de valorar si pueden ser considerados como representantes del HIC 2150. Para ello, se han analizado

muestras procedentes de la Playa de Seiras, el Monte Branco y la Barra do Anllóns, estas últimas zonas poseen una amplia información sobre la cronología de su fitoestabilización. Mediante una combinación de técnicas de laboratorio, como la determinación de carbonatos biogénicos por ataque con HCl, la medición de pH, la granulometría y el análisis de la pérdida de materia orgánica por ignición (LOI), se busca establecer parámetros cuantificables que permitan comparar estos sistemas con los criterios establecidos por la Directiva Hábitats.

## 2. Área de estudio.

El área de estudio de este trabajo se localiza principalmente en dos sectores de la costa atlántica gallega. La primera corresponde al estuario del río Anllóns, en el término municipal de Ponteceso (A Coruña), donde se localiza un complejo sedimentario dinámico que constituye el sistema de desembocadura del río (Figura 2). Este complejo está formado por una barra arenosa de alta movilidad que cierra el estuario, cuya zona interior alberga un sistema dunas con distintos grados de estabilización, desde dunas embrionarias hasta dunas secundarias, reflejo de los procesos de evolución costera producidos desde mediados del siglo XX.

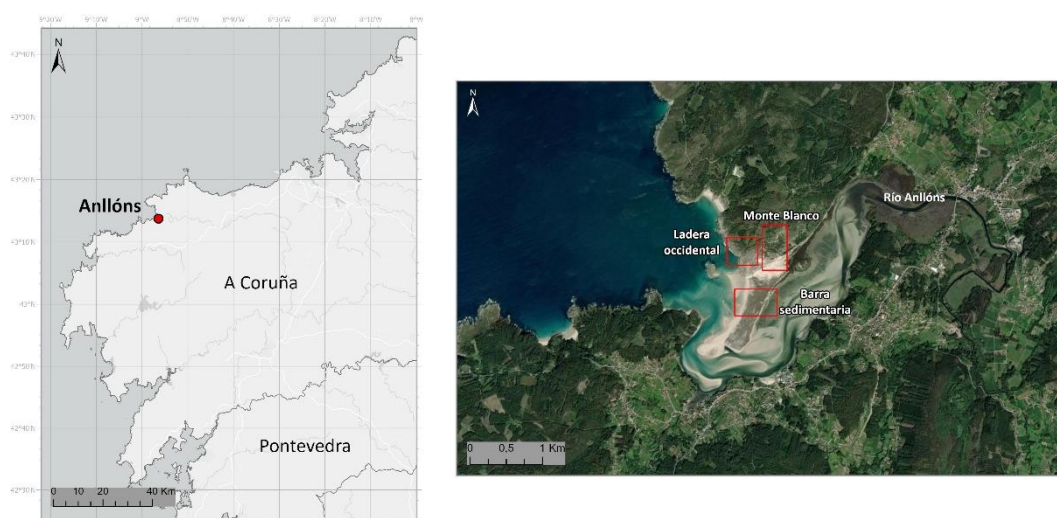


Figura 2. Localización del área de estudio en la Barra del Anllóns y el Monte Blanco.

La barra del Anllóns ha experimentado una evolución morfológica significativa a lo largo del último siglo, marcada por procesos de migración, estabilización y colonización vegetal. Esta evolución se ha podido analizar gracias al análisis de imágenes áreas de 1956 y 1985, imágenes satelitales de Landsat del año 1994, así como una serie de ortofotos del Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC) y del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), entre 2003 y 2023 (Figura 3).

En 1956 se observa la máxima extensión de la barra, con el canal principal de desembocadura situado en el sector sur del sistema. Ya en esta fecha se aprecia un principio de erosión en el flanco interior de la barra, así como una escasa cobertura vegetal, a excepción de una pequeña zona en el sector interno al NE. En 1985 se documenta un acortamiento evidente de la barra, resultado de la migración hacia el norte del canal principal, mientras que la superficie de dunas vegetadas aumenta ligeramente hacia el oeste, aunque también se verifica la desaparición de un pequeño sector de la zona vegetada en 1956 a causa de la migración hacia el norte del canal. En la imagen satelital de 1994 se aprecia como, tras un periodo de crecimiento de la flecha hacia el SO adoptando una configuración muy estrecha, a causa de un temporal, la barra queda dividida en dos sectores bien diferenciados. Tras este evento, se llevaron a cabo trabajos de aporte de áridos y regeneración de la flecha por parte de la empresa TRAGSA. En la ortofoto del SIGPAC de 2003 se observan con claridad los trabajos de aporte de áridos destinados a ampliar y estabilizar la barra. Desde entonces y hasta 2023 se registra una estabilización de la superficie de la barra y sobre todo un proceso continuo de fitoestabilización de las dunas.

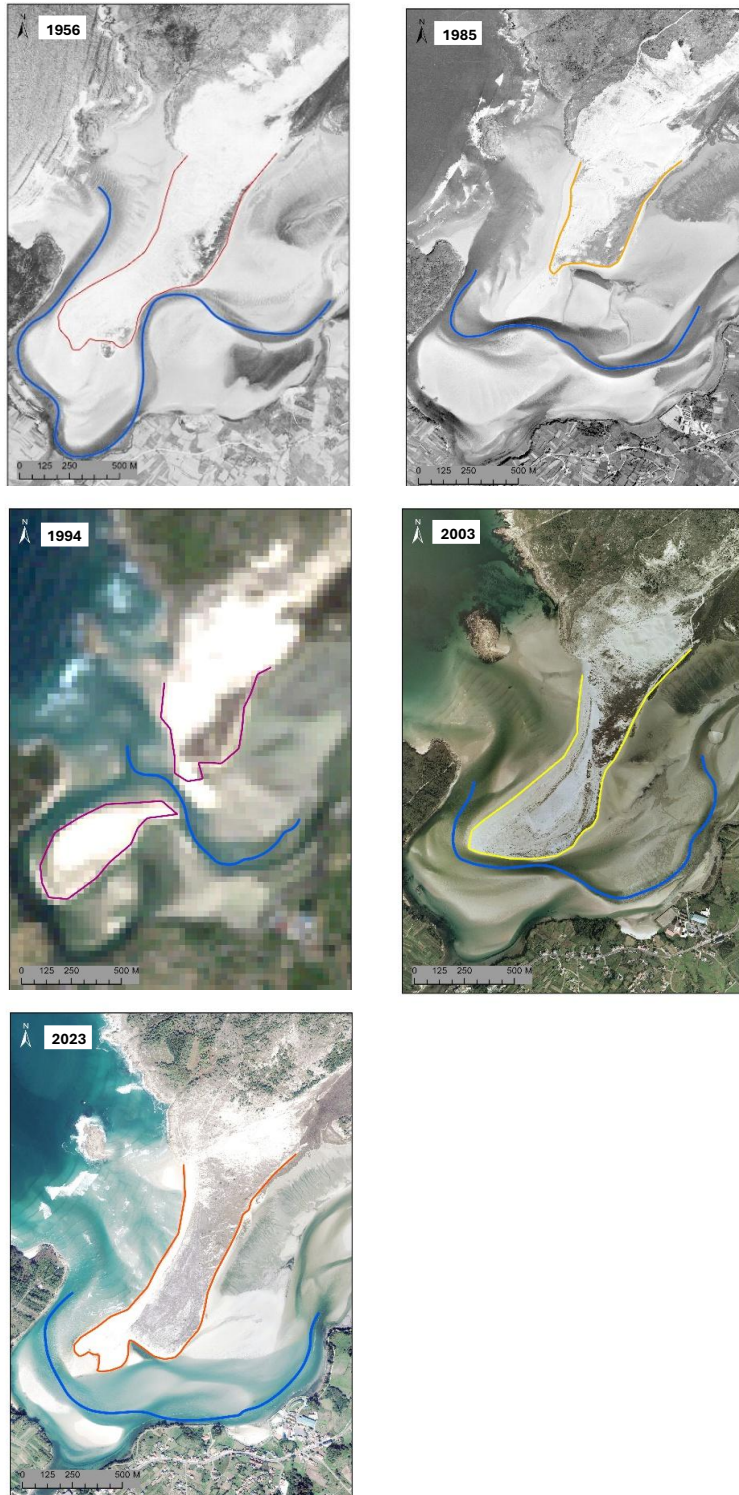


Figura 3. Evolución de la barra del Anllóns y el canal de desembocadura mediante las imágenes aéreas.

En el extremo septentrional, la barra se encuentra anclada a tierra por la formación del Monte Blanco, una elevación de 190 m de altitud. En su vertiente más próxima a la barra y con una orientación hacia el sureste, se desarrollan dunas remontantes que alcanzan cotas de hasta 80 – 100 metros, conformando un paisaje singular donde se combinan procesos eólicos y edafogénicos. Entre la barra y las laderas se ha conformado un amplio pasillo de deflación (Figura 4), el único sector en el que se ha mantenido una alta actividad eólica hasta el presente. En las zonas más altas del monte, ya desde 1956 se observa una cobertura vegetal densa y continua (Figura 5), que se ha ido extendiendo progresivamente hacia cotas más bajas. En el fotograma de 1985 se observa como en algunas de las zonas altas existe alguna actividad eólica que afecta al grado de cubrimiento vegetal. Ya a partir de 2003 se aprecia un incremento generalizado de la cobertura, con la aparición destacada del pino marítimo (*Pinus pinaster*), procedente de las repoblaciones cercanas llevadas a cabo durante la segunda mitad del siglo XX.



Figura 4. Vista de la zona de deflación entre el Monte Blanco y la barra del Anllóns.



