

Selección de parcelas y estima de abundancia de calas para su eliminación no marco do proxecto

PIMA ADAPTA 2018-2018 (SALVORA)

Cliente:

TRAGSA – Empresa de Transformación Agraria, S. A.

Delegación de A Coruña



Asier Rodríguez Larrinaga

Paula Domínguez Lapido

Antecedentes

En el marco del proyecto PIMA ADAPTA 2018-2018 (SALVORA) desarrollado por la Empresa de Transformación Agraria S.A. (TRAGSA) en la isla de Sálvora, perteneciente al Parque Nacional Marítimo-Terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia (PNMTIAG), se contemplan labores de control de diversas especies invasoras de plantas. En concreto, se plantea la limpieza de una parte importante del rodal y pequeñas manchas de uña de gato (*Carpobrotus edulis*) que aún existen en la isla, junto con la erradicación de el único núcleo de cañas (*Arundo donax*) situada a la entrada de la aldea, a ambos lados del camino. Junto a estas dos especies se plantea la elaboración de labores de control de la cala (*Zantedeschia aethiopica*) en al menos tres parcelas. La superficie total a tratar asciende a 7,9 ha, correspondiendo 4,2 a la cala , 3,5 a la uña de gato y solamente 0,2 a la caña.

Como parte de este trabajo de control se planteó un protocolo de seguimiento, diseñado en torno a dos ejes de trabajo: la realización de vuelos fotogramétricos previos y posteriores a los trabajos y el seguimiento en campo de una serie de parcelas en las cuales se monitorizará el rebrote y recuperación de las especies invasoras controladas.

En lo que respecta al seguimiento de la uña de gato y de la caña, TRAGSA contrató en 2017 los servicios de eNeBaDa para la realización de los vuelos fotogramétricos previos y cálculo de la superficie total de los rodales a tratar de ambas especies.

El presente trabajo da continuidad a la realización de los citados vuelos fotogramétricos en los rodales de uña de gato y caña, aunque debido a las particularidades de la invasión de calas en la isla de Sálvora, se aborda una aproximación diferente. Dos son las particularidades que marcan la necesidad de una nueva aproximación para el caso de la cala:

La especie está distribuida por la mayor parte de la superficie de la isla.

La cala rara vez alcanza fracciones de cabida cubierta superiores al 50% en la isla de Sálvora, apareciendo en su lugar dispersa en densidades variables entre otros tipos de vegetación, que incluyen desde espinales de endrino (*Prunus spinosa*) hasta tojal-

brezales y zarzales, pasando por prados y helechales.

Estas características hacen difícil que se pueda estimar un tamaño de rodal de calas en la mayor parte de las zonas invadidas, ya que se da un continuo de su presencia, con densidades variables en el espacio.

Como solución a dicho problema se encargó a la empresa eNeBaDa la realización del presente trabajo, que combina la realización de vuelos fotogramétricos con el trabajo de campo, para garantizar así la posibilidad de realizar un seguimiento eficiente del control de la especie.

Objetivos

El objetivo del presente trabajo es establecer un medio de definir las áreas de máxima densidad de cala en la isla de Sálvora, que posibilite el seguimiento de la evolución de la especie en las parcelas tratadas en el marco del proyecto PIMA ADAPTA 2018-2018 (SALVORA).

Métodos

Teniendo en cuenta las particularidades de la invasión de calas de Sálvora ya descritos en la sección de Antecedentes se optó por una metodología que combina la realización de vuelos fotogramétricos por medio de RPAS (drones) con el censo de calas sobre el terreno. El resultado obtenido a partir de las imágenes obtenidas por medio del RPAS permite obtener un conteo de flores de calas, que son detectadas con relativa facilidad en el ortomosaico resultante. Posteriormente, el trabajo de campo permite calibrar dicho conteo y obtener así una ecuación que permita estimar la densidad de macollas de calas en un área dada.

Los trabajos realizados, por tanto, son los siguientes:

- Realización ortofotografía aérea en la isla de Sálvora.

- Procesado de las imágenes para la obtención del ortomosaico.
- Selección de parcelas y conteo de calas en el campo.
- Conteo de flores de cala detectables en el ortomosaico.
- Análisis estadístico de los datos y determinación del modelo para la estima del número de calas.

