

# Grao en Bioloxía

## Memoria do Traballo de Fin de Grao

**Estudio de la reproducción asexual de *Oxalis pes-caprae* y del impacto de la especie en las comunidades vegetales**

**Estudo da reprodución asexual de *Oxalis pes-caprae* e do impacto da especie nas comunidades vexetais**

**Analysis of asexual reproduction in *Oxalis pes-caprae* and assessment of the impact of the species in plant communities**



**Carlos Alcalde Azpiazu**

Julio, 2021

*Director(es) Académico(s): Manuel Pimentel Pereira  
Sergio Rodríguez Roiloa*



## AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a mis tutores, Manuel Pimentel Pereira y Sergio Rodríguez Roiloa, por permitirme realizar este trabajo, al que le he dedicado tanto tiempo, sudor y horas de sueño. Gracias a ellos y a este trabajo he aprendido mucho, sobre todo que todavía me queda mucho por aprender y que este no es el final, si no el inicio de una nueva etapa de mi vida. Además, me gustaría agradecer enormemente su dedicación conmigo, enseñándome, ayudándome y teniendo paciencia en mis retrasos de entregas.

Por otro lado, me gustaría agradecer a mi familia y amigos, tanto los que ya conocía como los nuevos que hice durante esta etapa de mi vida, los cuales han estado ahí y me han apoyado y acompañado, y a Virtudes, la camarera que nos alimentó durante toda la carrera y que seguirá alimentando a muchas generaciones de biólogos. También me gustaría dar las gracias a mis profesores, por ayudarme a sacar las asignaturas a delante, a mi novio Fran, el cual me ha apoyado mucho e incluso me ha ayudado a poder conseguir mis objetivos. Gracias Fran por todo lo que has hecho por mí.

Por último, me gustaría agradecer a una persona muy especial que ha marcado mi vida desde el momento de mi nacimiento. Ella me ha visto nacer y crecer, me cuidó durante mucho tiempo, me enseñó a leer, escribir, contar, y sobre todo, me enseñó a respetar la naturaleza y a mirarla y disfrutarla. Gracias a ella es que conocí a *Oxalis pes-caprae*, y es por ella que descubrí mi pasión por la biología. Por desgracia, mi abuela nos dejó hace un año, pero sé que si hoy estuviera viva, podría ver orgullosa como su nieto se convierte en biólogo. Te lo dedico a ti, Josefa.



## ÍNDICE

Resumen / Resumo / Abstract	7
Palabras clave	7
1. Introducción	9
1.1. Invasión biológica	9
1.2. Impacto de las invasiones biológicas	10
1.3. <i>Oxalis pes-caprae</i> L.	11
2. Objetivos	14
3. Material y métodos	14
3.1. Área de estudio	14
3.2. Toma de datos de vegetación	15
3.3. Medidas	15
3.4. Análisis de la diversidad vegetal	16
3.5. Análisis estadístico de las medidas	17
4. Resultados	17
4.1. Espectros florísticos y corológicos	17
4.2. Índices de diversidad de Simpson	21
4.3. Materia orgánica y pH	22
4.4. Reproducción asexual	24
5. Discusión	25
5.1. Efecto de la invasión sobre la diversidad local	25
5.2. Efecto de la invasión sobre el suelo	26
5.3. Efectos de la densidad de población en la reproducción asexual	27
6. Conclusiones / Conclusións /Conclusions	27
7. Bibliografía	29
8. Anexos	33



## RESUMEN

*Oxalis pes-caprae* L. (Familia Oxalidaceae) es una planta herbácea invasora que se caracteriza por presentar heterostilia y por su reproducción asexual por medio de bulbos. En la Península Ibérica, esta planta se desarrolla sobre suelos removidos, donde provoca tanto un impacto ecológico como económico. Para combatir el efecto de su invasión, es necesario conocer las características de su biología y la ecología de la especie. Para ello, se realizó este estudio con el objetivo de caracterizar cómo es la estrategia de reproducción asexual de *O. pes-caprae* y cuáles son los impactos que provoca en las comunidades invadidas y en las características de los suelos, comparando diferentes localidades en el entorno de A Coruña donde se desarrollan poblaciones de alta y baja densidad, en las que se realizaron inventarios florísticos y espectros florísticos y corológicos de las comunidades. Además se analizaron: (i) el número y peso de bulbos en muestras de suelo de las localidades analizadas, (ii) el pH y la cantidad de materia orgánica del suelo y (iii) los índices de diversidad de Simpson en cada una de las comunidades. El análisis de las diferentes variables y de los espectros demostró que la estrategia asexual de *O. pes-caprae* no presenta una relación con la densidad de las comunidades. Asimismo, *O. pes-caprae* en alta densidad se relaciona con una menor diversidad de las comunidades, un decrecimiento de la materia orgánica y un aumento del pH del suelo.

**PALABRAS CLAVE:** densodependencia, diversidad, heterostilia, invasión biológica, impacto, *Oxalis pes-caprae*, reproducción asexual.

## RESUMO

*Oxalis pes-caprae* L. (Familia Oxalidaceae) é unha planta herbácea invasora que se caracteriza por presentar heterostilia e pola súa reprodución asexual por medio de bulbos. Na Península Ibérica, esta planta desenvólvese en solos removidos, onde provoca tanto un impacto ecolóxico como económico. Para paliar o efecto da invasión desta especie, cómpre coñecer as características da súa bioloxía e ecoloxía. Este estudo ten como obxectivo caracterizar a estratexia de reprodución asexual de *O. pes-caprae* e os impactos que provoca nas comunidades invadidas e nas características dos solos. Comparáronse diferentes localidades na contorna da Coruña onde se desenvolven poboacións de alta e baixa densidade, nas que se realizaron inventarios e espectros florísticos e corolóxicos das comunidades. Ademais, analizáronse: (i) o número e peso de bulbos en mostras de solo das poboacións analizadas, (ii) o pH e a cantidade de materia orgánica do solo e (iii) os índices de diversidade de Simpson en cada unha das comunidades. A análise das diferentes variables e dos espectros demostrou que a estratexa asexual de *O. pes-caprae* non presenta una relación coa densidade das comunidades. Do mesmo xeito, *O. pes-caprae* en alta densidade relaciónase cunha menor diversidade das comunidades, un decrecemento da materia orgánica e un aumento do pH do solo.

**PALABRAS CHAVE:** densodependencia, diversidade, heterostilia, invasión biolóxica, impacto, *Oxalis pes-caprae*, reprodución asexual.

## ABSTRACT

*Oxalis pes-caprae* L. (Family Oxalidaceae) is an invasive herbaceous plant characterized by its heterostyly and by its asexual reproduction mediated by bulbs. In the Iberian Peninsula, this plant grows on disturbed soils, where it provokes both economic and ecologic impacts. In order to mitigate the effects of the invasion eff, the biology and ecology of the species ecology must be studied. This study aims at characterizing the asexual reproductive strategy of *Oxalis pes-caprae*, as well as assessong the impacts on the invaded communities and the characteristics of the soil. Different *Oxalis pes-caprae* populations with high and low densities were compared. Floristic inventories and floristic and chorological spectra were made in the communities. In addition to this, (i) bulb number and densityt from soil samples from the analysed populations, (ii) soil pH and organic matter and (iii) Simpson diversity indices were analysed per each one of the communities. Our results indicate that the *O. pes-caprae* asexual reproductive strategy does not correlate with population density. Also, high density *O. pes-caprae* correlates with a lower community diversity, decreased soil organic matter and increased soil pH.

**KEY WORDS:** densodependence, diversity, heterostyly, biological invasion, impact, *Oxalis pes-caprae*, asexual reproduction.



# 1. Introducción

## 1.1- Invasión biológica

### 1.1.1 - Concepto de especie invasora

Según Richardson et al. (2011), las especies invasoras son “*aquellas especies exóticas que presentan poblaciones que se renuevan a lo largo de varios ciclos biológicos, produciendo descendencia fértil en gran cantidad y con capacidad de dispersarse grandes distancias del sitio de introducción*”. Por ello, una especie invasora es una especie exótica que se reproduce y dispersa en gran medida en el territorio introducido.

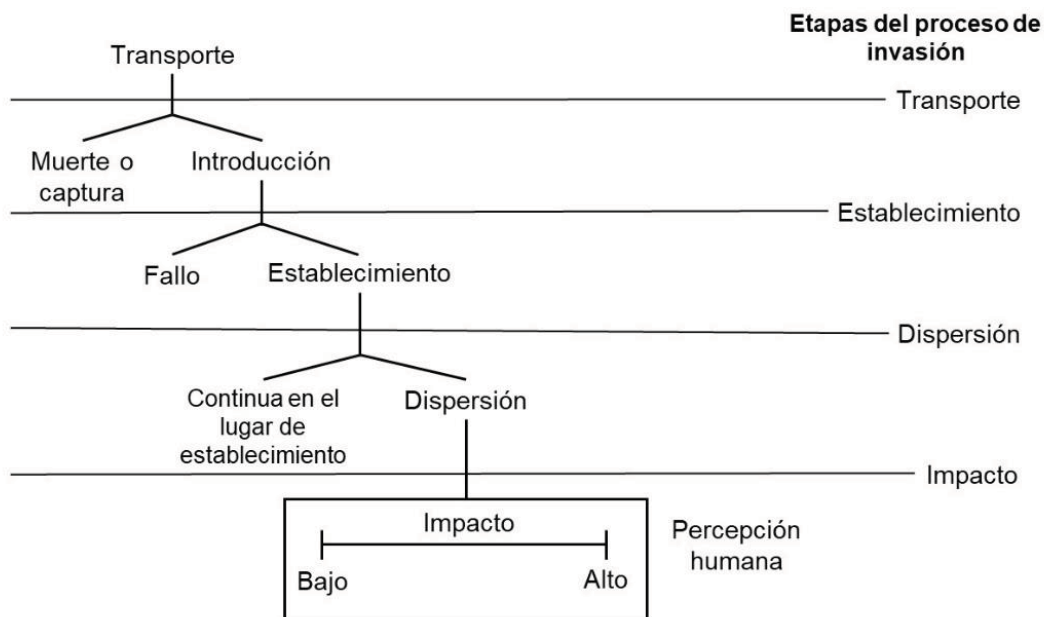
Por otra parte, según la *International Union for Conservation of Nature* (IUCN, 2000), las especies exóticas invasoras son “*aquellas especies exóticas que consiguen establecerse en hábitats y ecosistemas naturales o semi-naturales como un agente que altera y amenaza la diversidad biológica nativa*”. A diferencia de la versión vista anteriormente, en esta también se tiene en cuenta que existe un efecto –normalmente negativo– de dicha especie dentro del hábitat invadido. De acuerdo con la IUCN, el impacto adverso en las comunidades es consustancial a la propia definición de invasión biológica.

### 1.1.2.- Proceso de invasión biológica

Para que la especie introducida se convierta en invasora, la comunidad debe presentar un cambio en sus condiciones ambientales o la especie naturalizada debe ocupar un nicho vacío dentro de dicha comunidad (Moles et al., 2008). Por ello, todas las especies invasoras son introducidas, pero no todas las introducidas son invasoras, ya que en general, la probabilidad de éxito de una especie fuera de su distribución natural –y por ende fuera de su hábitat natal– es muy baja (Williamson & Fitter, 1996).

El proceso de invasión es complejo, ya que depende de características tanto de la especie introducida como del ambiente donde se introduce, y presenta varios pasos. Todo ello se resume en la llamada ley del 10 (Lockwood et al., 2013; Fig. 1): De todas las especies que son transportadas fuera de su distribución nativa, solo el 10% se introducen en nuevas regiones –especies introducidas o alóctonas–; de estas, solo el 10% consiguen establecer poblaciones –especies exóticas o naturalizadas–; y de estas otras, solo el 10% se dispersan y generan un impacto sobre las comunidades donde están introducidas –especies invasoras–.

Existen ciertos rasgos pre-adaptativos que pueden conferir a las especies una mayor capacidad invasora al aumentar su competitividad (Schlaepfer et al, 2010). Así, estos taxones explotarán los nichos vacíos generados por las restricciones filogenéticas que sufren las plantas autóctonas (Mack, 2003). Sin embargo, la capacidad de las especies invasoras para rendir mejor que las nativas es muy variable, pareciendo depender del contexto e historia de la invasión (Daehler, 2003).