*Figura 5. Vista de la densa cubierta vegetal de la parte alta del Monte Blanco.*

La segunda zona de estudio se sitúa en el margen sur de la ría de Muros e Noia, en las playas de Seiras y Porto Nadelas (Figura 6). En este caso, el depósito eólico forma un manto arenoso que cubre pequeños relieves graníticos de escasa altura. Estas dunas presentan un alto grado de alteración, especialmente en el sector sur de Porto Nadelas, donde se observan importantes transformaciones morfológicas derivadas de la acción antrópica. En 1956, la ortofoto muestra que la zona dunar al NE carecía prácticamente de vegetación. Sin embargo, a partir de 2003 ya se observa una cobertura vegetal notable. Por el contrario, la parte suroeste de la playa de Porto Nadelas mantiene una cubierta constante en todas las ortofotos analizadas, aunque es posible que en 1956 estuviera asociada a antiguos usos agrícolas.

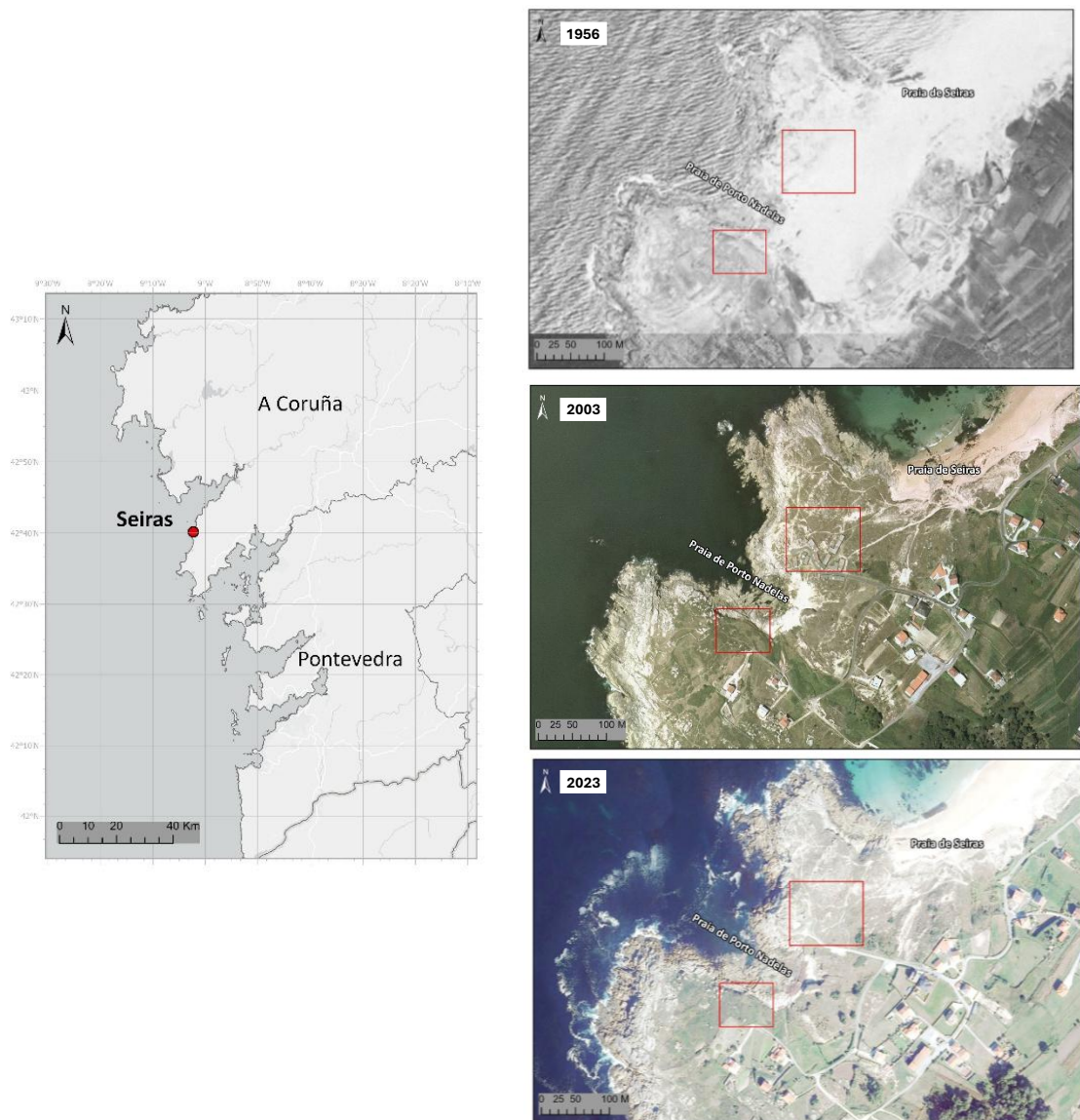


Figura 6. Localización del área de estudio en la Playa de Seiras y Porto Nadelas y su evolución a través de las imágenes aéreas.

### 3. Metodología.

Se establecieron un total de 17 puntos de muestreo (Figura 7 y 8), en los que se recogieron muestras tanto superficiales como a distintas profundidades, en función de la potencia y las características del sedimento. Igualmente se identificaron las principales especies vegetales. Cada punto de muestreo se posicionó mediante un receptor GNSS Stonex A700. En la Barra del Anllóns se seleccionaron tres puntos

principales (BAN-1, BAN-2 y BAN-3), elegidos en base a la antigüedad de su formación, determinada mediante el análisis de imágenes aéreas, ortofotos del SIGPAC y PNOA. Además, se obtuvieron dos muestras, de control, superficiales adicionales en la playa actual (BAN-4 y BAN-5).

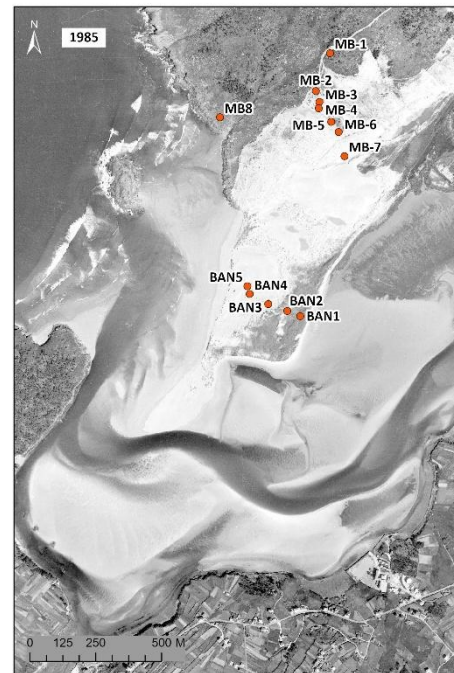
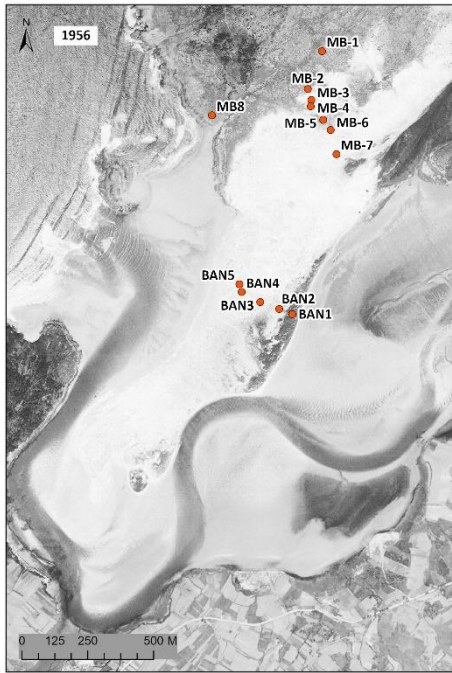




Figura 7. Localización de los puntos de muestreo en las diferentes ortofotos analizadas.

En el Monte Blanco se seleccionaron ocho localizaciones. Seis de ellas (MB-1 a MB-6) se distribuyen en diferentes cotas de la ladera ocupada por la duna remontante, en zonas con presencia de especies características de la asociación *Calluno – Ulicetea*. Otra muestra (MB-7) se tomó en la zona de deflación eólica, ubicada en el extremo noreste de la Barra y que se empleará como punto de control del contenido potencial en carbonatos biogénicos. Finalmente, la octava localización (MB-8) se sitúa en la ladera occidental, sobre un suelo aparentemente desarrollado sobre sedimento eólico, sin rasgos dunares evidentes, cubierto por vegetación herbácea y matorral dominado también por *Calluno – Ulicetea*.