De forma paralela, durante a realización de los trabajos se solicitó por parte de TRAGSA la búsqueda y selección de una serie de parcelas para la eliminación de la cala por medio de una serie de tratamientos (corta periódica y arranque de raíz, junto con un control procedimental en el cual no se actuó), establecidos por la dirección del Servicio conjuntamente con la Administración del PNMTIAG. Se utilizó para ello la información obtenida en el campo y en el ortomosaico, junto con el conocimiento previo de la isla de los miembros del equipo de eNeBaDa, con amplia experiencia en el seguimiento del medio natural de la isla. La selección de parcelas se realizó buscando parcelas de un tamaño medio que se correspondiesen con manchas de calas de densidades medias.

La asignación de uno de los tres tratamientos a las distintas parcelas se realizó en un primer momento al azar. Sin embargo, debido al bajo número de parcelas la selección al azar resultaba en patrones que podrían sesgar los resultados (como la coincidencia de varias parcelas control en una única zona de la isla). Por tanto, finalmente se asignaron los tratamientos intercalándolos en el espacio (figura 1).

Realización ortofotografía aérea en la isla de Sálvora

Los vuelos para la obtención de las fotografías aéreas se realizaron entre el 23 y el 25 de febrero de 2018, por medio de un dron multirrotor con una autonomía aproximada de 15 min, utilizando un sensor de espectro visual de 12 Mpx.

El ortomosaico resultante ha de presentar una alta precisión espacial, que minimice los errores de localización cuando se trabaja al mismo tiempo en campo y sobre el mapa. Una menor precisión produciría un alto error en la comparación de conteos de campo y

en la ortoimagen, ya que se estarían contando polígonos sensiblemente diferentes en ambos casos. La utilización de una alta precisión espacial, por tanto, posibilita en el futuro el uso de la ortoimagen en conjunción con instrumentación GPS de precisión y el marcaje de parcelas regulares en el campo.

Para ello, previa a la realización de cada uno de los vuelos se distribuyeron en el área a volar entre 9 y 18 dianas de 40 cm de lado, con un patrón en ajedrez en blanco y negro y se localizó su posición por medio de un GPS diferencial RTK. La precisión de las medidas de localización de estas dianas se situó entre 1 y 3 cm.

Inicialmente, con el objetivo de optimizar los recursos disponibles, el diseño del trabajo incluía exclusivamente la zona centro de la isla, excluyendo el área más septentrional, donde la cala es más rara. Sin embargo, una vez en el campo se realizaron vuelos experimentales para tratar de extender el alcance de los vuelos a costa de perder cierta nitidez y precisión. En estos vuelos se pudo comprobar que se podría extender los vuelos para cubrir toda la isla sin perder la capacidad de discriminar adecuadamente las calas, a pesar de una menor calidad de las imágenes.

Procesado de las imágenes para la obtención del ortomosaico

La extensión de los vuelos para poder cubrir toda la isla implicó trabajar durante un período de tiempo mayor al óptimo para el vuelo fotogramétrico, obteniendo así gran heterogeneidad en la iluminación de las imágenes aéreas. Por otro lado, las imágenes obtenidas a última hora de la tarde presentaron sombras marcadas y largas. Por todo ello fue preciso realizar un pre-procesado de las imágenes, antes de ejecutar la reconstrucción del modelo 3D y del ortomosaico. Este pre-procesado constó de dos pasos:

- Normalización de todas las fotos de forma conjunta.
- Ajustes de los niveles en aquellas imágenes realizadas sobre el eucaliptal, con el fin de reducir las sombras de esta. Estos ajustes producen un cambio en los colores del ortomosaico que se puede apreciar a simple vista, pero permiten

discriminar con mayor facilidad las calas en estas áreas.