**Figura 1:** Esquema del proceso de invasión biológica. Solo el 10% de plantas es capaz de pasar cada nivel (Transporte, Establecimiento, Dispersión e Impacto), según la ley del 10. Las plantas consideradas invasoras serían aquellas que generan un impacto, siendo esta la última etapa del proceso de invasión (modificado de Lockwood et al., 2013)

### 1.1.3.- Ciclo de vida y sistema reproductivo en plantas invasoras

Las invasiones biológicas dependen en gran medida del ciclo de vida y reproducción para ser capaces de establecerse y adaptarse en los nuevos hábitats (Bosssdorf et al., 2005). Los sistemas reproductivos de las angiospermas son muy diversos y complejos, además de mostrar una gran flexibilidad especialmente en el binomia reproducción sexual/asexual-. Otros factores importantes en la biología de la invasión son el grado de autofertilización frente a la exogamia, el vector usado para la polinización y para la dispersión y para la rapidez con la que se reproduce durante su ciclo de vida (Bosssdorf et al., 2005). La reproducción asexual permite el crecimiento rápido de las poblaciones evitando que se extingan, especialmente en ausencia de polinizadores (Morgan et al, 2005). Sin embargo, las poblaciones asexuales sufren un cuello de botella al no mostrar variabilidad genética, requiriendo múltiples eventos de introducción para suavizar los efectos de la deriva genética (Dlugosch & Parker, 2008). Del mismo modo, la ploidía juega un papel importante en el establecimiento de poblaciones fuera del rango nativo, ya que los organismos poliploides presentan una mayor capacidad de colonización y una mayor tolerancia a condiciones ecológicas extremas, presentando una menor depresión endogámica por el efecto diluyente de presentar un mayor número de alelos que enmascaran las mutaciones deletéreas (Soltis & Soltis, 2000). Debido a que la poliploidía permite una mayor plasticidad fenotípica y una mejor adaptabilidad, las plantas invasoras tienden a mostrar mayores niveles de ploidía con respecto a sus poblaciones nativas (Pandit et al., 2006).

### 1.2.- Impacto de las invasiones biológicas

En general, las especies invasoras generan problemas en los ecosistemas donde se encuentran debido a que compiten con las especies nativas, llegando a desplazarlas e incrementando la probabilidad de extinción. La reducción de la

diversidad en las comunidades genera grandes efectos en su funcionamiento, provocando el empobrecimiento de los ecosistemas y generando cambios en los factores abióticos como la disponibilidad de recursos o los ciclos de los elementos (Hawkes et al, 2005). Las especies invasoras están consideradas como una de las mayores amenazas para la conservación, produciendo enormes daños en los sistemas productivos (Comisión Europea, 2017).

Debido a todo lo anterior, existe un gran interés en el estudio de especies invasoras para comprender su biología, ecología y qué características provocan la invasión en ambientes introducidos, así como qué estrategias y métodos son más efectivos para combatirlas (Heger & Trepl, 2003; Fournier et al., 2019).

### 1.3.- *Oxalis pes-caprae* L.

#### 1.3.1.- Descripción morfológica

*Oxalis pes-caprae* L. (familia Oxalidaceae) es una geófita herbácea, perenne y rizomatosa que presenta hojas largamente pedunculadas (hasta 20 cm), organizadas en una roseta basal. El limbo foliar es trifoliado, siendo cada lóbulo obcordado y emarginado (8-20 mm x 12-30 mm). El aparato vegetativo de la especie es responsable de su reproducción asexual, que puede tener lugar por la fragmentación del rizoma o por la formación caulinar de pequeños bulbos de resistencia. Estos bulbos son asimismo responsables de la dispersión de la especie en las áreas invadidas (Castroviejo, 2012; García, 2016).

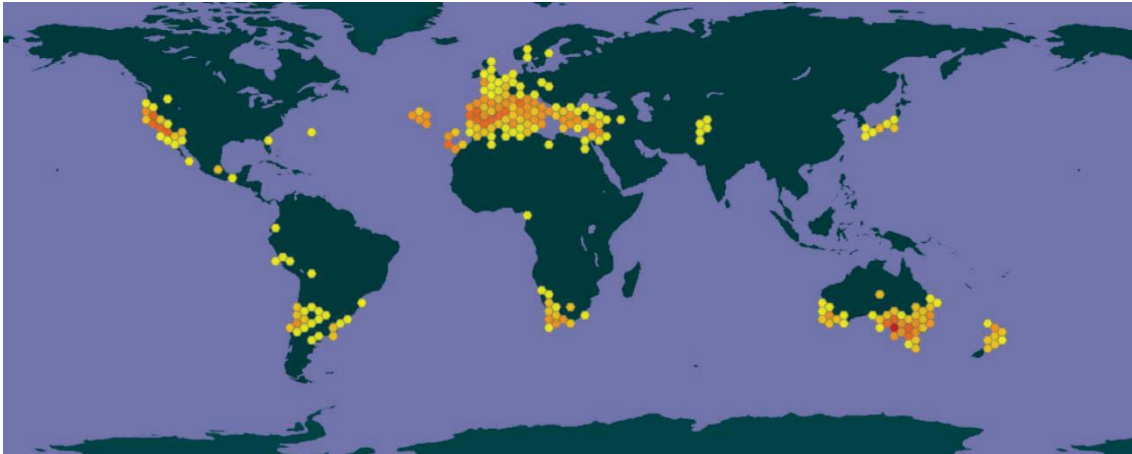
En las flores aparecen 3 verticilos fértiles: un androceo formado por 10 estambres presentes en 2 verticilos a distintas alturas y un gineceo sincárpico pentalocular con 5 estilos. El fruto en cápsula autócora, oblonga, corta y dehiscente (Fagúndez & Barrada, 2007; MITECO, 2021).



**Figura 2** Tapiz de *O. pes-caprae*. Autor: Carlos Alcalde Azpiazu.

#### 1.3.2.- Corología

*Oxalis pes-caprae* es una especie autóctona del reino biogeográfico Capense (Manning and Paterson-Jones, 2007). Este reino está dominado por formaciones vegetales xerófilas arbustivas en las que son frecuentes plantas geófitas bulbosas como *O. pes-caprae*. Esta flora está adaptada a un clima templado



**Figura 3:** Mapa de distribución de *O. pes-caprae* (GBIF Backbone Taxonomy, 2021).

marítimo y suelos bien drenados y pobres en nutrientes (Manning & Paterson-Jones, 2007). Numerosos elementos de este reino son invasoras en nuestro territorio, como es el caso de *Helychrysum petiolare* Hilliard & B. L. Burtt o *Carpobrotus edulis* (L.) N. E. Br. (Fagúndez & Barrada, 2007).

A nivel global, *O. pes-caprae* aparece como invasora cosmopolita tanto en ambientes cálidos como fríos, pero teniendo mayor afinidad por climas mediterráneos. En Europa (Fig. 4), aparece como una especie introducida en toda la cuenca del mediterráneo, pero también en países más atlánticos como Portugal, Reino Unido e incluso los archipiélagos de Madeira, Azores y Canarias (Henning & Raab-Straube, 2016).

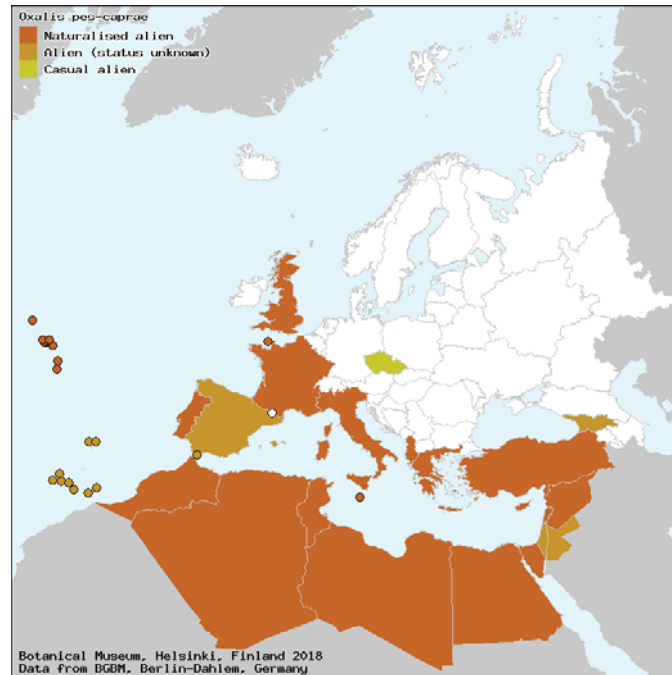
En la Península Ibérica, su invasión afecta principalmente a la región mediterránea, en concreto en todo el litoral desde Andalucía hasta Cataluña (GBIF, 2021), donde aparece la asociación *Citro-oxalacetum pedis-caprae* O. Bolòs –plantaciones de cítricos con grandes tapices de *O. pes-caprae* y otras plantas vivaces– (SIVIM, 2021). En Galicia, su distribución se limita únicamente a las regiones costeras (A Coruña, Lugo y Pontevedra), donde aparece en toda clase de comunidades ruderales y dunas alteradas (Fagúndez & Barrada, 2007). Por ello, aparece registrada en el Catálogo Español de Especies Invasoras (MITECO, 2021).

### 1.3.3.- Sistema reproductivo y método de dispersión

*Oxalis pes-caprae* presenta heterostilia con 3 morfotipos, polinización entomófila y dispersión autócora. Los morfotipos florales se diferencian por la longitud de sus estilos y filamentos: plantas flores de estilo corto y estambres medio-largos (S), flores de estilo mediano y estambres cortos y largos (M) y flores de estilo largo y estambres medio-cortos (L). Además, la planta presenta autoincompatibilidad entre los tipos florales, de tal forma que solo se puede



reproducir al cruzar los gametos con una flor de un tipo floral diferente al suyo (Ornduff, 1987).



**Figura 4:** Mapa de distribución de *O. pes-caprae* en Europa y Mediterráneo. Los distintos países se clasifican en 3 rangos según el nivel de invasión: introducida casual (Casual alien), introducida (Alien) y naturalizada o exótica (Naturalised alien) (Henning & Raab-Straube, 2016).

En su distribución nativa, *O. pes-caprae* combina la reproducción sexual con la asexual, mientras que en sus áreas de invasión, la reproducción solo ocurre asexualmente. Los bulbos son generados en las partes caudales de la planta –rizoma y raíces– quedando depositados cerca de la planta madre. Los movimientos de dispersión a mayores distancias están mediados por factores antropógenos, aunque el viento y el agua pueden facilitar su dispersión ocasionalmente (Verdaguer et al., 2010).

Las poblaciones introducidas solo muestran los morfotipos de las plantas que fueron transportadas, incluso llegando a formar poblaciones monomórficas (Castro et al., 2007). Sin embargo, se ha detectado reproducción sexual ocasional. Si bien esta parece ser anecdótica. (Castro et al., 2007). Además, en la Península Ibérica, las diferentes poblaciones de *O. pes-caprae* presentan dos diferentes niveles de ploidía: pentaploides y tetraploides, lo que se ha interpretado como evidencia de múltiples eventos de introducción. (Castro et al., 2013).

#### 1.3.4.- Tratamientos contra la invasión

Existen tres tratamientos para el control de las poblaciones de *Oxalis pes-caprae*, enfocados en su erradicación: mecánicos, por medio de la eliminación directa de los bulbos, arrancando la planta para agotar las reservas de los bulbo o recubriendo las matas; químico, por medio de la aplicación de productos con glifosato –siendo este el más genérico; y biológico, donde se propuso el uso del agente biológico *Klugeana philoxalis* (Kluge, 1990).

A pesar de todo, la mayoría de tratamientos son muy genéricos o no muy eficaces: el control por recubrimiento es más efectivo en *O. purpurea*, el tratamiento con glifosato varía su efectividad según el momento del año y la etapa de desarrollo de la planta y la extracción de los bulbos o la planta puede no ser eficaz si queda algún bulbo o si no se realiza en el momento oportuno (Fagúndez & Barrada, 2007).

## 2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es caracterizar la estrategia de reproducción asexual en *Oxalis pes-caprae*, el impacto que provoca en la diversidad de las comunidades invadidas y su efecto sobre diferentes características del suelo (pH y materia orgánica). En particular se estudiaron áreas con diferente grado de afectación de *O. pes-caprae* (alta y baja densidad) con la premisa de que una mayor densidad de esta especie invasora provocará un mayor impacto en la comunidad nativa y su medio. El trabajo pretende también estudiar cambios en la estrategia reproducción asexual (densidad y tamaño de bulbos) de *O. pes-caprae* en función de las densidades poblaciones en las que se encuentra.