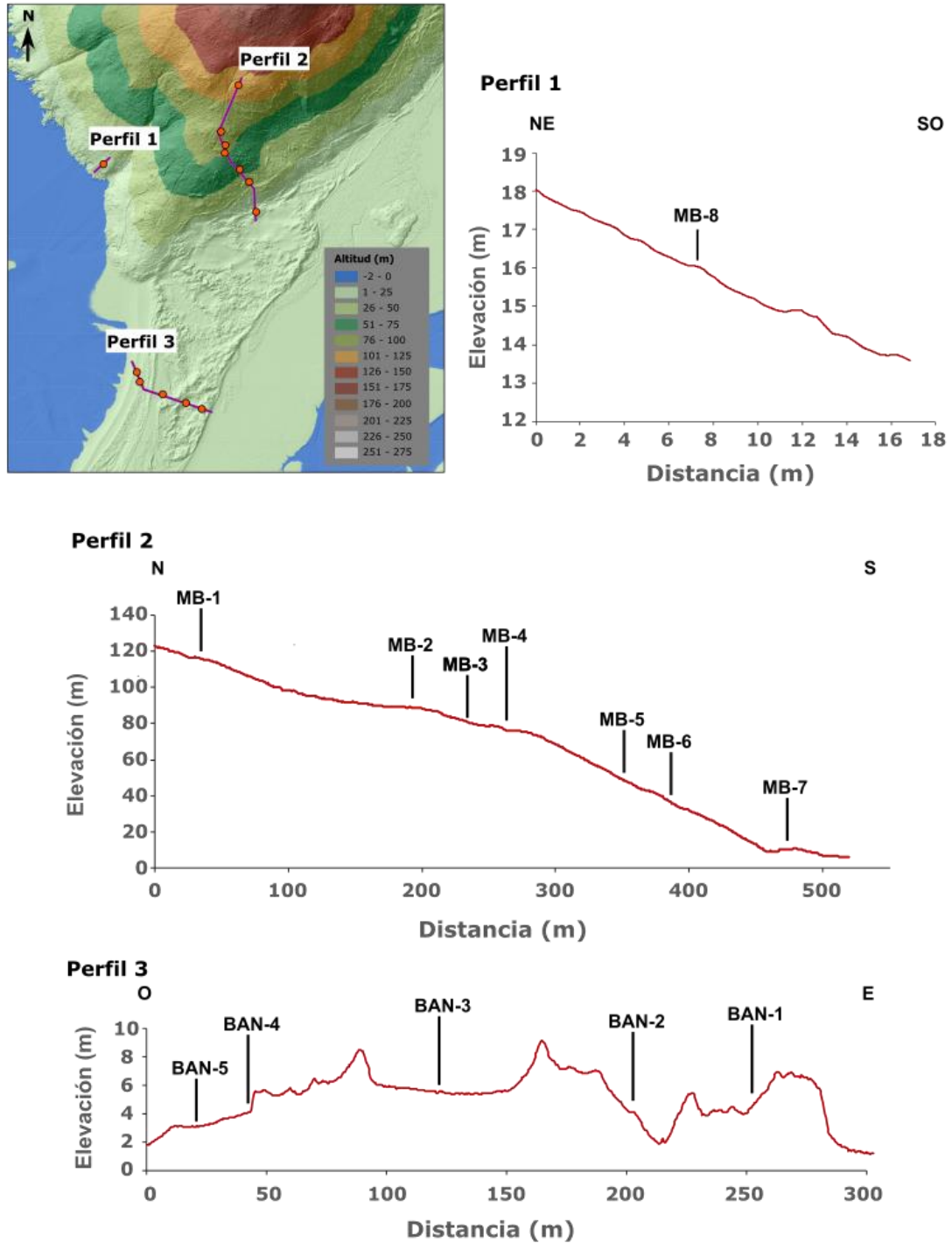


Figura 8. Perfiles topográficos de los transectos muestreados en el Monte Blanco y la Barra del Anllóns.

En el sector de Seiras se seleccionaron tres puntos: dos (SEIRA-1 y SEIRA-2) ubicados en el sistema dunar que conecta las playas de Seiras y porto Nadelas, y uno más (SEIRA-3) en la ladera situada al sur – suroeste de Porto Nadelas (Figura 9 y 10). Con una vegetación dominante que corresponde a antiguos terrenos de cultivo actualmente abandonadas, con presencia tanto de especies de *Calluno – Ulicetea* como de comunidades propias de sistemas dunares.



Figura 9. Localización de los puntos de muestreo en las diferentes ortofotos analizadas.

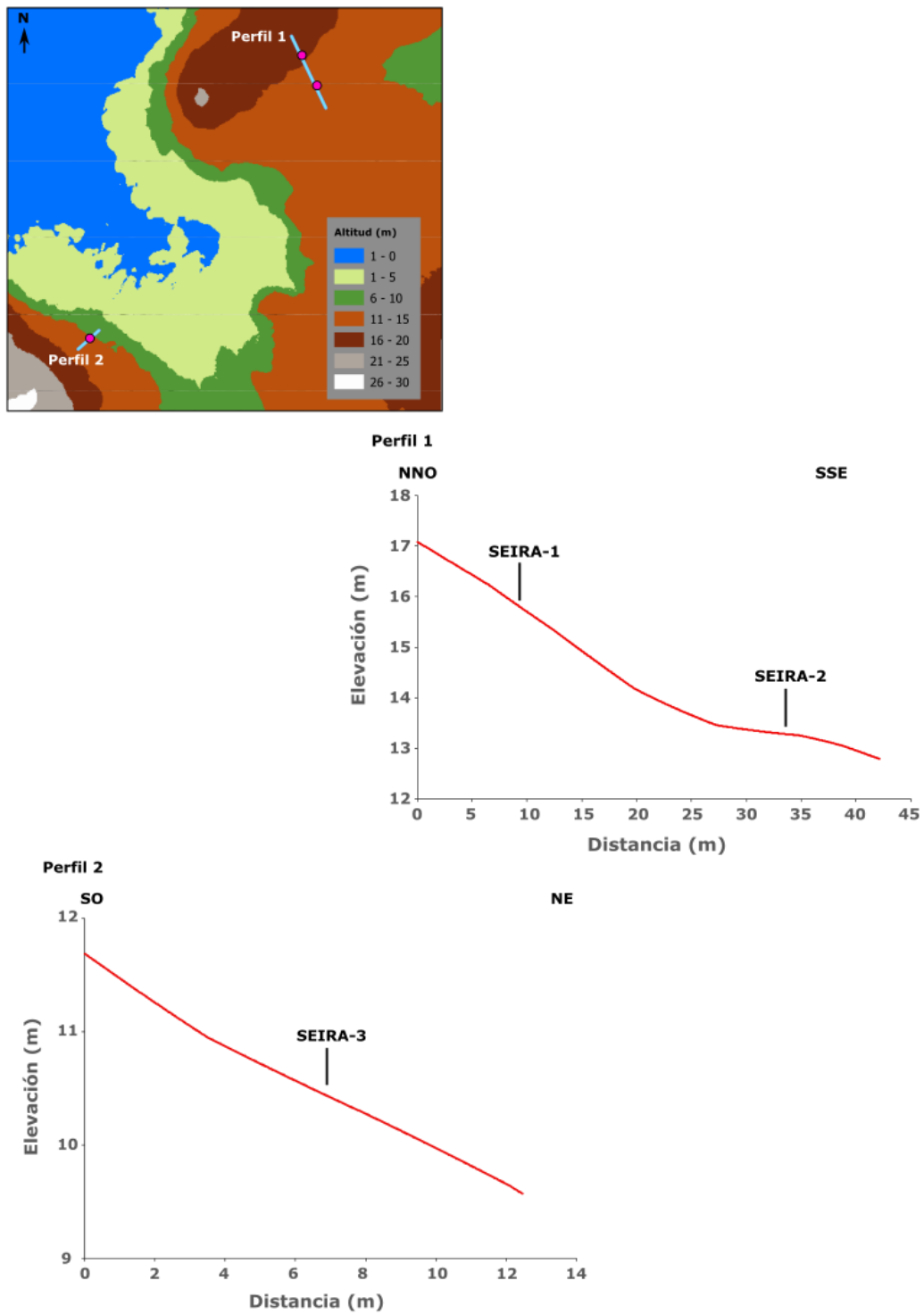


Figura 10. Perfiles topográficos de los puntos de muestreo entre Porto Nadelas y la playa de Seiras.

A partir de las muestras recogidas, se determinaron una serie de parámetros con el objetivo de evaluar la evolución de los sedimentos y su posible relación con procesos de descalcificación. En concreto, se analizaron: la granulometría, el contenido en carbonatos biogénicos, el contenido en materia orgánica y el pH. El análisis granulométrico permitió caracterizar la textura y el origen del sedimento, así como comprobar si presentaba rasgos propios de depósitos eólicos. Por su parte, la cuantificación de los carbonatos biogénicos fue clave para valorar el grado de descalcificación del sustrato. Asimismo, se determinó el contenido en materia orgánica, dado que su acumulación está asociada a procesos de fitoestabilización y evolución edáfica. Finalmente, se midió el pH para detectar posibles tendencias hacia la acidificación, característica de suelos más desarrollados. La elección de estos parámetros respondió a la hipótesis de que la descalcificación se debía, principalmente, a una estabilización prolongada de las dunas, que habría favorecido a la formación de suelo mediante la pérdida de carbonatos, el aumento de materia orgánica y la acidificación progresiva del sedimento.

Tanto la descripción y la preparación de las muestras se realizó en el laboratorio de la Facultad de Geografía e Historia de la Universidad de Santiago de Compostela (USC). Con el fin de cuantificar la presencia de malacofauna propia de hábitats dunares, y a la vez para efectuar una determinación de carbonatos biogénicos correcta, en cada muestra se retiraron y agruparon los gasterópodos encontrados, clasificándolos por especies. Para ello, se utilizaron pinzas y una placa Petri, y posteriormente se guardaron en bolsas debidamente etiquetadas. Una vez extraídos de la muestra los gasterópodos, se pesaron aproximadamente 20 g de muestra. Se vertieron en una cápsula, sobre la cual, bajo la campana extractora de gases, se añadió ácido clorhídrico (HCl) diluido al 10%, hasta que cesó la reacción

A continuación, la muestra fue lavada con agua destilada utilizando un filtro de velocidad lenta (2 – 4 micras de tamaño de poro). Se continúa lavando con agua destilada hasta alcanzar un pH entre 4 y 6, comprobado mediante papel indicador. Una

vez finalizado el lavado, utilizando agua destilada, se transfirió el contenido a una cápsula para su secado en la estufa. Cuando la muestra estuvo completamente seca, se pasó a un recipiente previamente tarado para proceder a su pesaje y embolsado.

Posteriormente, se realizó una separación granulométrica empleando un tamiz de luz de malla de 2 mm. El sedimento menor de 2 mm fue separado de la fracción gruesa libre de gasterópodos. Las gravas retenidas en el tamiz se pesaron y almacenaron. La fracción inferior a 2 mm se introdujo en un bote, previamente tarado, para ser pesada, y también etiquetado.

Para la granulometría, se tomaron aproximadamente 50 g de la fracción menor de 2 mm. Por el potencial contenido en partículas inferiores a 63  $\mu$ , en cuatro de las muestras (Seira-1, MB4-1, MB5-1 y MB6-1) fue necesario utilizar un dispersante. Las cuatro muestras se introdujeron en un bote y se añadieron 20 ml de hexametáfosfato de sodio y sodio carbonato anhidro (calgón) mediante pipeta automática, completándose con agua destilada, dejando espacio suficiente para la agitación. Los botes fueron colocados en un agitador rotativo durante toda la noche. Posteriormente su contenido fue tamizado utilizando el tamiz de 0.063 mm y un fondo. El material que percoló fue desechado, mientras que la fracción retenida en el tamiz se recogió cuidadosamente en una cápsula. Esta cápsula fue introducida en una estufa a 105°C para proceder al secado completo de la muestra.