Una vez pre-procesadas se procesaron todas las imágenes conjuntamente (los seis vuelos) para realizar una reconstrucción del terreno en 3D y, a partir, de esta obtener el ortomosaico deseado. Para ello se utilizan técnicas fotogrametría y de SFM (structure from motion), que permiten estimar los parámetros de orientación externa e interna de la cámara en el momento de realizar cada foto a partir de la identificación de puntos comunes en imágenes solapadas. A partir de estos datos, se obtiene una primera nube de puntos que se utiliza para poder corregir la deformación de las imágenes aéreas debido al alabeo de la aeronave y a la distorsión introducida por la topografía.

Selección de parcelas y conteo de calas en el campo

Se seleccionaron un total de 54 parcelas aleatorias para realizar la comparación de las estimas obtenidas en el campo con las obtenidas en la ortoimagen (figura 1). Para ello se seleccionaron al azar 54 coordenadas dentro de la isla y se delimitó un polígono alrededor de cada punto, o en una ubicación cercana, siguiendo un criterio de detectabilidad. El objetivo era poder detectar fácilmente el perímetro del polígono tanto en el campo como en la imagen aérea sin necesidad de recurrir al GPS. Los polígonos vienen así delimitados por piedras, muros, rocas y caminos.

En cada una de estas parcelas se realizó una estima de abundancia en campo, por medio de un conteo directo de toda la superficie. La cala es una especie perenne que se reproduce y dispersa de forma vegetativa a través de su rizoma, que puede sobrepasar la longitud de un metro. Por tanto, resulta prácticamente imposible identificar individuos en el campo. En este tipo de situaciones, comúnmente el censo se refiere a ramets, pies de una planta que comparten un mismo genotipo y que pueden aparecer aún unidos por el rizoma o haberse independizado. En el caso de la cala, la identificación de ramets puede también ser problemática en zonas de gran densidad, ya que no existe un tallo aéreo notorio.