## 3. Material y métodos

### 3.1.- Área de estudio

Se escogieron 3 localidades del entorno de A Coruña donde hubiera poblaciones de *O. pes-caprae*: el monte de San Pedro, la Península de la torre de Hércules y Elviña (Fig 5a-c, coordenadas en las Tablas 8a-13a del Anexo). Dentro de cada



**Figura 5:** Mapas de las localidades de A Coruña seleccionadas para realizar el muestreo: San Pedro (5a), Torre de Hércules (5b) y Elviña (5c). En cada sitio aparece marcados los lugares donde se realizaron los transectos de alta (T2, T4 y T6) y baja densidad de *O. pes-caprae* (T1, T3, T5). Las coordenadas de las parcelas de cada transecto están recogidas en las tablas 8<sup>a</sup>-13<sup>a</sup> del Anexo. Extraídos de Google Earth.

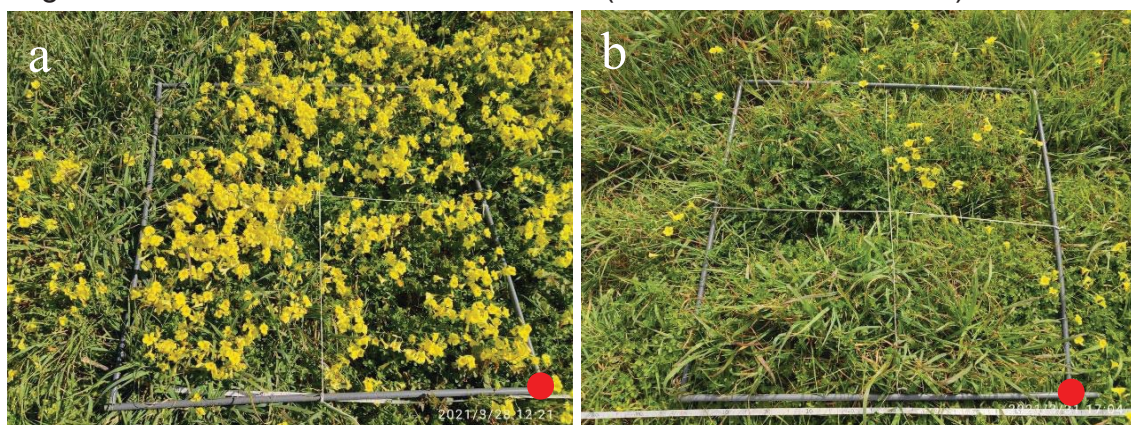
localidad se seleccionaron comunidades con alta y baja densidad de *O. pes-caprae*, estimando la densidad por observación directa. Las localidades fueron escogidas por su proximidad geográfica y por su similitud ecológica y geológica. Gracias a esta semejanza, muchos parámetros se mantienen constantes, por lo que las diferencias observadas serán más fáciles de atribuir.

### 3.2.- Toma de datos de vegetación

#### 3.2.1.- Establecimiento de las parcelas de muestreo

En cada una de comunidades seleccionadas –alta y baja densidad de *O. pes-caprae* para cada una de las localidades– se realizó un transecto lineal de 20 metros de largo, cortando la población de *O. pes-caprae* transversalmente. Cada transecto se dividió en segmentos de 4m y se realizó un análisis de la vegetación en una parcela de 1x1m en cada inicio de segmento desde el metro 0, (Figs. 6a y 6b).

En los transectos, solo se obtuvieron datos de aquellos segmentos cuyo inicio cayera encima de una mata de *O. pes-caprae*, de modo que en los transectos de baja densidad de Elviña y San Pedro solo se muestrearon 4 parcelas. En los restantes transectos, se realizaron las parcelas en los metros 0, 4, 8, 12 y 16. Los datos de cada parcela –Fecha, Localidad, Coordenadas y Cobertura vegetal– se anotaron en diferentes tablas (Tabla 8a-13a del Anexo).



**Figura 6:** Parcela de población de alta densidad (a) y de baja densidad (b) de *O. pes-caprae*. El tamaño de la parcela es de 1x1m y presenta subdivisiones a la mitad para facilitar el cálculo de la cobertura por el método visual. Las parcelas se realizaron en el primer metro de cada segmento en el que se dividió el transecto, situando la esquina inferior derecha en dicho punto, el cual aparece marcado por el círculo rojo en las imágenes. Autor: Carlos Alcalde Azpiazu.

#### 3.2.2.- Realización de inventarios florísticos y obtención de muestras

Se realizaron inventarios florísticos en cada una de las parcelas siguiendo la metodología sigmatista (Braun Blanquet, 1979). Se realizó una lista de las especies presentes en la comunidad y se estimó su cobertura en cada parcela (Tablas 8b-13b del Anexo). Además, de cada parcela se extrajeron volúmenes de suelo –del horizonte superficial– similares entre si –aproximadamente 10x10x10 cm– de zonas donde hubiera matas de *O. pes-caprae*. Estas muestras fueron llevadas al laboratorio donde se procedió a su secado a 50°C.



### 3.3.- Medidas

#### 3.3.1.- *Procesado del suelo y extracción de bulbos*

De las muestras de suelo se determinó el peso de suelo seco una vez retirados los restos de vegetación y piedras por medio de un tamizado de la tierra – usando un tamiz de 2mm de poro– retirando a su vez todos los bulbos encontrados en la misma, secándolos a 50°C. Se realizó un conteo de bulbos y su pesado –colectivamente y los bulbos de mayor y menor tamaño– y se estimó su densidad en cada muestra. El pesado de bulbos se llevó a cabo con una balanza de precisión XE Series (Denver Instruments Co, Arvada, USA). Finalmente, se calculó el tamaño promedio de los bulbos de cada muestra. Por otro lado, se estrajeron 2 alícuotas de 10g de suelo de la tierra tamizada para determinar su contenido en materia orgánica y el pH edáfico.

#### 3.3.2.- *Determinación de pH y de la cantidad de materia orgánica*

El pH edáfico se estimó según la metodología de Carter & Grynch (2008), y empleando un pHmetro Crison microPH 2001 (Crison Instruments, Barcelona). Por otra banda, La cantidad de materia orgánica se calculó según el método de ignición de Neison & Sommers (1996), que consiste en pesar la muestra antes y después de aplicar un tratamiento de calor a 400°C durante 12 horas en una mufla. No se llevó a cabo un paso previo de eliminación de la caliza por no estar presente en las zonas de estudio. Para ambas medidas se emplearon las alícuotas de 10g de suelo tamizado mencionadas en el paso anterior.

### 3.4.- *Análisis de la diversidad vegetal*

A partir de los porcentajes de cobertura se obtuvieron los índices de dominancia de Braun-Blanquet para cada especie por cada transecto (Tabla 8b-13b del Anexo). Para calcular los índices de diversidad, se hizo una transformación de los niveles a valores numéricos correspondientes con diferentes intervalos de cobertura (Tabla 1). Las tablas de índices de dominancia modificados fueron importadas en el programa Rstudio (<https://www.R-project.org/>), donde se obtuvieron los índices de diversidad de Simpson de cada parcela por medio del paquete vegan (Oknassen et al, 2020).

<u>Porcentaje de cobertura</u>	<u>Índice de Braun-Blanquet</u>	<u>Índice modificado</u>
≤1%	+	1
1% – 5%	1	2
5% – 25%	2	3
25% – 50%	3	4
50% – 75%	4	5
75% – 100%	5	6

**Tabla 1:** Relación entre los porcentajes de cobertura y los distintos niveles del índice de dominancia de Braun-Blanquet. En la tercera columna aparece el índice de dominancia modificado usado para generar las tablas de cobertura de los análisis estadísticos de diversidad.

Los índices de cobertura descritos en la Tabla 1 también se emplearon en el análisis exploratorio de las comunidades vegetales mediante los espectros florístico –basados en las diferentes familias presentes– y corológico –basado en la distribución geográfica de las especies– de las comunidades presentes en las parcelas estudiadas. Los datos empleados en el primero de los espectros se



basaron en Castroviejo et al. (2012), mientras que para el segundo se siguió a Aizpuru et al. (2015).

### 3.5.- Análisis estadístico de las medidas

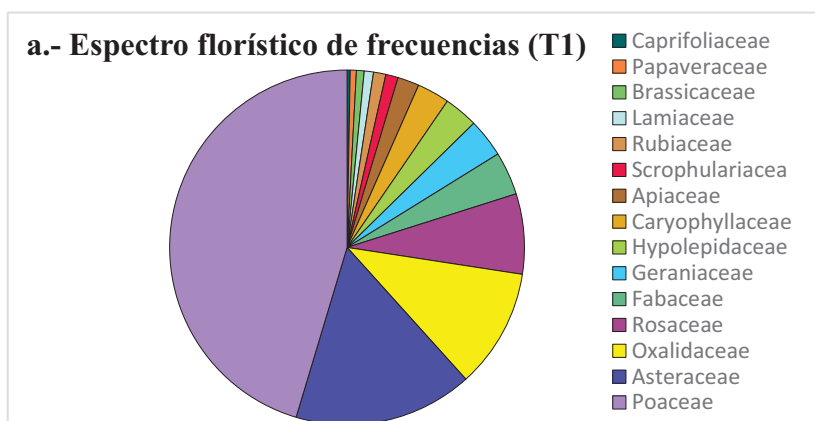
El análisis estadístico se llevó a cabo con los datos de las tablas 13a y 13b del Anexo. A partir de la matriz de datos se obtuvieron los gráficos de cajas de cada variable usando el paquete graphics (R Core Team, 2020). Para realizar la comparación de las variables en alta y baja densidad, se planteó el modelo ANOVA unifactorial –previamente comprobando la existencia de interacción entre la localidad y la densidad por medio del modelo ANOVA con interacción– para cada variable independiente por medio del paquete stats (R Core Team, 2020). Posteriormente, se realizó un contraste múltiple por medio del método de Scheffe para diseños no balanceados usando el paquete asbio (Aho, 2020).

En el caso de no cumplimiento de normalidad pero si el cumplimiento de homocedasticidad –comprobadas por medio del test de normalidad de Shapiro-Wilk por medio de los paquete stats y lmtest (Zeileis & Hothorn, 2002)– se compararon las variables usando un análisis no-paramétrico por medio de la prueba de Kruskal-Wallis y se realizó un contraste múltiple por medio del test de rangos de Wilcoxon con el método de corrección de bonferroni, utilizando el paquete stats.