La fracción inferior a 2 mm de todas las muestras se homogenizó, se pesó y se pasó a la tamizadora automática, equipada con una columna de tamices de mallas de 1 mm; 0.5 mm; 0.4 mm; 0.250 mm; 0.2 mm; 0.125 mm; 0.1 mm y 0.063 mm. Cada fracción retenida en los distintos tamices fue pesada individualmente y almacenada en bolsas etiquetadas. El material que percoló el último tamiz y quedó en el fondo también fue pesado, pero no guardado. Se determinaron los parámetros estadísticos de tamaño medio y grado de selección mediante el método de Folk y Ward (1957) utilizando la hoja de cálculo Gradistat (Blott y Pye, 2001).

El contenido en materia orgánica se determinó por el método de pérdida por calcinación (*Loss On Ignition LOI*), para lo cual se retiraron previamente los restos vegetales que podrían afectar al resultado. Para ello, se colocó una pequeña cantidad de muestra en una cápsula, se añadió agua destilada, y tras dejar decantar los sedimentos más finos, se retiró la materia orgánica flotante. Finalmente, las muestras se secaron en una estufa a 105°C. Para iniciar el procedimiento de LOI, los crisoles se tararon. Para ello se introdujeron en una estufa a 105°C durante 24 h. Luego, se trasladaron al desecador, enfriando a temperatura ambiente sin riesgo de que se humedeciesen. Transcurridas al menos 4 horas, se pesaron y registraron los valores. Posteriormente, se introdujo en cada crisol una porción de muestra <2 mm, ocupando aproximadamente 1/3 de su capacidad. Las muestras fueron previamente homogenizadas para asegurar su calcinación uniforme. Los crisoles con las muestras se colocaron nuevamente en la estufa a 105°C durante 24 h. Finalizado el secado, se trasladaron al desecador y tras 4 horas, se pesaron nuevamente. A continuación, los crisoles se introdujeron en la mufla, donde fueron calcinados a una temperatura de 550°C durante 5 horas. Finalmente, se pasaron al desecador hasta que se enfriaron, momento en el cual se realizó el último pesaje y a continuación las muestras fueron etiquetadas y almacenadas.

El porcentaje de pérdida de materia orgánica se calcula mediante la fórmula:

$$LOI (\%) = \left( \frac{\text{Peso de la muestra a } 105^{\circ}\text{C} - \text{Peso de la muestra a } 550^{\circ}\text{C}}{\text{Peso de la muestra a } 105^{\circ}\text{C}} \right) \cdot 100$$

Con el objetivo de comprobar si la presencia de carbonatos podía alterar la determinación de materia orgánica, ya que los carbonatos pueden descomponerse en la mufla, se realizó una prueba. El proceso de calcinación se realizó tanto con muestras sin tratar como muestras previamente atacadas con ácido clorhídrico (HCl).

Por último, se midió el pH de cada muestra en agua y en cloruro potásico (ClK), utilizando la fracción de muestra inferior a 2 mm. En ambos casos, se pesaron 10 gramos de muestra y se añadieron 25 ml de agua destilada (relación suelo: solución de 1:2.5) o de

solución de ClK 0.1 N. Las mezclas se agitaron y en el caso del pH en agua, se dejó reposar durante 10 minutos antes de la medición. Para el pH en ClK, el tiempo de reposo fue de 2 horas, se fue agitando ocasionalmente. Las lecturas se realizaron con un pH – metro Crison GLP 21.

#### **4. Resultados.**

El estuario del río Anllons, caracterizado por una alta movilidad del canal principal. En este contexto, la barra del Anllóns y las laderas del Monte Branco han experimentado diferentes fases de fito-estabilización a lo largo del tiempo, las cuales fueron analizadas mediante el muestreo de cinco puntos seleccionados durante el trabajo de campo.

En base al análisis de los procesos de fitoestabilización, se seleccionaron cinco puntos de muestreo en la barra del Anllóns. Cada uno correspondiente a diferentes fases del proceso de estabilización de las dunas, identificables gracias a las fotografías aéreas del PNOA y SIGPAC. En primer lugar, en la ortofoto del vuelo americano de 1956, pese a ser el momento en que la flecha presenta una mayor extensión, se observa que presentaba vegetación únicamente en la parte más interna, donde se situó el primer punto de muestreo (BAN-1). Posteriormente, tras los procesos de migración del canal principal y a pesar del acortamiento de la barra identificado, en el fotograma de 1985 se aprecia un ligero incremento de duna vegetada hacia el oeste, correspondiente al punto BAN-2.

A partir de la rotura de la barra en 1994 y las actuaciones de regeneración antrópica, la barra creció hacia el suroeste, y el sector norte comenzó a fitoestabilizarse. Cabe destacar que el transecto seleccionado no fue afectado por la maquinaria utilizada en dichas intervenciones. Finalmente, la muestra BAN-3 corresponde al sector fitoestabilizado en el siglo XXI. Las muestras BAN-4 y BAN-5 se localizan en la propia playa, como puntos de control para conocer el porcentaje de carbonatos biogénicos en el área fuente.

Otro sector donde se seleccionaron diferentes puntos de muestreo fue el Monte Blanco, un área caracterizada por la presencia de dunas remontantes en toda la ladera sur y

suroeste Estas formaciones se generan cuando el viento, cargado de arena, encuentra una barrera topográfica y la remonta total o parcialmente, depositando el sedimento en su ladera (Sanjuame Saumell y Garcia Prieto, 2011). En la vertiente sureste del monte, las dunas han experimentado, al igual que la barra del Anllóns, diferentes fases de estabilización. En la ortofoto de 1956 ya se aprecia una densa cobertura vegetal en la parte más alta del monte, donde se localizó el primer punto de muestreo (MB1), y un poco menos densa en el punto MB-2. Los puntos de muestreo MB-3 a MB-6 aparecen con vegetación más dispersa entre los vuelos de 1956 y 1985. A partir del fotograma de 2003 se verifica un incremento progresivo de la cobertura vegetal, incluyendo la aparición de *Pinus pinaster*, La muestra MB-7 corresponde al corredor al pie de la ladera donde se mantiene una intensa actividad eólica, sirviendo de muestra de control para los parámetros analizados.

El último punto de muestreo (MB-8) se registró en la ladera oeste del monte, en las proximidades del acantilado. En esta zona no es posible identificar en ninguna de las imágenes aéreas ni topografías relacionadas con formas dunares, ni afloramientos de arena, ya que presenta cobertura vegetal desde 1956.

Finalmente, el tercer sector donde se recogieron muestras fue el entorno de la playa de Seiras y Porto Nadelas. Los primeros puntos de muestreo, SEIRA-1 y SEIRA-2, se localizaron en una zona dunar que, según la ortofoto del vuelo americano de 1956 aparece completamente desprovista de vegetación. Sin embargo, a partir de la ortofoto del SIGPAC de 2003 ya se puede observar una cobertura vegetal significativa. Por otro lado, el punto SEIRA-3, situado en la ladera al sur – suroeste de la playa de Porto Nadelas, presenta una cobertura vegetal constante a lo largo de todas las ortofotos analizadas. En el caso de la imagen de 1956, es posible que esta vegetación se corresponda con superficies de cultivo.

#### 4.1. Caracterización de la vegetación.

Tras los procesos de estabilización parcial de la ladera sureste del Monte Blanco descritos anteriormente, se observan en la actualidad comunidades vegetales que reflejan distintos grados de fijación del sustrato. La vegetación asociada a los puntos de muestreo recogidos muestra una progresión desde zonas de dunas activas, hacia sectores más estabilizados, con una cobertura vegetal densa y presencia de especies leñosas.

En la mayoría de los puntos muestreados (Figura 11), la cobertura arbórea está representada principalmente por ejemplares de pino marítimo (*Pinus pinaster*), probablemente asociados a repoblaciones cercanas. El matorral dominante en el estrato arbustivo incluye especies como tojo (*Ulex europaeus*), rosa espinosa (*Rosa spinosissima*) y torvisco (*Daphne gnidium*), que se repiten a lo largo del transecto.

El estrato herbáceo está compuesto por una mezcla de especies, destacando la presencia recurrente de orégano (*Origanum vulgare*), rubia brava (*Rubia peregrina*), *Omphalodes littoralis*, herbácea psamófila endémica del noroeste ibérico, flor de San Juan (*Helichrysum foetidum*) y cardo marítimo (*Eryngium maritimum*). En zonas intradunares, más húmedas, como en MB-4, aparecen especies como Junco (*Juncus spp.*), acedera de lagarto (*Rumex bucephalophorus*), artemisa (*Artemisa vulgaris*) o carraspiques (*Iberis procumbens*). Además, en zonas con dunas más activas, como MB- 6, se registró la presencia de barrón (*Ammophila arenaria*), especie clave en la estabilización de las dunas. Otras especies presentes se detallan en el Anexo I.