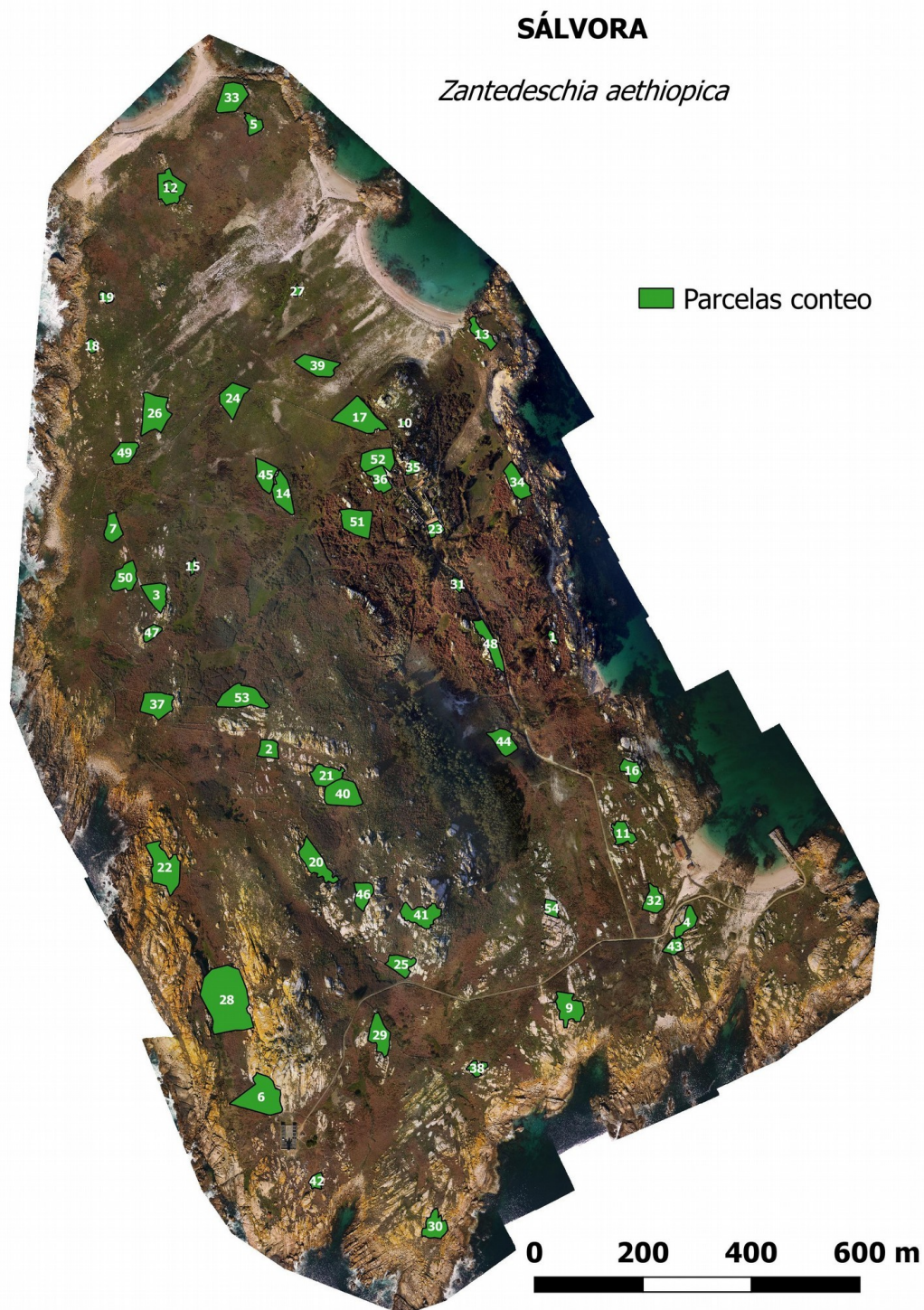


Figura 1. Localización de los 54 polígonos utilizados para realizar la calibración de la imagen aérea para el conteo de calas.

Por tanto, en esta ocasión se optó por contar macollas, que son conjuntos de vástagos que nacen de un mismo pie. En general se consideró que las hojas e inflorescencias de cala formaban parte de la misma macolla cuando la distancia entre ellas y el núcleo más denso de la macolla no era superior a 15 cm (figura 2), contándose como macollas independientes (a pesar de poder pertenecer al mismo individuo) aquellas con una distancia mayor (figura 3).



Figura 2. Ejemplo de una macolla de cala (*Zantedeschia aethiopica*), donde todas las hojas e inflorescencias surgen desde el rizoma subterráneo.



Figura 3 . Arriba, dos macollas de cala; abajo, conjunto lineal de pies de cala, que sugiere que vienen de sólo rizoma, pero que serían contadas como 2 ó 3 macollas.

Conteo de flores de cala detectables en el ortomosaico

Tras obtener el ortomosaico georreferenciado, se realizó un conteo de calas directamente sobre este para cada una de las parcelas de conteo en campo. En este caso, sin embargo, la estima se refería a flores individuales, ya que son estos los elementos que mejor se pueden identificar en la ortoimagen obtenida (figura 4).



Figura 4. Detalle de la ortoimagen obtenida a partir del vuelo fotogramétrico, donde se aprecian fácilmente las calas en flor, que se pueden contar fácilmente a una escala menor.