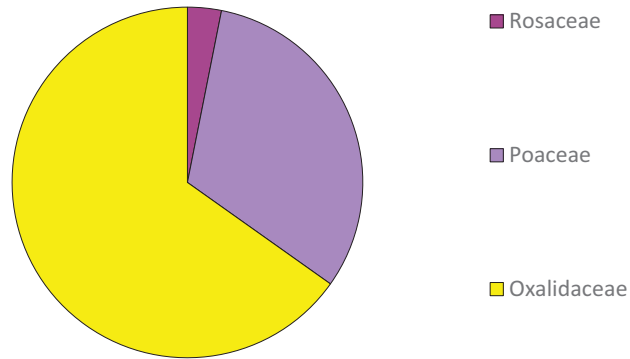
## 4. Resultados

### 4.1.- Espectros florísticos y corológicos

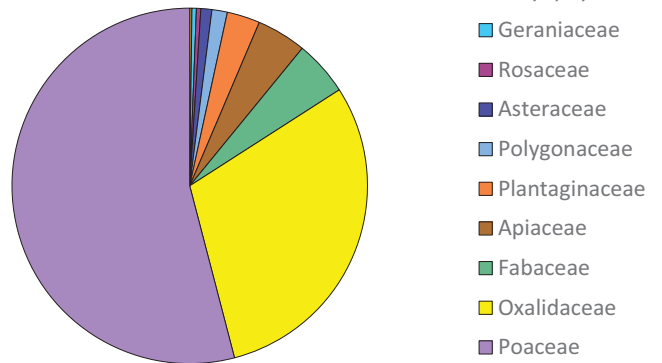
En los espectros florísticos de los transectos de alta densidad (Fig. 7b, 7d y 7f), vemos que en general las familias más representadas son Poaceae y Oxalidaceae: en el transecto 2 y en el 6, la primera familia es Oxalidaceae (65.18% y 51.01% respectivamente) y la segunda Poaceae (31.70% y 39.48% respectivamente); por el contrario, en el transecto 4 este patrón se invierte, siendo la primera Poaceae (45.85%) y la segunda Oxalidaceae (39.06%). En cambio, en los transectos de baja densidad (Fig. 7a, 7c y 7e), vemos que Poaceae aparece como la familia más representada (45.36% en el transecto 1, 54.05% en el transecto 3 y 33.71% en el transecto 5), mientras que la segunda familia varía entre los 3 transectos: en el transecto 1 aparece Asteraceae (16.32%); en el transecto 3, Oxalidaceae (30.03%); y en el transecto 5 Hypolepidaceae (30.07%)



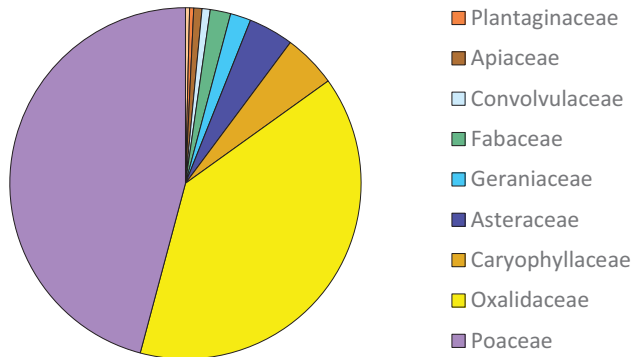
**b.- Espectro florístico de frecuencias (T2)**



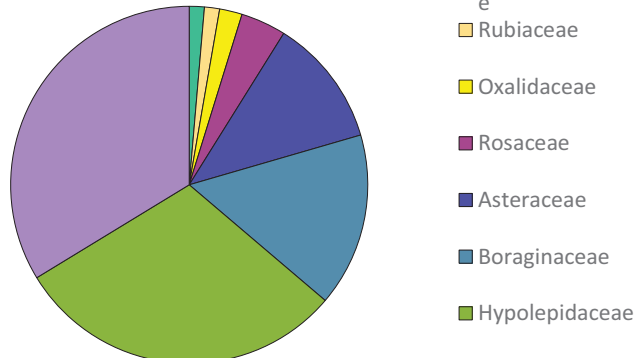
**c.- Espectro florístico de frecuencias (T3)**

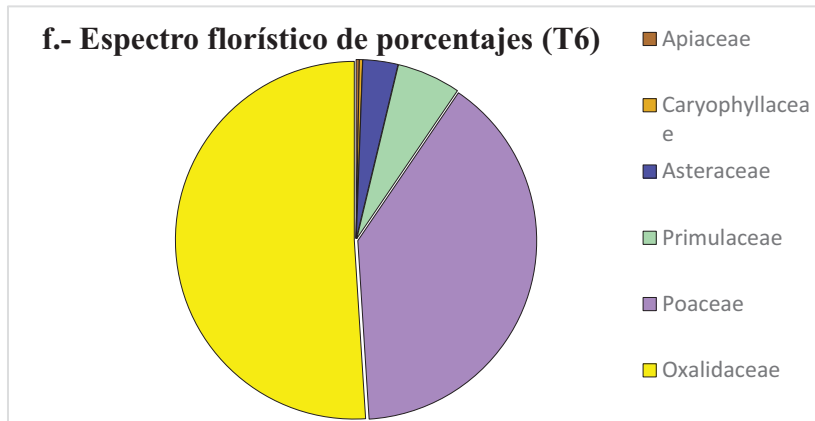


**d.- Espectro florístico de frecuencias (T4)**



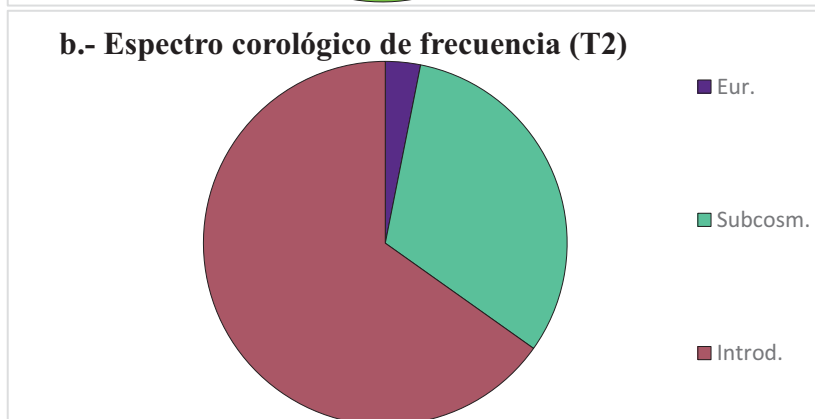
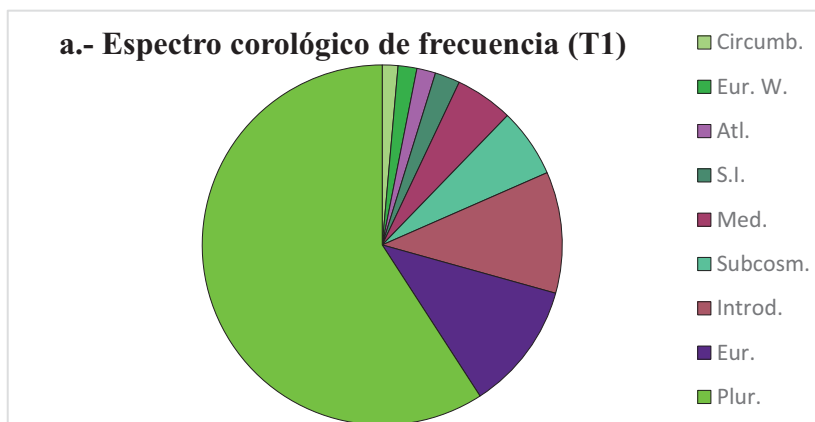
**e.- Espectro florístico de porcentajes (T5)**

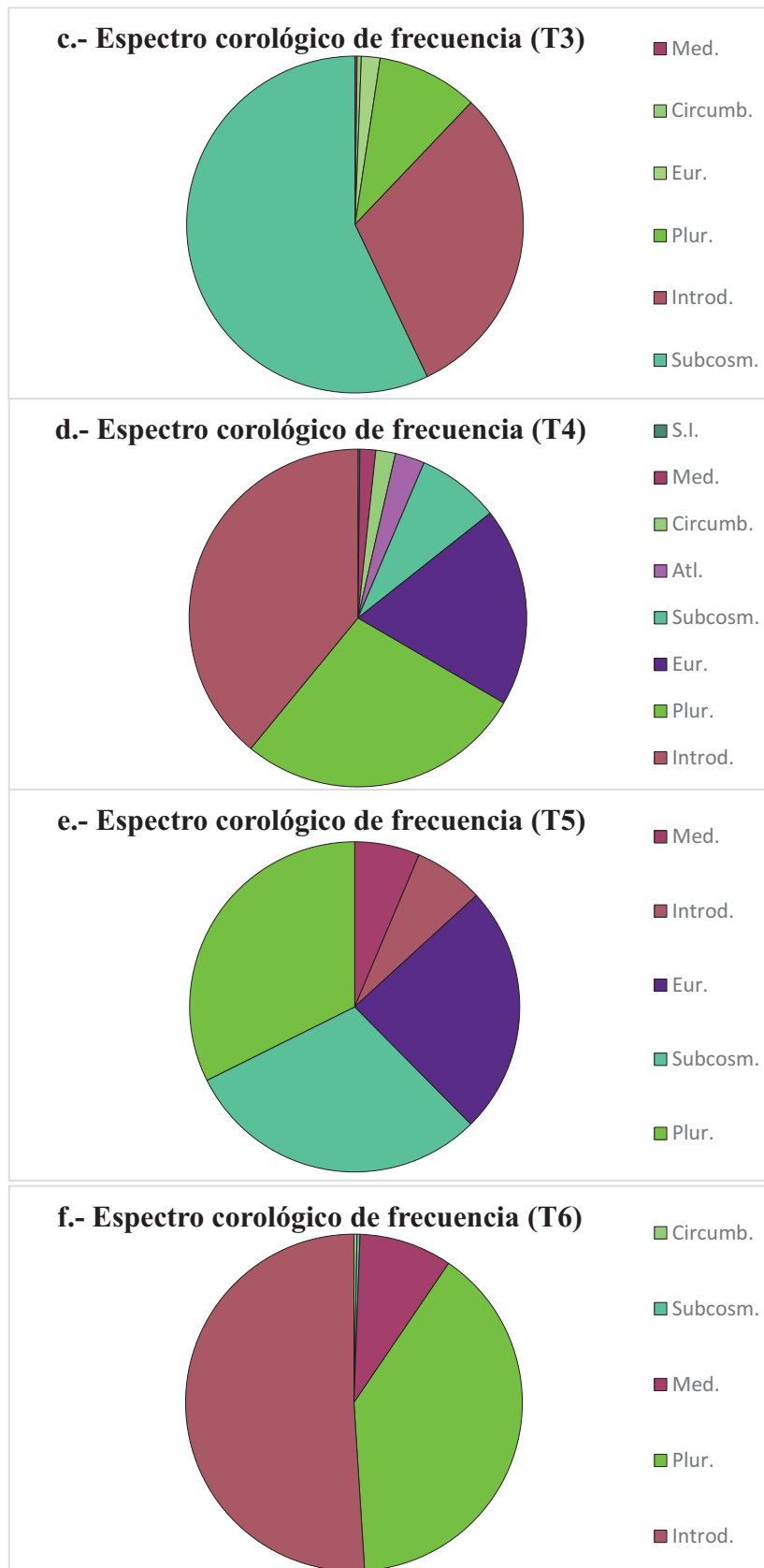




**Figura 7:** Espectros florísticos (a: transecto 1; b: transecto 2; c: transecto 3; d: transecto 4; e: transecto 5; y f: transecto 6). Las familias se basaron en Castroviejo et al., 2012.

Por otro lado, al analizar los inventarios corológicos (Fig. 8a-f) vemos que en los transectos de alta densidad los elementos más representados son: en primer lugar los introducidos (65.18% en el transecto 2, 39.06% en el transecto 4 y 51.01% en el transecto 6) junto con los elementos pluriregionales (39.48% en el transecto 6), subcosmopolitas (31.70% en el transecto 2) y de nuevo los pluriregionales (27.55%). En cambio, en los transectos de baja densidad nos encontramos más variabilidad: los elementos más representados en el transecto 1 son los pluriregionales (59.14%) junto con los eurosiberianos (11.53%); en el transecto 3 los subcosmopolitas (57.06%) junto con los introducidos (30.83%); y en el transecto 5, los pluriregionales (32.34%) y subcosmopolitas (30.06%).

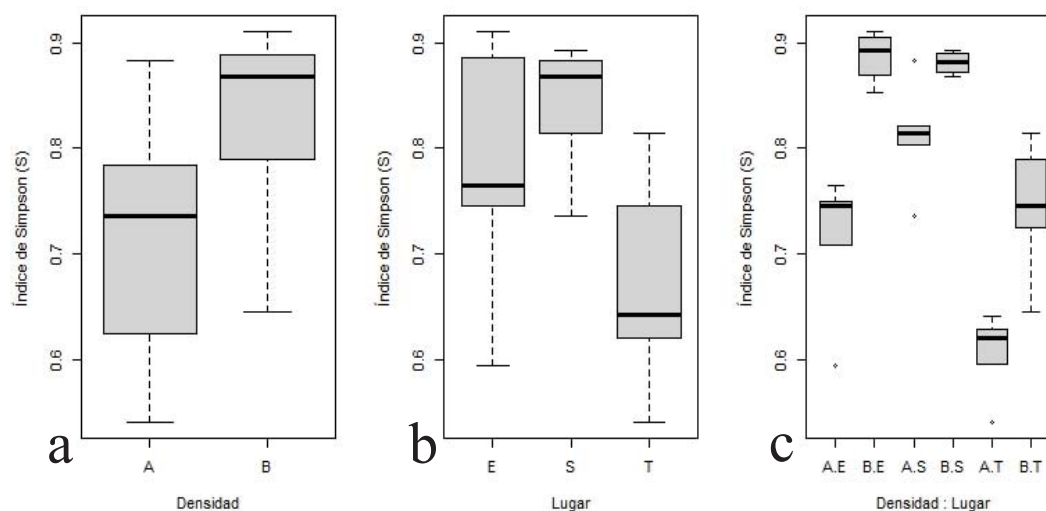




**Figura 8:** Espectros corológicos (a: transecto 1; b: transecto 2; c: transecto 3; d: transecto 4; e: transecto 5; y f: transecto 6). Las diferentes distribuciones representadas son: Circumb. (Circumboreal);, Subcosm. (Subcosmopolita); Eur. (Eurosiberiano), Atl. (Atlántico); Eur. W (Atlántico, Oeste de Europa), Med. (Mediterráneo); Plur. (Pluriregional); Introd. (Introducida) y S.I. (Sin Información), basados en Aizpuru et al., 2015.