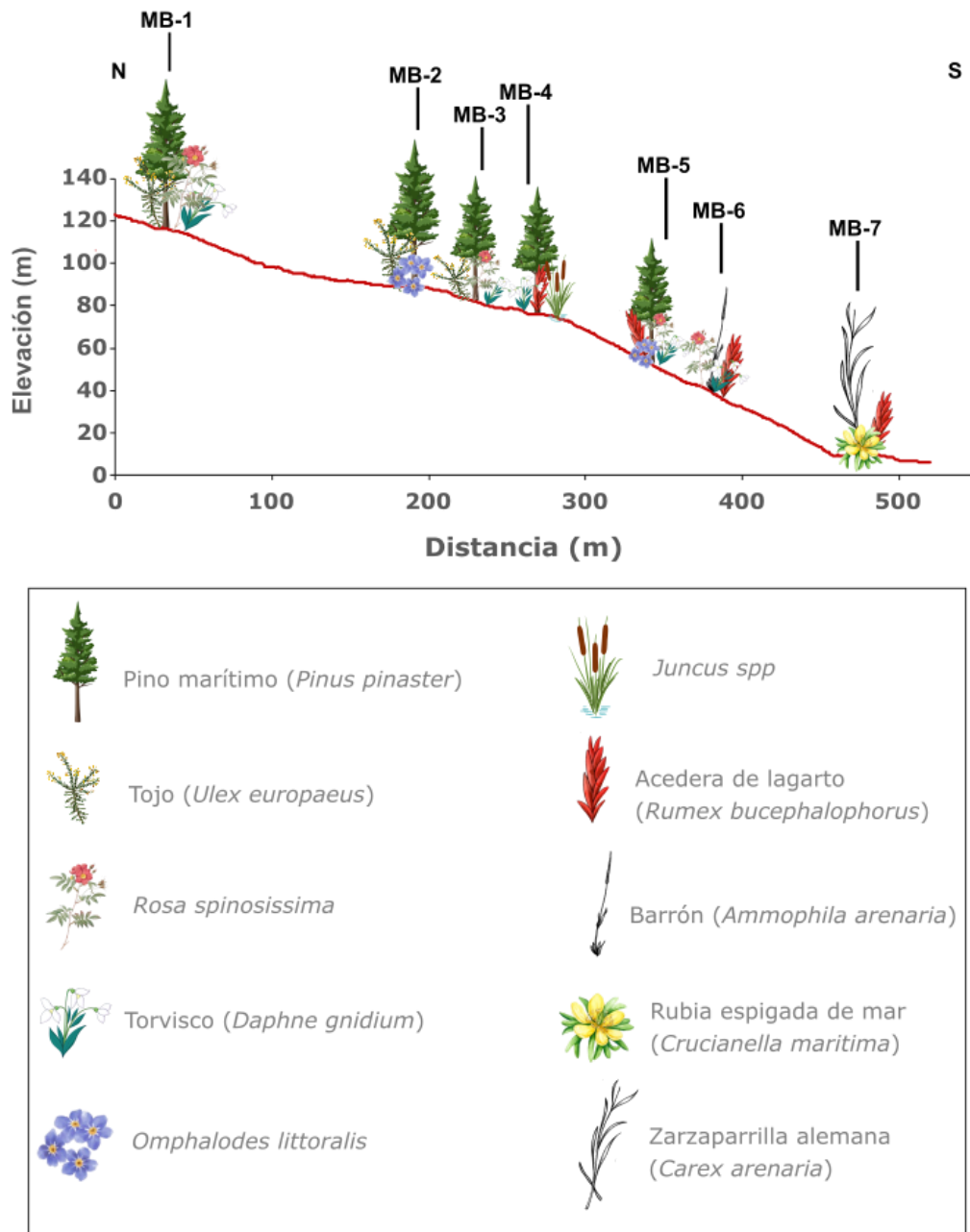


Figura 11. Perfil topográfico con los puntos de muestreo y la vegetación asociada, en la ladera del Monte Blanco.

Algunos puntos presentan alguna peculiaridad en su composición vegetal. En MB-7, situado en la zona más dinámica del complejo dunar, se observan especies típicas de ambientes psamófilos más activos, como *Centaurium portensis*, zarzaparrilla alemana (*Carex arenaria*), rubia espigada de mar (*Crucianella maritima*) y linaria (*Linaria polygalifolia*). Por otra parte, en la ladera oeste del Monte Blanco, en el punto MB-8

(Figura 12) se observó acedera costera (*Rumex acetosa* subsp. *biformis*), *Carex arenaria*, *Festuca juncifolia* y quiruela (*Erica umbellata*).

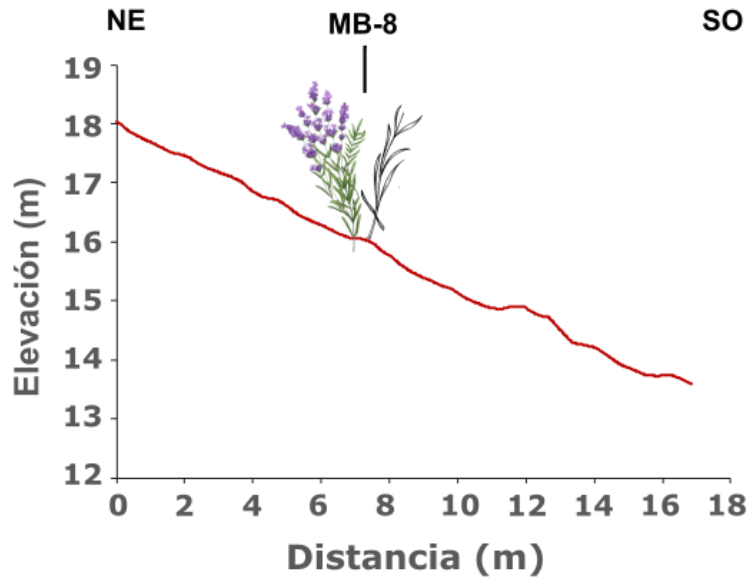


Figura 12. Perfil topográfico con el punto de muestreo y la vegetación asociada, en la ladera oeste del Monte Blanco.

En la barra del Anllóns (Figura 13), el punto BAN-1 se localiza en el sector más interno, ya vegetado en 1956. En esta área se identificaron especies como torvisco (*Daphne gnidium*), *Vulpia fasciculata*, *Festuca juncifolia*, acedera de lagarto (*Rumex bucephalophorus*) y junco espinoso (*Juncus acutus*), propias de sustratos estabilizados y con humedad (véase Anexo II para el listado completo). Más hacia el exterior, en el punto BAN-2, correspondiente a la vegetación consolidada en torno a 1985, se observan también torvisco y acedera de lagarto, junto a cola de liebre (*Lagurus ovatus*).

En BAN-3, zona que comenzó a estabilizarse en las últimas décadas, aparecen especies como la flor de San Juan (*Helichrysum foetidum*), artemisa (*Artemisa vulgaris*), barrón (*Ammophila arenaria*), vulneraria (*Anthyllis vulneraria*) y piorno real (*Ononis speciosa*). Por último, en el punto BAN-4 se registraron especies adaptadas a ambientes más dinámicos, como roqueta de mar (*Cakile maritima*), hierba del habón (*Salsola kali*), grama de la arena (*Elymus farctus*), alelí marino (*Matthiola sinuata*), acelga marítima (*Beta vulgaris* subsp. *marítima*) y perejil marino (*Crithmum maritimum*). En el punto BAN-5, situado en la propia playa, no se identificó ninguna especie.

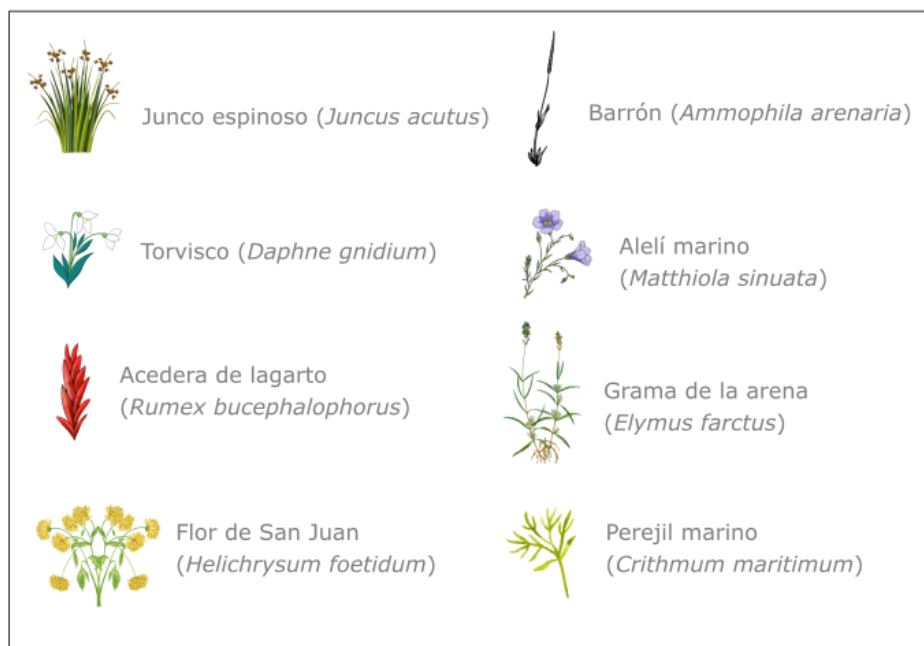
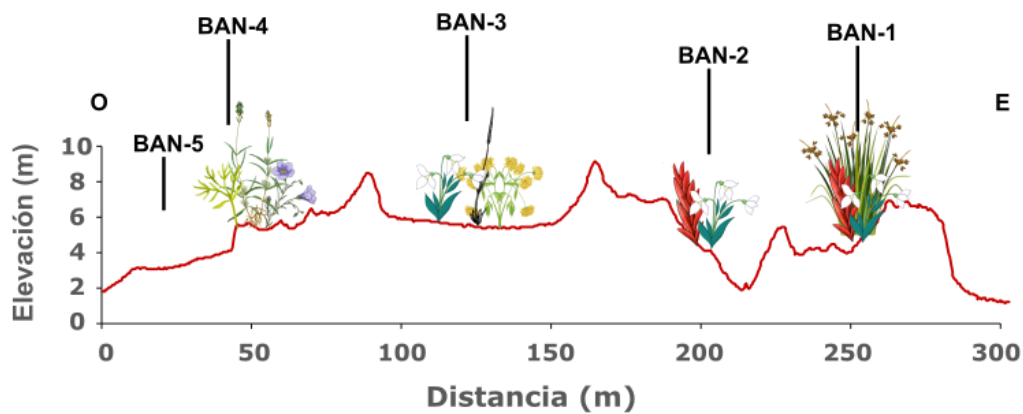


Figura 13. Perfil topográfico con el punto de muestreo y vegetación asociada, en la barra del Anllóns.