Análisis estadístico de los datos y determinación del modelo para la estima del número de calas

La relación existente entre la abundancia de calas estimada en el campo y estimada a partir de la imagen aérea se analizó a través de las correspondientes densidades. Para

ello se midió la superficie de cada polígono de muestreo en una plataforma SIG y se dividió cada estima del número de calas entre esta. Como resultado se obtuvo la densidad de flores estimada de la ortoimagen y la densidad de macollas contadas en campo. El análisis estadístico de la relación existente entre ambas densidades se llevó a cabo por medio de una regresión de mínimos cuadrados.

El objetivo último de este modelo es poder estimar el número de macollas de cala a partir de un conteo de flores realizado sobre la ortoimagen. Este modelo se basa, por tanto, en los resultados de la regresión estadística realizado previamente, e incluye la estima del error de la predicción.

Resultados

Obtención de la ortoimagen de la Isla de Sálvora

Se ha obtenido un ortomosaico con un tamaño de pixel de 5,109 cm de tamaño, con 31.383 píxeles de ancho y 46.014 píxeles de alto (figura 5). Este ortomosaico contiene cuatro bandas, correspondiendo las bandas 1, 2 y 3 a las bandas RGB (en ese orden, rojo, verde y azul) y la cuarta banda a una banda alpha (de transparencia). El ortomosaico se ha almacenado en formato geotiff, comprimido con la opción DEFLATE, ocupando así 1,58 Gb, incluyendo las pirámides necesarias para una ágil visualización en un software SIG.