## 4.2.- Índices de diversidad de Simpson

Al comparar los índices de diversidad de Simpson en alta densidad y baja densidad vemos que existe una pequeña diferencia, aunque la variabilidad de ambos grupos es alta (Fig. 9a). Por otro lado, al comparar los índices de diversidad entre localidades, la Torre presenta valores menores que Elviña y San Pedro (Fig. 9b). No obstante, al realizar la comparación teniendo en cuenta ambas variables, los valores de alta densidad son más bajos que los de baja densidad para las 3 localidades (Fig. 9c).



**Figura 9:** Gráficos de cajas de los índices de Simpson: por densidad de población (a), comparando A (alta densidad) con B (baja densidad); por lugar (b), comparando entre E (Elviña), S (San Pedro) y T (Torre); y con ambos factores (c).

El test de normalidad de Shapiro-Wilk para la distribución de los índices de diversidad resultó significativo (p-valor de 0.2333), por lo que realizó el estudio por medio del contraste ANOVA (Tabla 2), obteniendo un estadístico F significativo para la variable densidad y la interacción entre densidad y lugar (p-valor de  $5.68 \cdot 10^{-7}$  y  $0.0334$  respectivamente).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Densidad	1	4.437	4.437	48.232	$5.68 \cdot 10^{-7} < 0.05$
Lugar	2	6.074	6.074	33.015	$2.38 \cdot 10^{-7}$
Densidad:Lugar	2	0.733	0.733	3.983	$0.0334 < 0.05$
Residuals	22	2.024	0.092		

**Tabla 2:** Tabla ANOVA del contraste del índice de diversidad para las variables densidad y lugar. En las columnas se muestran, por orden: df (grados de libertad), Sum Sq (suma de cuadrados), Mean Sq (suma media de cuadrados), F value (estadístico F) y Pr(>F) (p-valor del estadístico F).

En la comparación múltiple por el método de Scheffé de la variable densidad, obtenemos una diferencia significativa entre alta y baja densidad (p-valor de  $1.267 \cdot 10^{-3}$ ), con una media de  $-0.79817$  y su intervalo de confianza del 95%:  $(-1.25211, -0.34424)$ , aunque al comprobar las diferencias de la interacción densidad por localidad, vemos que solo se obtiene una diferencia significativa para Elviña (p-valor de  $1.42 \cdot 10^{-4}$ ), con una media de  $-1.32031$  y su intervalo de confianza al 95%:  $(-2.06248, -0.57814)$  (Tabla 3).

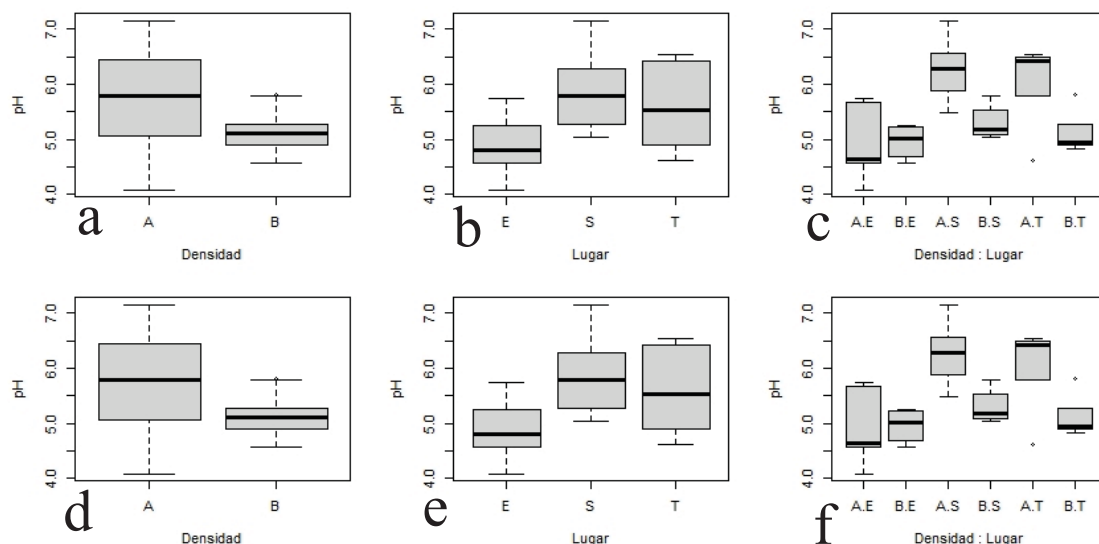
	Dif.	Inferior	Superior	Decisión	Adj. p-valor
mu A – mu B	-0.79817	-1.25211	-0.34424	Reject H0	<b>0.001267</b>
mu A:E – mu B:E	-1.32031	-2.06248	-0.57814	Reject H0	<b>0.000142</b>
mu A:S – mu B:S	-0.62398	-1.36615	0.11819	FTR H0	0.138672
mu A:T – mu B:T	-0.62397	-1.32370	0.07575	FTR H0	0.101557

**Tabla 3:** Comparaciones múltiple por el método de Scheffe para diseños no-balanceados, realizado para la densidad y la interacción densidad y lugar. Cada columna representa, por orden: Dif (diferencia), Inferior (límite inferior del intervalo de confianza al 95%), Superior (límite superior del intervalo de confianza, Decisión (rechazar o aceptar la hipótesis nula) y Adj. p-valor (p-valor de la diferencia). La primera fila muestra la comparación usando solo la variable densidad, siendo los niveles alta (A) y baja (B), mientras que en las demás filas se realizó la comparaciones distinguiendo por localidad (E: Elviña, S: San Pedro y T: Torre).

### 4.3.- Materia orgánica y pH

En la distribución de la relación de la cantidad de materia orgánica por cantidad de suelo, existe diferencia entre las distribuciones de alta y baja densidad (Fig. 10a), siendo menor en alta densidad, mientras que las distribuciones resultaron similares entre las 3 localidades (Fig. 10b). Al realizar la comparación entre densidades teniendo en cuenta la localidad, la diferencia más notoria ocurre en Elviña, seguido de la Torre, y en San Pedro vemos que no existe una gran diferencia (Fig. 10c).

De la misma forma, el pH presenta distribuciones algo similares entre las 3 localidades (Fig. 10e), mientras que presenta distribuciones solapadas al comparar las densidades, siendo baja densidad la de menor variabilidad (Fig. 10d). Al comparar las distribuciones de los pH entre densidades teniendo en cuenta la localidad, vemos que Torre presenta la mayor diferencia, aunque aparecen valores atípicos en ambas distribuciones, seguido por San Pedro y por último Elviña, donde no parece haber diferencia (Fig. 10f).



**Figura 10:** Gráficos de cajas de cantidad de materia orgánica (a-c) y de pH (d-f) del suelo. Las comparaciones se realizan: por densidad de población (a y d), comparando A (alta densidad) con B (baja densidad); por lugar (b y e), comparando entre E (Elviña), S (San Pedro) y T (Torre); y con ambos factores (c y f).

El test de normalidad de Shapiro-Willks para la distribución de la materia orgánica resultó significativo para la normalidad, con un p-valor de 0.2289. Por

otro lado, el test de Breush-Pagan resultó significativo para la homocedasticidad, con un p-valor de 0.4382, por lo que se realiza el estudio por medio del contraste ANOVA (Tabla 4), obteniendo estadísticos F significativos para la variable

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Densidad	1	0.08269	0.08260	17.026	<b>4.43·10<sup>-4</sup> &lt; 0.05</b>
Lugar	2	0.00244	0.00122	0.252	0.7802
Densidad:Lugar	2	0.08801	0.04401	9.061	<b>1.347·10<sup>-3</sup> &lt; 0.05</b>
Residuals	22	0.1684	0.00486		

**Tabla 4:** Tabla ANOVA del contraste de materia orgánica con respecto a las variables de densidad y lugar. En las columnas se muestran, por orden: df (grados de libertad), Sum Sq (suma de cuadrados), Mean Sq (suma media de cuadrados), F value (estadístico F) y Pr(>F) (p-valor del estadístico F).

densidad y para la variable interacción densidad y lugar (p-valor de  $4.43 \cdot 10^{-4}$  y  $1.347 \cdot 10^{-3}$  respectivamente).

En la comparación múltiple por el método de Scheffé, obtenemos diferencias significativas entre alta y baja densidad (p-valor de  $2.801 \cdot 10^{-3}$ ), con una media para la diferencia de  $-0.10896$  y su intervalo de confianza del 95% ( $-0.17682$ ,  $-0.04111$ ), aunque al comprobar las diferencias por localidad, vemos que solo se obtiene una diferencia significativa para Torre (p-valor de  $8.351 \cdot 10^{-3}$ ), con una media para la diferencia de  $-0.20068$  y su intervalo de confianza al 95% ( $-0.36146$ ,  $-0.0399$ ) (Tabla 5).

	Dif.	Inferior	Superior	Decisión	Adj. p-valor
mu A – mu B	<b>-0.10896</b>	-0.17682	-0.04111	Reject H0	<b>0.002801</b>
mu A:E – mu B:E	-0.10078	-0.26155	0.06000	FTR H0	0.058659
mu A:S – mu B:S	0.05486	-0.11568	0.22539	FTR H0	0.921689
mu A:T – mu B:T	<b>-0.20068</b>	-0.36146	-0.03990	Reject H0	<b>0.008351</b>

**Tabla 5:** Comparaciones múltiple por el método de Scheffe para diseños no-balanceados para la densidad y la interacción densidad y lugar. Cada columna representa, por orden: Dif (diferencia), Inferior (límite inferior del intervalo de confianza al 95%), Superior (límite superior del intervalo de confianza, Decisión (rechazar o aceptar la hipótesis nula) y Adj. p-valor (p-valor de la diferencia). La primera fila muestra la comparación usando solo la variable densidad, siendo los niveles alta (A) y baja (B), mientras que en las demás filas se realizó la comparaciones distinguiendo por localidad (E: Elviña, S: San Pedro y T: Torre).

Por otro lado, el test de normalidad de Shapiro-Willks para la distribución del pH resultó significativo para la normalidad, con un p-valor de 0.3681. Del mismo modo, el test de Breush-Pagan resultó significativo para la homocedasticidad, con un p-valor de 0.351, por lo que se realiza el estudio por medio del contraste ANOVA (Tabla 6), obteniendo estadísticos F significativos para la variable densidad (p-valor de 0.0157).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Densidad	1	2.392	2.3923	6.856	<b>0.0157 &lt; 0.05</b>
Lugar	2	3.834	1.9169	5.494	0.0116 < 0.05
Densidad:Lugar	2	1.271	0.6355	1.821	<b>0.1854</b>
Residuals	22	7.677	0.3489		

**Tabla 6:** Tabla ANOVA del contraste el pH con respecto a las variables de densidad y lugar. En las columnas se muestran, por orden: df (grados de libertad), Sum Sq (suma de cuadrados), Mean Sq (suma media de cuadrados), F value (estadístico F) y Pr(>F) (p-valor del estadístico F).