#### 4.2. Parámetros sedimentológicos.

Las características granulométricas de las muestras analizadas presentan tamaños medios comprendidos entre 0.2 y 0.3 mm, así como una selección granulométrica buena o moderadamente buena. Únicamente tres muestras (MB-1, MB-8 y SEIRA-1) presentan una peor selección y tamaños medios ligeramente más elevados (Figura 14).

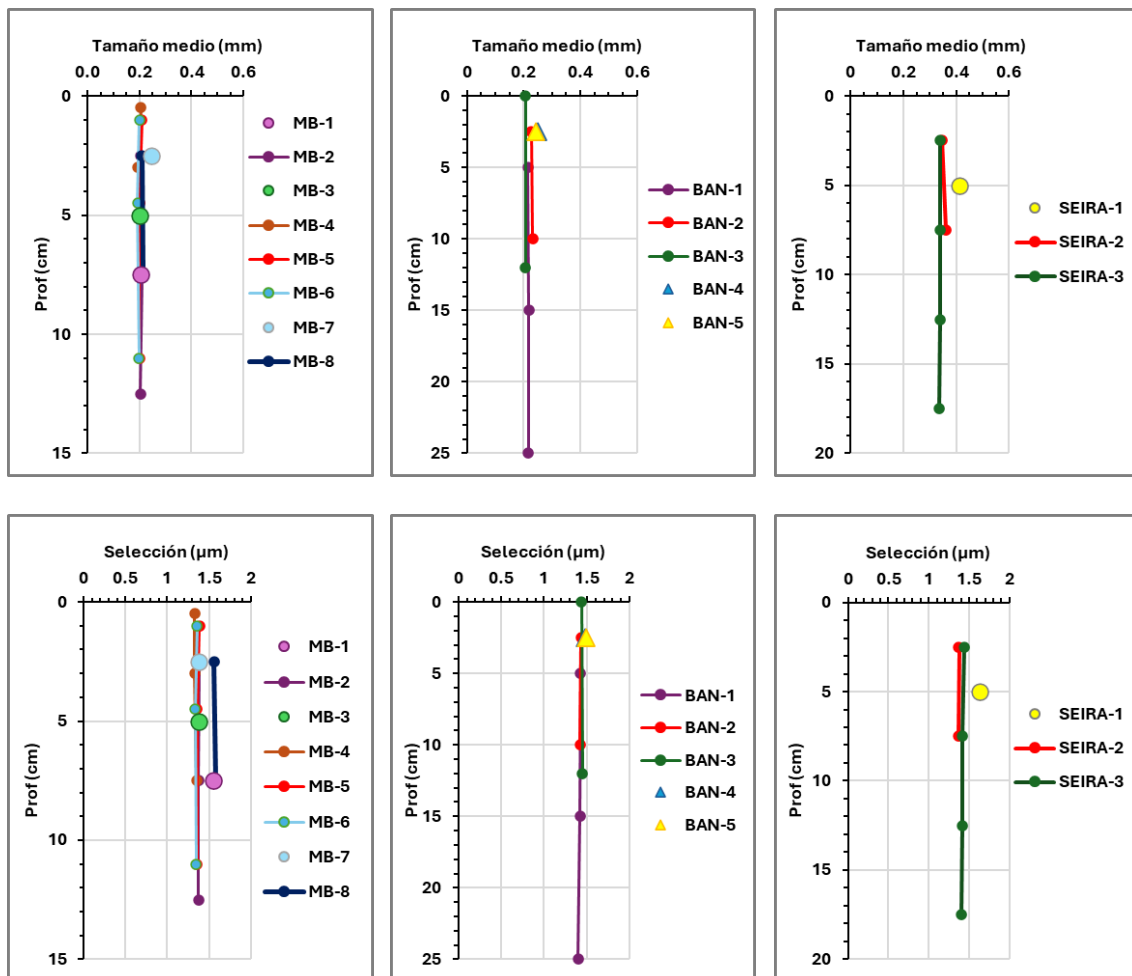


Figura 14. Valores de tamaño medio y selección de las muestras estudiadas. Monte Blanco (MB), Barra del Anllóns (BAN) y Seiras (SEIRA)

En cuanto al contenido en carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), los valores observados oscilan entre 19 % y el 54 %, con una media cercana al 32 %. Las muestras de playa, utilizadas como control, presentan concentraciones más elevadas (BAN-4 con 43 % y BAN-5 con 51 %), mientras que los valores más bajos corresponden a MB-1 (2 %) y las muestras

MB-8 y SEIRA-3, donde no se detectó la presencia de CaCO<sub>3</sub> (Figura 15). Los valores detallados para cada muestra están disponibles en el Anexo III.

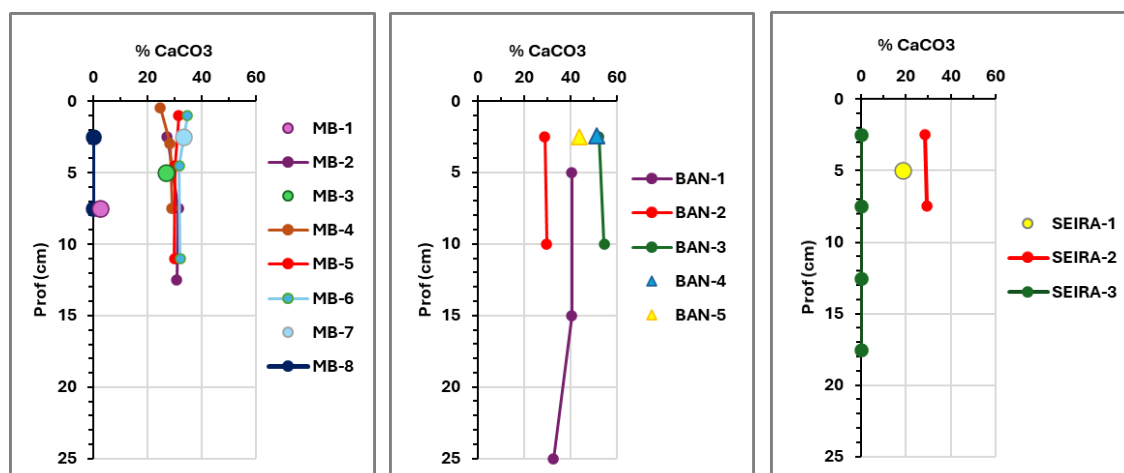


Figura 15. Valores de contenido en carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) en los puntos muestreados.

El contenido en materia orgánica (MO) es en general bajo (< 2 %) en la mayoría de las muestras. No obstante, las muestras MB-1 (7.8 %) y MB-8 (3.6 %) destacan por superar este umbral. Por el contrario, las muestras de playa (BAN-4 y BAN-5) y MB-7, correspondiente a la zona de mayor actividad del complejo, presentan los valores más bajos, entre 0 y 0.5 % (Figura 16).

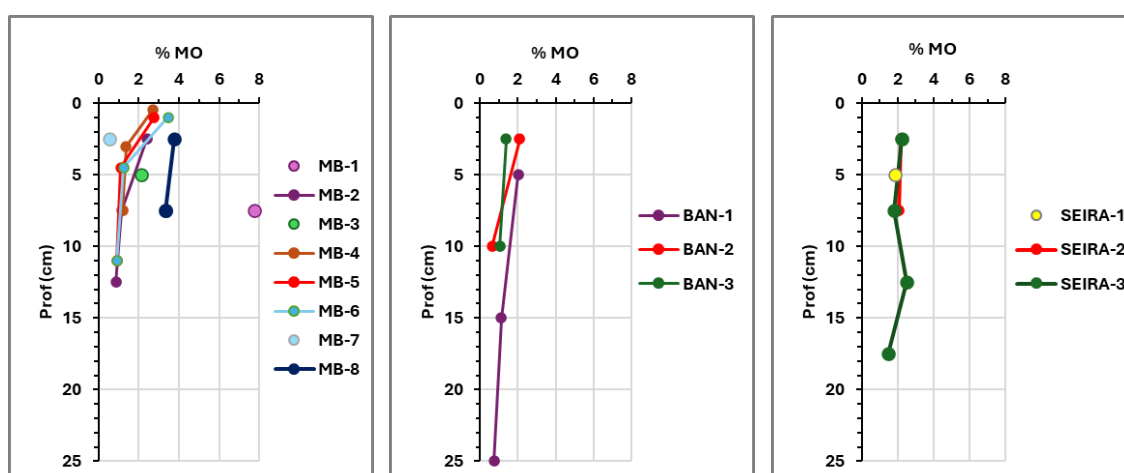


Figura 16. Valores de contenido en materia orgánica (MO) en los sectores analizados.

Finalmente, los valores de pH en agua varían entre 6.48 y 9.32, y entre 5.5 y 9 en solución de CLK. Las muestras MB-1, MB-8 y SEIRA-3 vuelven a mostrar los valores más bajos, aun siendo valores entre 6 y 8 en H<sub>2</sub>O y entre 5 y 6 en CLK (Figura 17).