La precisión espacial obtenida resultó muy satisfactoria, ya que el error cuadrático medio (RMS) es de 11,63 cm, con una desviación típica de 15,72. Sin embargo, el error no resulta homogéneo a lo largo y ancho de la ortoimagen (figura 6), apreciándose errores mayores en las áreas donde no se pudieron poner suficientes puntos de control, ya sea debido a una señal insuficiente del GPS diferencial (ocasionada por el relieve acusado) o debido a limitaciones de tiempo para la realización del vuelo.

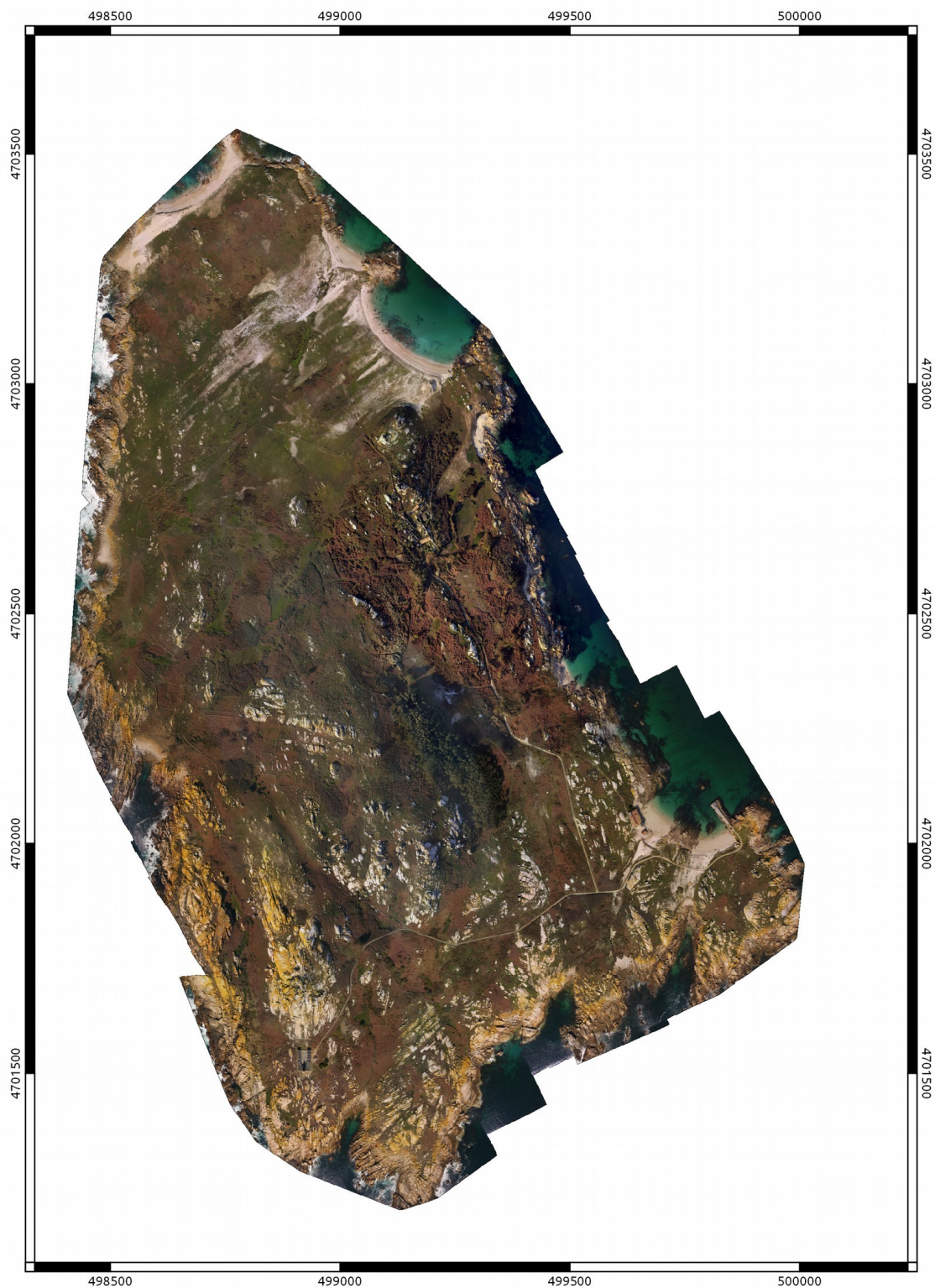


Figura 5. Ortomosaico de la isla de Sálvora obtenida a partir de las imágenes obtenidas en los seis vuelos fotogramétricos.