En la comparación múltiple por el método de Bonferroni, obtenemos diferencias significativas entre alta y baja densidad, con una media para la diferencia de

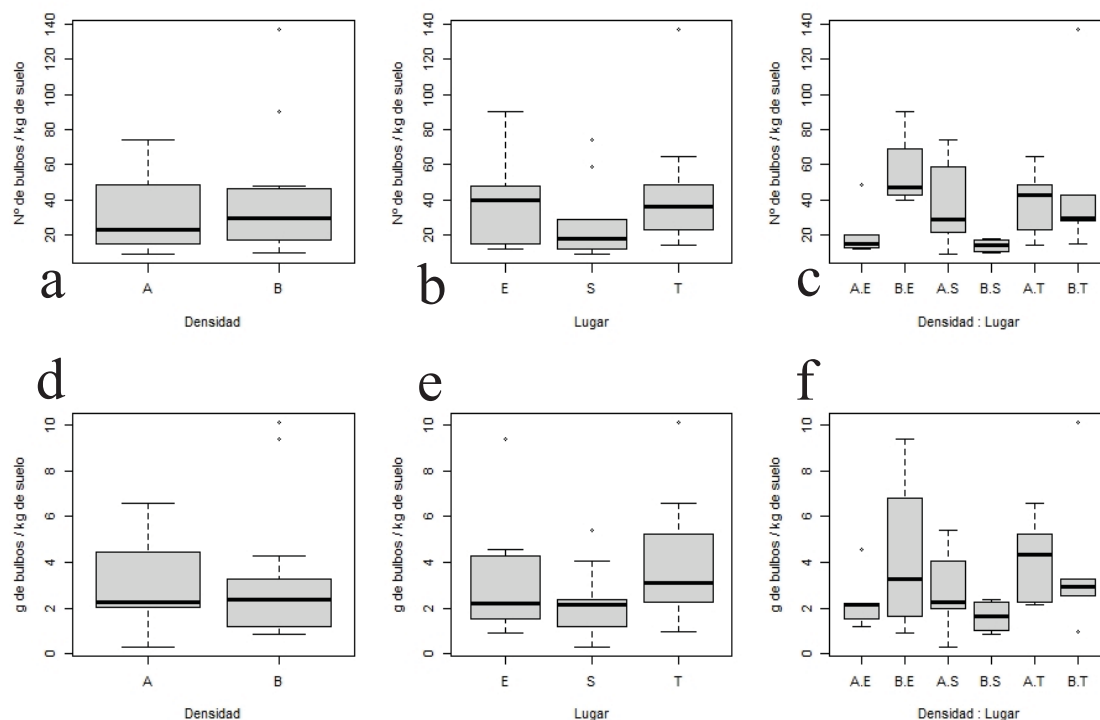


0.5861, su intervalo de confianza del 95% (0.03998, 1.13223) y con un p-valor de 0.036424, resultando la diferencia significativa. La diferencia obtenida comparando alta densidad – baja densidad es positiva, lo cual indica un valor de pH menor en baja densidad.

#### 4.4.- Reproducción asexual

La relación del número de bulbos por peso de suelo presenta distribuciones similares al comparar entre alta y baja densidad (Fig. 11a). Por otro lado, tampoco presenta grandes diferencias entre las distribuciones comparar las 3 localidades (Fig. 11b). Al realizar la comparación teniendo en cuenta ambas variables, solo encontramos una gran diferencia en la localidad de Elviña, donde la baja densidad presenta un valor mayor que alta densidad (Fig. 11c).

Del mismo modo, la relación entre el peso de bulbos medio por peso de suelo presenta distribuciones similares entre alta y baja densidad (Fig. 11d), y distribuciones con pequeñas diferencias al comparar las diferentes localidades (Fig. 11e). Al realizar la comparación con respecto a ambas variables, vemos que la mayor diferencia ocurre en Elviña, donde la baja densidad presenta un valor mayor que la alta densidad (Fig. 11f). En general, vemos que el número de bulbos y el peso de bulbos presentan un comportamiento similar.



**Figura 11:** Gráficos de cajas de la relación de número de bulbos por peso de suelo (a-c) y de peso medio de bulbos por peso de suelo (d-f). Las comparaciones se realizan: por densidad de población (a y d), comparando A (alta densidad) con B (baja densidad); por lugar (b y e), comparando entre E (Elviña), S (San Pedro) y T (Torre); y con ambos factores (c y f).

El test de normalidad de Shapiro-Wilks para la relación del número de bulbos por peso de suelo resulta no significativo para la normalidad, con un p-valor de 0.1804. A su vez, el test de Breusch-Pagan resulta significativo para la homocedasticidad, con un p-valor de 0.06907. Debido a esto, se realizó el estudio de la diferencia por medio del test no paramétrico de Kruskal-Wallis, en



el que se obtiene un  $\chi^2$  de 9.2911 acompañado por un p-valor de 0.098, resultando las diferencias no significativa.

De mismo modo, el test de normalidad de Shapiro-Wilks para la distribución de la relación del peso de bulbos medio por peso de tierra resultó no significativo para la normalidad, donde se obtuvo un p-valor de  $7.381 \cdot 10^{-4}$ , mientras que el test de Breusch-Pagan resultó significativo para la homocedasticidad, con un p-valor de 0.07947. Por ello, también se realizó el estudio de la diferencia por medio del test no paramétrico de Kruskal-Wallis, en el que se obtuvo un  $\chi^2$  de 5.3675 con 5 grados de libertad y un p-valor de 0.3727, resultando las diferencias no significativas.

## 5. Discusión

El objetivo de este trabajo ha sido caracterizar la estrategia de reproducción asexual de la especie invasora *Oxalis pes-caprae*, determinando el efecto de la densidad sobre la inversión en la reproducción asexual. Del mismo modo, se intentó caracterizar el impacto provocado tanto en la diversidad de las comunidades invadidas como de los efectos de la invasión sobre factores abiótico del suelo, en concreto sobre el pH y la materia orgánica.

Las especies invasoras se caracterizan por generar un impacto en las comunidades donde están introducidas (Richardson et al. 2011), lo cual consiguen por medio de la adaptación de sus sistemas reproductivos para establecerse al variar entre sus estrategias de reproducción sexual y asexual (Bossdorf et al., 2005) y lograr adaptarse de forma rápida por medio de eventos de microevolución y plasticidad fenotípica.

Para comprender el efecto que tienen las plantas invasoras sobre las comunidades es importante conocer cuáles son las características biológicas (qué caracteres favorecen la competencia con las comunidades nativas) y ecológicas (cómo funciona el proceso de invasión y las dinámicas poblacionales en especies invasoras) para poder predecir futuras invasiones y diseñar estrategias de gestión para el tratamiento de las invasiones (e.g. Heger & Trepl, 2003).

### 5.1.- Efecto de la invasión sobre la diversidad local

Uno de los principales efectos de *Oxalis pes-caprae* fue la reducción de la diversidad en aquellas comunidades donde estaba introducida. Tal y como muestran nuestros resultados, al comparar los ambientes de baja densidad de *O. pes-caprae* con los ambientes de alta densidad, se produce una reducción significativa de la diversidad –determinada con el índice de diversidad de Simpson– en las comunidades donde había mayor densidad de *O. pes-caprae*. Estos resultados apoyan nuestra hipótesis de que mayores densidades de esta especie provocará mayores impactos en la comunidad nativa, siendo este uno de los efectos típicos en las invasiones biológicas (Pimentel et al., 2001).

Al comparar cómo afecta la reducción de diversidad a los distintos elementos por medio de los espectros florísticos (Fig 7a-f; Fig. 8a-f), las especies de menor representación parecen ser las más afectas, reduciendo drásticamente su cobertura o incluso haciendo que desaparezcan. Sin embargo, las especies más representadas también disminuyen en gran medida su proporción, como es el caso de las asteráceas. Por el contrario, las Poaceae parecen no verse afectadas

por la introducción, debido a que su proporción no varía en gran medida para las diferentes densidades. Esto puede deberse a sus diferencias de crecimiento. Las Asteraceae, abundantes en estas comunidades ruderales, a menudo tienen sus hojas agrupadas en rosetas basales (García, 2016). Éstas quedarán rápidamente cubiertas por las hojas de *O. pes-caprae*. Al tener hojas lineares largas y a menudo esparcidas por toda la caña, las gramíneas sufren menor de la competencia con la especie invasora y mantienen su cobertura. Este sería un posible caso en el que la consecuencia de una invasión biológica es heterogénea en las comunidades invadidas (Melbourne et al., 2007)

Los resultados obtenidos apuntan a que *O. pes-caprae* no presenta ningún patrón sobre el cambio en la estructura de la comunidad, pero sí presenta efectos en el empobrecimiento de las comunidades, reduciendo la variabilidad de los elementos que las componen, y por tanto empobreciendo las comunidades. Por ello, haría falta estudios posteriores sobre el efecto de *O. pes-caprae* en las estructuras de las comunidades para comprender cómo afecta la introducción en cuanto a las formas vitales, polinización y estructura de las comunidades.

## 5.2.- Efecto de la invasión sobre el suelo

Otro de los efectos principales de las plantas invasoras es la alteración de los factores abióticos en las comunidades (Hawkes et al, 2005; Sardans et al, 2017). Nuestros resultados muestran que los suelos con altas densidades de *O. pes-caprae* presentan una menor cantidad de materia orgánica que los suelos donde las densidades de *O. pes-caprae* eran menores. Este efecto podría deberse a tres posibilidades: (i) que la reducción de la diversidad provocada en las comunidades donde se desarrolla *O. pes-caprae* provoca el empobrecimiento en la concentración de carbono al variar el origen de la materia orgánica; (ii) que *O. pes-caprae* tiene mayor facilidad para asentarse en comunidades más pobres, funcionando como una especie oportunista; (iii) o que *O. pes-caprae* genera una fuerte competencia por los recursos, empobreciendo el suelo.

Estudios previos muestran como *Oxalis pes-caprae* tiene un efecto negativo sobre la concentración de carbono en el suelo al reemplazar a las especies nativas debido a su producción primaria menor (Petsikos et al., 2007), lo cual favorecería la primera hipótesis. Por otro lado, las comunidades de la distribución nativa de *O. pes-caprae* se caracterizan por suelos calcáreos y pobres en nutrientes (Manning & Paterson-Jones, 2007), además de que en su rango de invasión, *O. pes-caprae* aparece en comunidades ruderales donde hay un empobrecimiento tanto de la comunidad como de los factores abióticos (Gimeno et al, 2006), lo cual reforzaría la segunda hipótesis. Por otra parte, estudios previos apuntan a que *O. pes-caprae* no es un buen competidor por los recursos (Sala et al. 2007), yendo en contra de la tercera hipótesis. Nuestro estudio es limitado a la hora de esclarecer cuál de las dos hipótesis es la más acertada debido a la necesidad de un análisis más exhaustivo de los componentes del suelo a los que afecta *O. pes-caprae*, e incluyendo un mayor número de poblaciones sobre las que realizar el análisis. Por ello, futuros estudios sobre el efecto de *O. pes-caprae* en los factores abióticos de las comunidades ayudarían a esclarecer cuál es la causa del empobrecimiento en los suelos.

Por otra banda, otro de los factores abióticos del suelo estudiados fue el pH. Existen diversos estudios sobre la capacidad de las plantas invasoras de variar el pH al alterar las concentraciones de nutrientes (Novoa et al, 2014). Nuestros

resultados muestran como el pH presenta diferencias entre alta y baja densidad, siendo menor en baja densidad. Esto implica que en las poblaciones de alta densidad el pH del suelo aumenta, siendo un resultado inesperado ya que se esperaría una disminución del pH debido a la descomposición de la materia orgánica procedente de *O. pes-caprae*, la cual es rica en ácido oxálico (Pedraja, 2015). En estudios previos, existe una relación entre el pH del suelo en las comunidades invadidas por *O. pes-caprae* y el estado de desarrollo en el que esta se encuentra, incluso presentando efectos alelopáticos en las comunidades donde aparece debido a la producción de ácido oxálico (Lorenzo et al. 2021). Sin embargo, la disminución del pH podría estar relacionado con la alteración de las concentraciones de nutrientes en el suelo, provocando un cambio en el equilibrio químico de los compuestos. Por ello, resultaría interesante realizar un estudio más exhaustivo sobre los efectos de *O. pes-caprae* en el suelo, como ya se comentó anteriormente.

### 5.3.- Efectos de la densidad de población en la reproducción asexual

*Oxalis pes-caprae* es una planta que se caracteriza por la presencia de heterostilia, con 3 formas florales (Castro et al., 2007; Ornduff, 1987). A pesar de esto, el sistema reproductivo predominante en las áreas donde *O. pes-caprae* aparece como invasora es la reproducción asexual por medio de bulbos que se dispersan por causas antropógenas, con pocos registros de reproducción sexual fuera de su rango nativo (Castro et al., 2007).