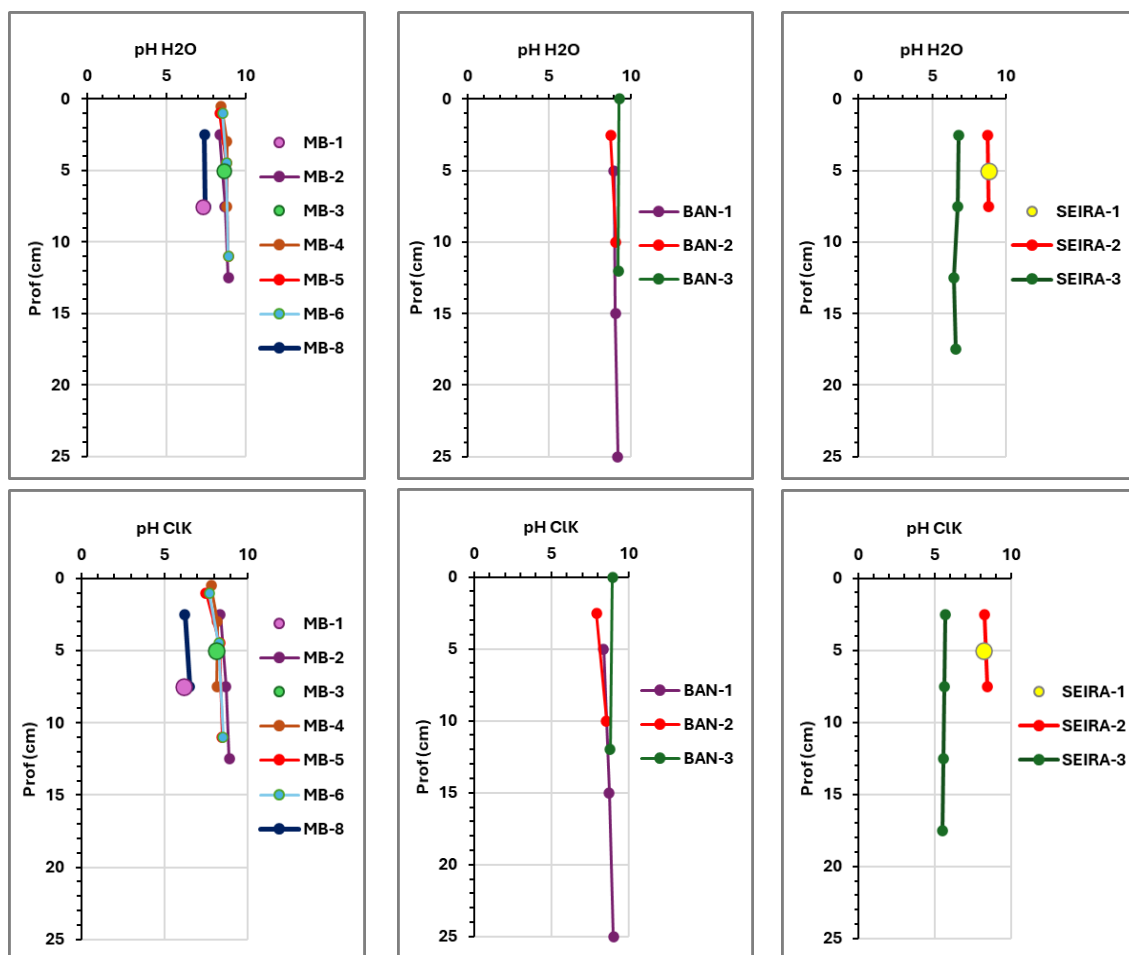


Figura 17. Valores de pH en agua y en solución CLK de las muestras analizadas.

## 5. Discusión.

Los análisis granulométricos realizados en este trabajo permitieron confirmar que todos los puntos de muestreo están compuestos por sedimento eólico. Esta verificación es esencial, ya que el criterio de origen eólico del sustrato es un requisito fundamental para poder considerar la presencia del Hábitat de Interés Comunitario (HIC) 2150 “Dunas descalcificadas”.

Entre los distintos parámetros analizados, el contenido en carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ) se presenta como el más evidente para identificar procesos de descalcificación. Tal como plantea Rozema et al. (1985) en sus estudios en las costas holandesas, se considera que un suelo dunar está descalcificado cuando su contenido en  $\text{CaCO}_3$  es inferior al 0.3 %, criterio también adoptado por Otero et al. (2023) para la caracterización de este hábitat en Galicia. Sin embargo, los resultados obtenidos en este trabajo sugieren que este umbral podría no ser aplicable de forma directa al contexto gallego. En el sistema del Anllóns, por ejemplo, se han identificado valores de carbonato cálcico superiores al 50 % en algunas de las áreas fuente, esencialmente el sedimento de la playa, lo que indica un punto de partida mucho más rico en carbonatos que en los sistemas analizados por Rozema. Por tanto, una muestra con un contenido de 2.3 % de  $\text{CaCO}_3$ , como es el caso de MB-1, podría considerarse fuertemente descalcificada si se toma en cuenta esta diferencia en las condiciones de origen. Este dato señala la necesidad de ajustar parámetros de interpretación a los contextos locales, especialmente cuando los valores iniciales de carbonato son significativamente más elevados.

Además del contenido en carbonato, el análisis de otros parámetros edáficos refuerza la hipótesis de una mayor evolución del suelo en determinadas zonas. MB-1, MB-8 y SEIRA-3 presentan valores de pH ligeramente menos alcalinos que el resto de las muestras, lo que puede estar relacionada con procesos de acidificación progresiva del sustrato. Asimismo, en estas tres localizaciones también se detectaron contenidos en materia orgánica superiores al 2 % en los horizontes superficiales, un rasgo que suele asociarse a procesos de edafización en medios dunares estabilizados.

Desde el punto de vista de la vegetación, las especies presentes en MB-1, MB-8 y SEIRA-3 están dominadas por herbáceas y matorrales del grupo Calluno – Ulicetea, similares a los que se desarrollan en laderas de acantilados de la costa gallega. Si bien esta similitud puede aportar indicios sobre el estado evolutivo del sistema, también introduce una limitación importante, ya que este tipo de vegetación no es exclusiva de sustratos eólicos. Por tanto, aunque la cubierta vegetal puede contribuir al diagnóstico, no

permite por sí sola identificar si se trata o no de una duna descalcificada, e imposibilita su detección por medio de imágenes remotas (fotografía aérea o satélite). De hecho, uno de los principales problemas en la identificación del HIC 2150 es la falta de un bioindicador vegetal específico y la ambigüedad del propio término “duna descalcificada”, lo que obliga a recurrir a la caracterización sedimentológica y edáfica mediante análisis de laboratorio.

En este contexto, el HIC 2150 se ha identificado en las muestras MB-1, MB-8 y SEIRA-3. Estas zonas están caracterizadas por presentar sedimento eólico según los parámetros granulométricos, un contenido en  $\text{CaCO}_3$  muy bajo en relación con el material de partida y en comparación con las demás muestras, valores de pH ligeramente inferiores y un contenido en materia orgánica indicativo de procesos de edafización. Por el contrario, el resto de las muestras, incluyendo algunas en las que se ha evidenciado la antigüedad del proceso de fitoestabilización y que presentan una densa cubierta vegetal, no muestran valores en los parámetros analizados que permitan considerar que se han producido procesos de descalcificación. En consecuencia, dichas áreas no cumplen los criterios para ser incluidas dentro del HIC 2150.

## **6. Conclusiones.**

Los análisis granulométricos confirman que todos los puntos muestreados corresponden a sedimento de origen eólico, condición esencial para reconocer el hábitat de interés comunitario 2150 “Dunas descalcificadas Atlánticas (*Calluno – Ulicetea*)”.

El contenido en  $\text{CaCO}_3$  es el parámetro más claro para identificar la descalcificación. Aunque Rozema et al. (1985) y Otero et al. (2023) establecen un umbral bajo (<0.3 %), en Galicia los sedimentos presentan contenidos muy altos en algunos puntos (hasta >50 %), por lo que valores superiores a este límite pueden considerarse también representativos de descalcificación en contextos locales.

Las muestras MB-1, MB-8 y SEIRA-3 presentan valores muy bajos de carbonato cálcico en comparación con el resto de las muestras y con el material de partida, lo que indica un proceso avanzado de descalcificación. Además, muestran valores de pH ligeramente menos alcalinos y un contenido en materia orgánica superior al resto de muestras, indicativos de procesos avanzados de edafización y acidificación del sustrato. Estas características, en conjunto, permiten identificar estos puntos como representativos del HIC 2150 en el área de estudio. No obstante, sería necesario ampliar el análisis a otros sectores con potencial presencia de este hábitat para poder establecer umbrales más ajustados en los distintos parámetros analizados.

La vegetación dominante en estas zonas es un matorral tipo *Calluno – Ulicetea*, aunque no es un indicador exclusivo de dunas descalcificadas. Además, debido a esta falta de especificidad, no es posible identificar ni cartografiar el HIC 2150 mediante imágenes remotas, como ortofotos o satélites. Por lo que es siempre necesario complementar la identificación del hábitat con análisis sedimentarios.

La estabilidad de estos sistemas está corroborada por ortofotos históricas, que muestran una cubierta vegetal estable desde al menos 1956, pero esta continuidad temporal no implica necesariamente que el sustrato se haya descalcificado.

Se verifica por tanto la presencia del HIC 2150 en la costa gallega, a diferencia de lo expresado previamente por otros autores, si bien su identificación precisa solo es posible mediante la toma de muestras y el análisis de laboratorio de parámetros como el contenido en carbonatos biogénicos, el pH, la materia orgánica, la granulometría, así como mediante el análisis de la vegetación. Por lo que la cartografía de este tipo de hábitats y los cálculos de la superficie que ocupa resulta enormemente difícil.