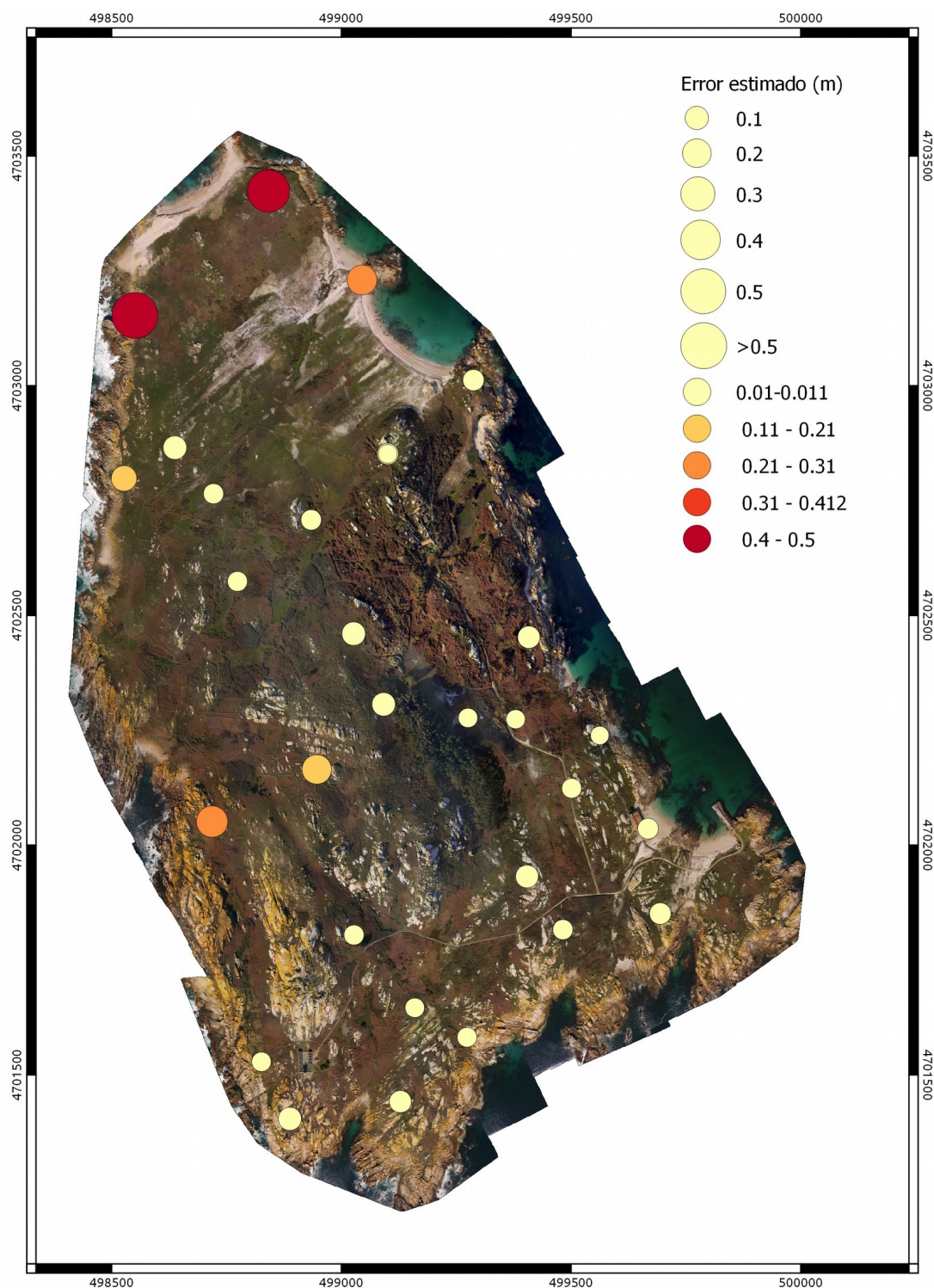


Figura 6. Error estimado en los puntos de control situados en la isla para la georreferenciación de la ortoimagen (tanto el tamaño como el color del punto indican la magnitud del error).

Debido al gran tamaño de la imagen resultante y a la existencia de una banda alfa es posible que los programas habituales de lectura de imágenes no puedan abrir el archivo geotiff en un ordenador convencional, por lo que se han realizado una serie de versiones de resolución decreciente en formato jpg. Por tanto, junto al presente informe se entregan los siguientes archivos de la ortoimagen:

- Archivo geotiff a máxima resolución y con banda alfa (1,58 Gb).
- Archivo jpg a máxima resolución (sin banda alfa, 342 Mb).
- Archivo jpg a un 50% de resolución (77,7 Mb).
- Archivo jpg a un 25% de resolución (24,8 Mb).
- Archivo jpg a un 12,5% de resolución (7,04 Mb).

Análisis estadístico de los datos y modelo para la estima del número de calas

Las densidades de calas estimadas a partir del conteo de flores en la ortoimagen presentó un patrón general similar al de las densidades de macollas contadas en campo (figura 7), indicando que ambas medidas presentan una relación con la abundancia de calas en la isla.

La relación entre ambas variables, de hecho, presentó una marcada linealidad (figura 8). De hecho, la regresión estimada entre el número de flores contadas en la ortoimagen y el número de macollas contadas en campo muestra un coeficiente de determinación muy alto, indicando que el 90% de la variabilidad entre polígonos en el número de macollas en campo puede ser capturada por un conteo de flores en la ortoimagen. El restante 10% se debe probablemente a la diferencia temporal entre los vuelos fotogramétricos y los conteos de macollas en campo y a otros factores como la variabilidad en el porcentaje de macollas con flor y el número de flores por macolla.