A su vez, la reproducción asexual permite a las plantas invasoras a establecerse fuera de su rango nativo, desarrollando poblaciones que sean capaces de autorenovarse (Bossdorf et al., 2005). Sin embargo, la reproducción asexual obliga a las plantas invasoras a presentar múltiples eventos de introducción para paliar los efectos de los cuellos de botella que sufren las poblaciones introducidas (Dlugosch & Parker, 2008).

Por ello, la etapa de reproducción asexual es determinante durante el establecimiento de poblaciones, ya que determina que una especie sea exitosa y pase al siguiente nivel de la etapa de invasión (Lockwood et al., 2013). En este trabajo, realizamos un estudio de la reproducción asexual de *O. pes-caprae* para comprender si la densidad de población tiene algún efecto sobre la producción de bulbos. En nuestros resultados, obtenemos que tanto el peso de los bulbos por peso de suelo como el número de bulbos por peso de suelo no presentan diferencias entre alta y baja densidad. Estos resultados apuntan a que la reproducción asexual no presenta ningún tipo de respuesta densodependiente. Sin embargo, este estudio se realizó sobre datos totales, sin tener en cuenta la producción de bulbos por individuo. Por ello, sería interesante comprobar en estudios posteriores el esfuerzo que realiza cada individuo, y si existe alguna diferencia en la producción de bulbos individual, pudiendo presentar en este factor algún tipo de respuesta densodependiente.

## 6. Conclusiones

- Las invasiones de *Oxalis pes-caprae* presentan diversos impactos en las comunidades vegetales en las que aparece como introducida, siendo estos impactos la reducción de la diversidad, la modificación de los parámetros abióticos del suelo y la modificación de las comunidades.

- La reducción de la diversidad que produce *Oxalis pes-caprae* parece no presentar ningún tipo de sesgo entre familias y distribuciones de los elementos dentro de las comunidades, presentando un efecto genérico. Sin embargo, es necesario estudios más detallados sobre la modificación de las estructuras de las comunidades para factores como formas vitales, métodos de polinización o métodos de dispersión entre otros.
- Factores abióticos como el pH o la materia orgánica del suelo sufrieron cambios con respecto a la densidad de las poblaciones de *Oxalis pes-caprae*. En concreto, la materia orgánica disminuyó y el pH aumentó, presumiblemente como efecto de la reducción en diversidad y del cambio de la procedencia de la materia orgánica, puesto que en las zonas de alta densidad, *O. pes-caprae* contribuirá más en la materia orgánica generada.
- La estrategia de reproducción asexual de *Oxalis pes-caprae* no presenta ningún tipo de variación con respecto a la densidad de sus poblaciones. No obstante, este estudio comprueba el efecto sobre el conteo total de bulbos, por lo que estudios sobre el esfuerzo de cada individuo al “banco de bulbos” en el suelo comprobaría si realmente no existe ningún tipo de efecto.

## Conclusiones

- As invasión de *Oxalis pes-caprae* presentan diversos impactos nas comunidades vexetais nas que aparece como introducida, sendo estes impactos a redución da diversidade, a modificación dos parámetros abióticos do chán e a modificación das comunidades.
- A redución da diversidade que produce *Oxalis pes-caprae* asemella non presentar ningún tipo de sesgo entre familias e distribucións dos elementos nas comunidades, presentando un efecto xeral. Sen embargo, é mester estudos máis detallados sobre a modificación das estruturas das comunidades para factores como formas vitais, métodos de polinización ou métodos de dispersión entre outros.
- Factores abióticos coma o pH ou a materia orgánica do chán sufriron cambios con respecto á densidade das poboacións de *Oxalis pes-caprae*. En concreto, a materia orgánica diminuíu e o pH aumentou, presumiblemente como efecto da redución en diversidade e polo cambio da procedencia da materia orgánica, posto que nas zonas de alta densidade, *O. pes-caprae* contribuirá máis na materia orgánica xerada.
- A estratexia de reprodución asexual de *Oxalis pes-caprae* non amosa ningún tipo de variación con respecto á densidade das súas poboacións. No obstante, este estudo comprobou o efecto sobre o conteo total de bublos, polo que estudos sobre o esforzó de cada individuo ao “banco de bulbos” no chán comprobaría se realmente non existe ningún tipo de efecto.

## Conclusions

- *Oxalis pes-caprae* invasions show several impacts over the plant communities where *O. pes-caprae* is introduced, as diversity reduction, soil abiotic parameter modification and communities' modification.
- Diversity reduction produced by *Oxalis pes-caprae* seems not to have any type of family or corology distribution bias, as it seems a generic effect over the community. However studies more detailed about communities structure modification will be needed for biotic factors such as life forms, pollination systems or dispersion systems.
- Abiotic factors as pH or organic matter were modified as function of the *Oxalis pes-caprae* population density. Factores abióticos como el pH o la materia orgánica del suelo sufrieron cambios con respecto a la densidad de las poblaciones de *Oxalis pes-caprae*. In particular, organic matter decreased and pH increased, presumably as diversity reduction effect and changes into the organic matter origin, as in high density locations, *O. pes-caprae* will puesto que en las zonas de alta densidad, *O. pes-caprae* will contribute more into the organic matter generation.
- *Oxalis pes-caprae* asexual reproductive strategy doesn't show any type of variation in function of its population densities. However, this study was conducted about bulbs total count. Individual effort in the soils "bulb bank" production studies will prove if actually there's no real effect in its asexual reproductive strategy

## 7. Bibliografía

- Aho, K. (2020) asbio: A Collection of Statistical Tools for Biologists. R package version 1.6-5. <https://CRAN.R-project.org/package=asbio>
- Aizpuru, I., Aseginolaza, C., Uribe-Echebarria P. M., Urrutia, P. & Zorrakin, I. (2015) Claves Ilustradas de la Flora del País Vasco y Territorios Limítrofes. Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia, Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.
- Barrett, S. C. H., Colautti, R. I., & Eckert, C. G. (2008) Plant reproductive systems and evolution during biological invasión. *Molecular Ecology*, Vol. 17, pp 272-282.
- Braun Blanquet, J. (1979). Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. H. Blume Ediciones.
- Bossdorf, O., Auge, H., Lafuma L., Rogers, W. E., Siemann, E., & Prati, D. (2005) Phenotypic and genetic differentiation between native and introduced plant populations. *Oecologia*, Vol. 144, pp 1-11.
- Carter, M. R. & Gryench, E. G. (2008) Soil sampling and methods of analyses. Taylor & Francis Group, LLC.
- Castro, S., Loureiro, J., Santos, C., Ater, M., Ayensa, G., & Navarro, L. (2007) Distribution of flower morphs, ploidy level and sexual reproduction of the invasive weed *Oxalis pes-caprae* in western area of the Mediterranean region. *Annals of Botany*, Vol 99, pp 507-517.



- Castroviejo, S. (coord. gen.). 1986-2012. Flora ibérica 1-8, 10-15, 17-18, 21. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid Visitado en <http://www.floraiberica.es/> el 8 de Julio de 2021.
- Comisión Europea (2017) Especies exóticas invasoras: la respuesta de la Unión Europea. Accedido en [https://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/index\\_en.html](https://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/index_en.html) el 9 de Junio de 2021.
- Daehler, C. C. (2003) Performance comparisons of co-occurring native and alien invasive plants: Implications for conservation and restoration. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, Vol. 34, pp 183-211.
- Dlugosch, K. M. & Parker, M. (2008) Founding events in species invasions: genetic variation, adaptive evolution, and the role of multiple introductions. *Molecular Ecology*, Vol. 17, pp 431-449.
- Fagúndez, J. & Barrada, M. (2007) Plantas invasoras de Galicia: biología, distribución e métodos de control. Xunta de Galicia.
- Fournier, A., Penone, C., Pennino, M. G. & Courchamp, F. (2019) Predicting future invaders and future invasions. *PNAS*, vol. 116:16, pp 7905-7910.
- García, X. R., (2016) Guía das plantas de Galicia. Xerais
- GBIF Backbone Taxonomy (2021). *Oxalis pes-caprae* L. Accedido en <https://doi.org/10.15468/39omei> el 21 de Junio de 2021.
- Gimeno, I., Vilà, M., & Hulme, P. E. (2006) Are islands more susceptible to plant invasión tan continents? A test using *Oxalis pes-caprae* L. in the western Mediterranean. *Journal of Biogeography*, Vol 33, pp 1550-1565.
- Hawkes, C. V., Wren, I. F., Herman, D. J., & Firestone, M. K. (2005) Plant invasion alters nitrogen cycling by modifying the soil nitrifying community. *Ecology Letters*. Vol. 8, pp 976-985.
- Heger, T. & Trepl, L. (2003) Predicting biological invasions. *Biological Invasions*. Vol. 5, pp 313-321.
- Henning, T. & Von Raab-Straube, E. (2016): Oxalidaceae. In: Euro+Med Plantbase - the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity. Accedido en <http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed/PTaxonDetail.asp?NameCache=Oxalis%20pes-caprae&PTRefFk=7400000> el 22 de Junio de 2021.
- Kluge, R. L. (1990) *Klugeana philoxalis* Geertsema (Noctuidae: Cuculliinae), the first potential biological control agent for the weed *Oxalis pes-caprae* L. *Journal of the Entomological Society of Southern Africa*. Vol. 53:2, pp 191-198.
- Lockwood, J. L., Hoopes, M. F., & Marchetti, M. P. (2013) Invasion ecology. Blackwell Publishing Ltd.
- Lorenzo, P., González, L., & Ferrero, V. (2021) Effect of plant origin and phenological stage on the allelopathic activity of the invasive species *Oxalis pes-caprae*. *American Journal of Botany*. Vol. 108(6), pp 971-979.
- Mack, R. N. (2003) Phylogenetic constraint, absent life forms, and preadapted alien plants: A prescription for biological invasions. *International Journal of Plant Sciences*, Vol. 164, pp 185-196.
- Manning, J. & Paterson-Jones, C. (2007) Field guide to fynbos. Struik Publishers.
- Melbourne, B. A., Cornell, H. V., Davies, K. F., Dugaw, C. J., Elmendorf, S., Freestone, A. L., Hall, R. J., Harrison, S., Hastings, A., Holland, M., Holyoak, M., Lambrinos, J., Moore, K., & Yokomizo, H. (2007) Invasion in a heterogeneous world: resistance, coexistence or hostile takeover?. *Ecology Letters*, Vol. 10, pp. 77-94.