## 7. Referencias bibliográficas.

- Blott, S. J., Pye, K. (2001) GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms* 26: 1237-1248.
- European Environment Agency. (s.f.). *EUNIS – European Nature Information System*. Recuperado el 13 de junio de 2025, de <https://eunis.eea.europa.eu/index.jsp>
- 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, F. J., Muñoz, J. C. (2009). 2150 Dunas fijas descalcificadas atlánticas (Calluno-Ulicetea) (\*). En: VV.AA., *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2013). *Manual de Interpretación de los Hábitats de la Unión Europea* (versión 28). [https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/doc\\_manual\\_intp\\_habitat\\_ue\\_tcm30-207191.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/doc_manual_intp_habitat_ue_tcm30-207191.pdf)
- Otero, X. L., del Carmen de la Cerda Marín, M., Pérez-Alberti, A. (2023). Coastal Soils and Their Associated Habitats in Galicia. En A. Núñez-Delgado, E. Álvarez-Rodríguez, D. Fernández-Calviño (Eds.), *The Environment in Galicia: A Book of Images: Galician Environment Through Images* (pp. 149-178). Springer Nature.
- Provoost, S., Ampe, C., Bonte, D., Cosyns, E., Hoffmann, M. (2004). Ecology, management and monitoring of grey dunes in Flanders. *Journal of Coastal Conservation*, 10(1), 33-42.
- Rozema, J., Laan, P., Broekman, R., Ernst, W. H. O., Appelo, C. A. J. (1985). On the lime transition and decalcification in the coastal dunes of the province of North Holland and the island of Schiermonnikoog. *Acta botanica neerlandica*, 34(4), 393-411.
- Sanjuame Saumell, E., García Prieto, F. J. (Coords.). (2011). *Las dunas en España*. Sociedad Española de Geomorfología.
- Santos Flor Rofríguez, G. (2005). *Geología marina*. Universidad de Oviedo.
- Short, A.D., Hesp, P.A., 1982. Wave, beach and dune interactions in southeast Australia. *Marine Geology* 48, 259 – 284.

## Anexo I. Tablas de vegetación del Monte Blanco.

PUNTO	VEGETACIÓN
MB-1	Pino marítimo ( <i>Pinus pinaster</i> )
	Tojo ( <i>Ulex europaeus</i> )
	Rosa espinosa ( <i>Rosa spinosissima</i> )
	Torvisco ( <i>Daphne gnidium</i> )
	Rubia brava ( <i>Rubia peregrina</i> )
	Orégano ( <i>Origanum vulgare</i> )
MB-2	Pino marítimo ( <i>Pinus pinaster</i> )
	<i>Omphalodes littoralis</i>
	Rosa espinosa ( <i>Rosa spinosissima</i> )
	Torvisco ( <i>Daphne gnidium</i> )
	Rubia brava ( <i>Rubia peregrina</i> )
	Orégano ( <i>Origanum vulgare</i> )
MB-3	Pino marítimo ( <i>Pinus pinaster</i> )
	Tojo ( <i>Ulex europaeus</i> )
	Rosa espinosa ( <i>Rosa spinosissima</i> )
	Torvisco ( <i>Daphne gnidium</i> )
	Cardo marítimo ( <i>Eryngium maritimum</i> )
MB-4	Pino marítimo ( <i>Pinus pinaster</i> )
	Torvisco ( <i>Daphne gnidium</i> )
	Artemisa ( <i>Artemisa vulgaris</i> )
	Junco ( <i>Juncus spp.</i> )
	Carraspiques ( <i>Iberis procumbens</i> )
	Acedera de lagarto ( <i>Rumex bucephalophorus</i> )
	Flor de San Juan ( <i>Helichrysum foetidum</i> )
	<i>Scrophularia spp.</i>

<b>MB-5</b>	Pino marítimo ( <i>Pinus pinaster</i> )
	<i>Omphalodes littoralis</i>
	Rosa espinosa ( <i>Rosa spinosissima</i> )
	Torvisco ( <i>Daphne gnidium</i> )
	Flor de San Juan ( <i>Helichrysum foetidum</i> )
Acedera de lagarto ( <i>Rumex bucephalophorus</i> )	

<b>MB-6</b>	Rosa espinosa ( <i>Rosa spinosissima</i> )
	Torvisco ( <i>Daphne gnidium</i> )
	Acedera de lagarto ( <i>Rumex bucephalophorus</i> )
	Artemisa ( <i>Artemisa vulgaris</i> )
	Flor de San Juan ( <i>Helichrysum foetidum</i> )
	Musgo
	Barrón ( <i>Ammophila arenaria</i> )
Castañuela ( <i>Aetheorhiza bulbosa</i> )	

<b>MB-7</b>	Flor de San Juan ( <i>Helichrysum foetidum</i> )
	Zarzaparrilla alemana ( <i>Carex arenaria</i> )
	Orégano ( <i>Origanum vulgare</i> )
	Acedera de lagarto ( <i>Rumex bucephalophorus</i> )
	<i>Centaurium portensis</i>
	<i>Vulpia fasciculata</i>
	Rubia espigada de mar ( <i>Crucianella maritima</i> )
	Pampajarito ( <i>Sedum acre</i> )
	<i>Festuca juncifolia</i>
Linaria ( <i>Linaria polygalifolia</i> )	

<b>MB-8</b>	Acedera costera ( <i>Rumex acetosa</i> subsp. <i>biformis</i> )
	Zarzaparrilla alemana ( <i>Carex arenaria</i> )
	<i>Festuca juncifolia</i>
	Quiruela ( <i>Erica umbellata</i> )

## Anexo II. Tablas de vegetación de la barra del Anllóns

PUNTO	VEGETACIÓN
<b>BAN-1</b>	Torvisco ( <i>Daphne gnidium</i> )
	Acedera de lagarto ( <i>Rumex bucephalophorus</i> )
	<i>Vulpia fasciculata</i>
	Musgo
	<i>Festuca juncifolia</i>
	Junco espinoso ( <i>Juncus acutus</i> )

<b>BAN-2</b>	Acedera de lagarto ( <i>Rumex bucephalophorus</i> )
	Torvisco ( <i>Daphne gnidium</i> )
	Cola de liebre ( <i>Lagurus ovatus</i> )
	Familia: Asteraceas (*)

(\*) No se pudo identificar ni el género ni la especie.

<b>BAN-3</b>	Flor de San Juan ( <i>Helichrysum foetidum</i> )
	Artemisa ( <i>Artemisa vulgaris</i> )
	Torvisco ( <i>Daphne gnidium</i> )
	Barrón ( <i>Ammophila arenaria</i> )
	Vulneraria ( <i>Anthyllis vulneraria</i> )
	Piorno real ( <i>Ononis speciosa</i> )
	Dragoncillo ( <i>Scrophularia spp.</i> )

<b>BAN-4</b>	Roqueta de mar ( <i>Cakile maritima</i> )
	Hierba del jabón ( <i>Salsola kali</i> )
	Gramma de la arena ( <i>Elymus farctus</i> )
	Alelí marino ( <i>Matthiola sinuata</i> )
	Acelga marítima ( <i>Beta vulgaris subsp. maritima</i> )
	<i>Silene scabriflora</i>
	Perejil marino ( <i>Crithmum maritimum</i> )
	Gramma marina ( <i>Elytrigia spp.</i> )

**Anexo III. Tabla de resultados de los parámetros sedimentológicos**

Muestra	Prof (cm)	Elev. (m)	Fauna	% CaCO <sub>3</sub>	% MO	pH H <sub>2</sub> O	pH ClK	Tamaño medio (mm)	Selección (μm)
BAN1-1	0-10	5.3	10	40	2.0	9	8.36	0.22	1.43
BAN1-2	10-20	5.3	0	40	1.1	9.06	8.73	0.22	1.42
BAN1-3	20-30	5.3	0	33	0.7	9.23	9	0.22	1.40
BAN2-1	0-5	4.0	40	29	2.1	8.78	7.93	0.23	1.43
BAN2-2	5-15	4.0	2	30	0.6	9.09	8.55	0.23	1.42
BAN3-1	0-5	5.4	12	52	1.4	9.25	8.8	0.21	1.45
BAN3-2	5-15	5.4	0	54	1.1	9.32	8.94	0.21	1.44
BAN-4	0-5	3.7		51				0.25	1.48
BAN-5	0-5	2.9		44				0.24	1.49
MB-1	15	115.6	0	3	7.8	7.33	6.15	0.21	1.55
MB2-1	0-5	88.1	70	27	2.4	8.38	7.77	0.21	1.38
MB2-2	5-10	88.1	9	31	1.2	8.71	8.2	0.21	1.37
MB2-3	10-15	88.1	4	31	0.9	8.93	8.4	0.20	1.37
MB-3	0-10	79.4	31	27	2.1	8.65	8.11	0.20	1.37
MB4-1	0-1	76.2	14	25	2.7	8.47	7.83	0.21	1.33
MB4-2	1-5	76.2	13	28	1.4	8.83	8.19	0.20	1.33
MB4-3	5-10	76.2	8	29	1.2	8.85	8.18	0.20	1.35
MB5-1	0-2	57.1	56	32	2.8	8.38	7.5	0.21	1.38
MB5-2	2-7	57.1	10	30	1.1	8.81	8.33	0.20	1.35
MB5-3	7-15	57.1	7	30	0.9	8.92	8.49	0.20	1.36
MB6-1	0-2	39.6	137	35	3.5	8.58	7.71	0.20	1.36
MB6-2	2-7	39.6	28	32	1.3	8.82	8.29	0.19	1.33
MB6-3	7-15	39.6	6	32	0.9	8.93	8.53	0.20	1.35
MB-7	0-5	11.8	0	33	0.5			0.25	1.38
MB8-1	0-5	15.5	0	0	3.8	7.42	6.26	0.21	1.56
MB8-2	5-10	16.5	0	0	3.3	7.48	6.53	0.21	1.58
SEIRA-1	0-10	15.92	0	19	1.9	8.81	8.15	0.41	1.63
SEIRA2-1	0-5	13.1	67	29	2.1	8.8	8.23	0.35	1.37
SEIRA2-2	5-10	13.1	2	29	2.1	8.84	8.4	0.36	1.37
SEIRA3-1	0-5	10.2	0	0	2.2	6.82	5.66	0.34	1.44
SEIRA3-2	5-10	10.2	0	0	1.8	6.76	5.58	0.34	1.42
SEIRA3-3	10-15	10.2	0	0	2.5	6.48	5.57	0.34	1.42
SEIRA3-4	15-20	10.2	0	0	1.5	6.61	5.5	0.34	1.40