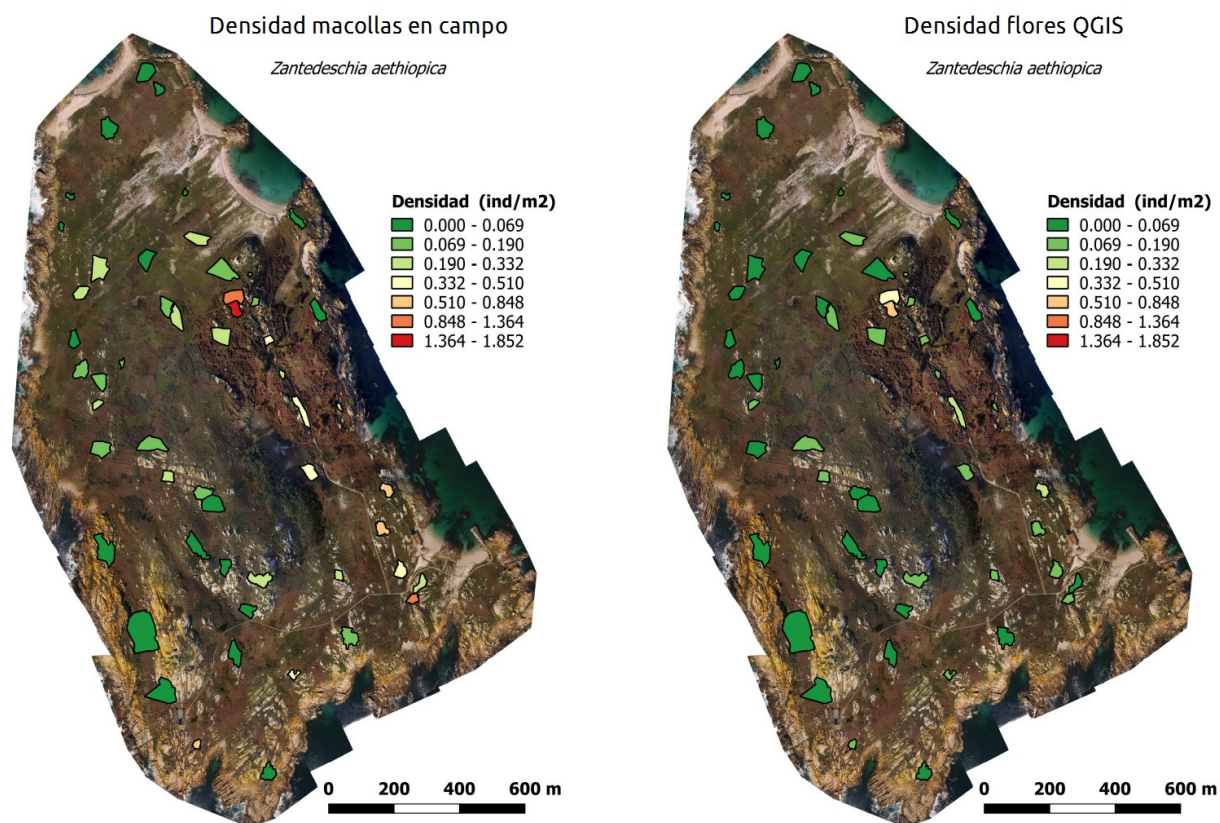


Figura 7. Densidad de macollas, según lo estimado en campo (izquierda), y densidad de flores medidas en la ortoimagen (derecha).

A partir de estos resultados, el procedimiento para la estima del número de macollas en un área dada a partir de la ortoimagen sería el siguiente:

- Delimitar claramente el polígono a contar.
- Contar el número de flores visibles en la ortoimagen en el interior del polígono, al cual llamaremos numFlores.
- Estimar el número de macollas a partir del número de flores contadas aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{numMacollas} = 43,74 + 2,72 \cdot \text{numFlores}$$

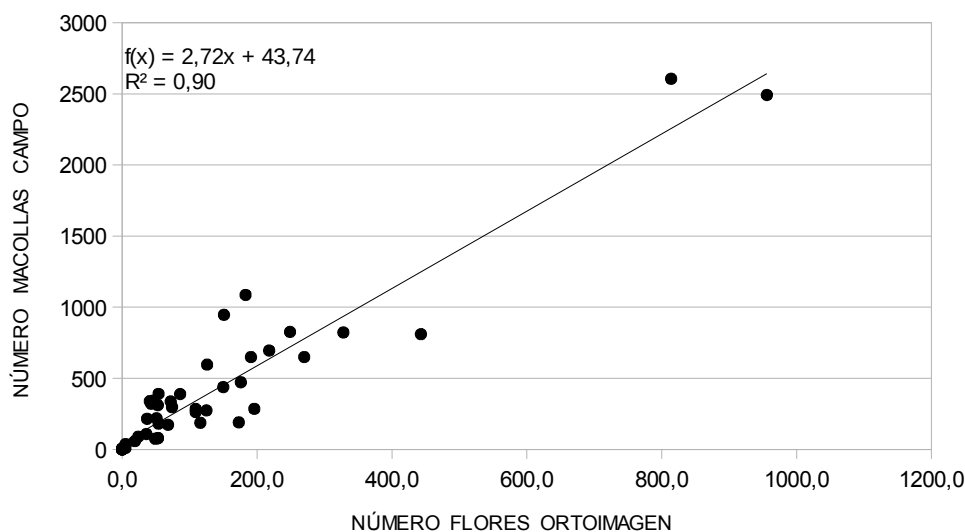


Figura 8. Relación entre la densidad de flores contada sobre la ortoimagen y la densidad de macollas contada en el campo. Se muestra, así mismo, la regresión estimada para la relación, junto con el coeficiente de determinación.

En Arins, a 22 de mayo de 2018

Fdo.: Asier Rodríguez Larrinaga
Biólogo Colegiado
13.536-X

Fdo.: Paula Domínguez Lapido
Bióloga Colegiada
20.527-X