- Ministerio para la transición ecológica y el reto democrático. Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras – Flora. Accedido en [https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/especies-exoticas-invasoras/ce\\_eei\\_flora.aspx](https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/especies-exoticas-invasoras/ce_eei_flora.aspx) el 19 de Junio de 2021.
- Ministerio para la transición ecológica y el reto democrático. Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras – *Oxalis pes-caprae* L. Accedido en [https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/Oxalis\\_pes-caprae\\_2013\\_tcm30-69848.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/Oxalis_pes-caprae_2013_tcm30-69848.pdf) el 19 de Junio de 2021.
- Moles, A. T., Gruber, M. A. M. & Bonser, S. P. (2008) A new framework for predicting invasive plant species. *Journal of Ecology*, Vol. 96, pp 13-17.
- Morgan, M. T., Wilson, W. G., & Knight, T. M. (2005) Plant population dynamics, pollinator foraging, and the selection of self-fertilization. *The American naturalist*, Vol 166:2, pp 169-183.
- Neison, D. W. & Sommers, L. E. (1996) Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter en Bigham, J. M. et al. *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods* (pp. 1001-1006).
- Novoa, A., Rodriguez, R., & Richardson, D. (2014) Soil quality: a key factor in understanding plant invasion? The case of *Carpobrotus edulis* (L.) N.E.Br. *Biological Invasions*, Vol 16, pp 429-443.
- Oksanen, J. F., Blanchet, G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin P. R., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H., Szoecs, E., & Wagner, H. (2020). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.5-7. URL <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Ornduff, R. (1987) Reproductive systems and chromosome races of *Oxalis pes-caprae* L. and their bearing on the genesis of a noxious weed. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. Vol. 74, pp79-84.
- Pandit, M. K., Tan, H. T., & Bisht, M. S. (2006) Polyploidy in invasive plant species of Singapore. *Botanical Journal of the Linnean Society*, Vol. 151, pp 395-403.
- Pedraja, O. S. (2015) *Oxalis* L. en Castroviejo, S., Gamendia F. M., Navarro, C., & Quintanar, A. (eds) *Flora ibérica*, Vol. 9. Rhamnaceae-Polygalaceae (pp 384-405).
- Petsikos, C., Dalias, P., & Troumbis, A. Y. (2007) Effects of *Oxalis pes-caprae* L. invasion in olive groves. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Vol. 120, pp 325-329.
- R Core Team (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Richardson, D. M., Pyšek, P. & Carlton, J. T. (2011) *Compendium of Essential Concepts and Terminology*. en: *Invasion Ecology in Fifty years of invasion ecology: the legacy of Charles Elton* (edited by David M. Richardson) Blackwell Publishing Ltd.
- Sala, A., Verdaguer, D., & Vilà, M. (2007) Sensitivity of the invasive geophyte *Oxalis pes-caprae* to nutrient availability and competition. *Annals of Botany*, Vol 99, pp 637-645.
- Sardans, J., Bartrons, M., Margalef, O., Gargallo-Garriga, A., Janssens, I. A., Ciais, P., Obersteiner, M., Sigurdsson, B. D., Chen, H. Y. H., & Peñuelas,

- J. (2017) Plant invasion is associated with higher plant–soil nutrient concentrations in nutrient-poor environments. *Global Change Biology*, Vol. 23, pp 1282-1291.
- Schlaepfer, D. R., Glättli, M., Fischer, M. & van Kleunen, M. (2010) A multi-species experiment in their native range indicates pre-adaptation of invasive alien plant species. *Ney Phytologist*. Vol. 185, pp 1087-1099.
- Sistema de Información de la Vegetación Ibérica y Macaronesica (SIVIM).  
Accedido en <http://sivim.info/sivi/> el 21 de Junio de 2021.
- Soltis, P. S. & Soltis, D. E. (2000) The role of genetic and genomic attributes in the success of polyploids. *PNAS*, Vol. 97(13), pp 7051-7057.
- The International Union for Conservation of Nature, IUCN (2000) Guidelines for the Prevention of Biodiversity Loss Caused by Alien Invasive Species. IUCN , Gland, Switzerland.
- Verdaguer, D., Sala, A., & Vilà, M. (2010) Effect of environmental factors and bulb mass on the invasive geophyte *Oxalis pes-caprae* development. *Acta Oecologica*, Vol 36, pp 92-99.
- Williamson, M. H. & Fitter, A., (1996) The characters of successful invaders. *Biological Conservation*, Vol. 78, pp 163-170.
- Zeileis, A., & Hothorn, T. (2002). Diagnostic Diagnostic Checking in Regression Relationships. *R News*, Vol. 2(3), 7-10. URL <https://CRAN.R-project.org/doc/Rnews/>



## 8. Anexos

	<b>Parcela 1</b>	<b>Parcela 2</b>	<b>Parcela 3</b>	<b>Parcela 4</b>	<b>Parcela 5</b>
<b>Transecto 1 (T1)</b>	T1P1	T1P2	T1P3	T1P4	-
<b>Transecto 2 (T2)</b>	T2P1	T2P2	T2P3	T2P4	T2P5
<b>Transecto 3 (T3)</b>	T3P1	T3P2	T3P3	T3P4	T3P5
<b>Transecto 4 (T4)</b>	T4P1	T4P2	T4P3	T4P4	T4P5
<b>Transecto 5 (T5)</b>	T5P1	T5P2	T5P3	T5P4	-
<b>Transecto 6 (T6)</b>	T6P1	T6P2	T6P3	T6P4	T6P5

Tabla 7: Códigos de las parcelas de los distintos transectos

	<b>T1P1</b>	<b>T1P2</b>	<b>T1P3</b>	<b>T1P4</b>
<b>CN</b>	43,326675	43,326736	43,326710	43,326675
<b>CO</b>	-8,411909	-8,412021	-8,412041	-8,412086
<b>C%</b>	63,75%	59%	50%	71%
<b>Fecha</b>	24/03/2021			
<b>Localidad</b>	Zapateira, Camino Costa do Castro, Elviña, A Coruña			

Tabla 8a: Información de los inventarios florísticos del transecto 1. CN: Coordenada norte, CO: coordenada oeste; C%: porcentaje de cobertura vegetal dentro de la parcela; Fecha: Fecha de recogida, Localidad: Lugar donde se realizó la recogida de datos; P1: parcela 1; P2: parcela 2; P3: parcela 3; P4: parcela 4.

	<b>T1P1</b>	<b>T1P2</b>	<b>T1P3</b>	<b>T1P4</b>
<b><i>Oxalis pes-caprae</i></b>	2	2	2	1
<b><i>Agrostis stolonifera</i></b>	4	4	3	3
<b><i>Pteridium aquilinum</i></b>	2	1	+	0
<b><i>Rubus ulmifolius</i></b>	2	1	2	2
<b><i>Hypochaeris radicata</i></b>	2	2	1	0
<b><i>Lotus sp.</i></b>	1	0	1	1
<b><i>Smyrniolum olusatrum</i></b>	0	2	0	0
<b><i>Bellis perennis</i></b>	0	0	0	2
<b><i>Coleostephus myconis</i></b>	1	0	0	0
<b><i>Picris echioides</i></b>	0	0	2	0
<b><i>Cardamine hirsuta</i></b>	0	0	0	1
<b><i>Silene latifolia</i></b>	1	0	2	0
<b><i>Digitalis purpurea</i></b>	1	0	0	0
<b><i>Ornithopus perpusillus</i></b>	1	0	0	0
<b><i>Ulex europaeus</i></b>	0	0	0	1
<b><i>Erodium cicutarium</i></b>	2	0	0	0
<b><i>Geranium robertianum</i></b>	+	+	+	1
<b><i>Stachys arvensis</i></b>	0	0	0	+
<b><i>Teucrium scorodonia</i></b>	0	0	1	0
<b><i>Fumaria muralis</i></b>	0	0	0	1
<b><i>Galium aparine</i></b>	0	1	0	0
<b><i>Lonicera periclymenum</i></b>	+	0	0	0
<b><i>Galactites tormentosa</i></b>	0	0	0	1

Tabla 8b: inventarios florísticos del transecto 1.

	<b>T2P1</b>	<b>T2P2</b>	<b>T2P3</b>	<b>T2P4</b>	<b>T2P5</b>
<b>CN</b>	43,384079	43,326736	43,326710	43,326675	43,384132
<b>CW</b>	-8,405334	-8,412021	-8,412041	-8,412086	-8,405150
<b>C%</b>	100,00%	100%	100%	100%	100%
<b>Fecha</b>	28/03/2021				
<b>Localidad</b>	Torre de Hércules, Camino hacia la playa de las lapas, A Coruña, A Coruña				

**Tabla 9a:** Información de los inventarios florísticos del transecto 2. CN: Coordenada norte, CO: coordenada oeste; C%: porcentaje de cobertura vegetal dentro de la parcela; Fecha: Fecha de recogida, Localidad: Lugar donde se realizó la recogida de datos; P1: parcela 1; P2: parcela 2; P3: parcela 3; P4: parcela 4, P5: parcela 5.

	<b>T2P1</b>	<b>T2P2</b>	<b>T2P3</b>	<b>T2P4</b>	<b>T2P5</b>
<b><i>Oxalis pes-caprae</i></b>	5	4	5	3	3
<b><i>Avena barbata</i></b>	2	2	2	4	3
<b><i>Rubus ulmifolius</i></b>	1	1	+	1	1

**Tabla 9b:** inventarios florísticos del transecto 2.

	<b>T3P1</b>	<b>T3P2</b>	<b>T3P3</b>	<b>T3P4</b>	<b>T3P5</b>
<b>CN</b>	43,385197	43,385178	43,385113	43,385147	43,384991
<b>CW</b>	-8,405669	-8,405603	-8,405734	-8,405763	-8,405745
<b>C%</b>	100,00%	100%	100%	100%	98%
<b>Fecha</b>	31/03/2021				
<b>Localidad</b>	Torre de Hércules, pradera al lado del faro, A Coruña, A Coruña				

**Tabla 10a:** Información de los inventarios florísticos del transecto 3. CN: Coordenada norte, CO: coordenada oeste; C%: porcentaje de cobertura vegetal dentro de la parcela; Fecha: Fecha de recogida, Localidad: Lugar donde se realizó la recogida de datos; P1: parcela 1; P2: parcela 2; P3: parcela 3; P4: parcela 4; P5: parcela 5.

	<b>T3P1</b>	<b>T3P2</b>	<b>T3P3</b>	<b>T3P4</b>	<b>T3P5</b>
<b><i>Oxalis pes-caprae</i></b>	2	3	3	3	3
<b><i>Foeniculum vulgare</i></b>	0	2	0	2	2
<b><i>Avena barbata</i></b>	4	4	3	4	3
<b><i>Medicago arabica</i></b>	0	0	2	2	0
<b><i>Galactites tomentosa</i></b>	0	0	+	0	0
<b><i>Arctotheca calendula</i></b>	0	0	0	1	0
<b><i>Silene latifolia</i></b>	0	0	+	0	0
<b><i>Geranium molle</i></b>	0	0	0	1	0
<b><i>Plantago lanceolata</i></b>	2	0	0	0	0
<b><i>Rumex acetosa</i></b>	0	1	0	0	0
<b><i>Rumex pulcher</i></b>	0	0	0	0	2
<b><i>Rubus ulmifolius</i></b>	0	0	0	0	1

**Tabla 10b:** inventarios florísticos del transecto 3.

	<b>T4P1</b>	<b>T4P2</b>	<b>T4P3</b>	<b>T4P4</b>	<b>T4P5</b>
<b>CN</b>	43,371815	43,371803	43,371815	43,371885	43,371586
<b>CW</b>	-8,435890	-8,435866	-8,435748	-8,425908	-8,435138
<b>C%</b>	90%	80%	90%	50%	85%
<b>Fecha</b>	11/04/2021				
<b>Localidad</b>	Carretera Fuentes, Monte de San Pedro, A Coruña, A Coruña				

**Tabla 11a:** Información de los inventarios florísticos del transecto 4. CN: Coordenada norte, CO: coordenada oeste; C%: porcentaje de cobertura vegetal dentro de la parcela; Fecha: Fecha de recogida, Localidad: Lugar donde se realizó la recogida de datos; P1: parcela 1; P2: parcela 2; P3: parcela 3; P4: parcela 4; P5: parcela 5.

	<b>T4P1</b>	<b>T4P2</b>	<b>T4P3</b>	<b>T4P4</b>	<b>T4P5</b>
<b><i>Oxalis pes-caprae</i></b>	4	3	4	3	2
<b><i>Crepis lampanoides</i></b>	0	0	1	1	2
<b><i>Convulvulus arvensis</i></b>	1	0	0	0	0
<b><i>Dactylis glomerata</i></b>	2	3	2	2	2
<b><i>Foeniculum vulgare</i></b>	0	0	0	0	1
<b><i>Geranium robertianum</i></b>	0	2	0	0	1
<b><i>Holcus lanatus</i></b>	3	2	3	2	3
<b><i>Lavatera cretica</i></b>	0	0	1	0	0
<b><i>Picris echioides</i></b>	0	0	0	0	2
<b><i>Plantago lanceolata</i></b>	0	0	0	0	1
<b><i>Stellaria media</i></b>	0	1	2	0	2
<b><i>Trifolium repens</i></b>	2	1	0	0	0

**Tabla 11b:** inventarios florísticos del transecto 4.

	<b>T5P1</b>	<b>T5P2</b>	<b>T5P3</b>	<b>T5P4</b>
<b>CN</b>	43,372861	43,372861	43,372898	43,372850
<b>CW</b>	-8,444663	-8,444722	-8,444798	-8,444809
<b>C%</b>	98%	68%	78%	80%
<b>Fecha</b>	03/05/2021			
<b>Localidad</b>	Paseo Poboado O Portiño, A Coruña, A Coruña			

**Tabla 12a:** Información de los inventarios florísticos del transecto 5. CN: Coordenada norte, CO: coordenada oeste; C%: porcentaje de cobertura vegetal dentro de la parcela; Fecha: Fecha de recogida, Localidad: Lugar donde se realizó la recogida de datos; P1: parcela 1; P2: parcela 2; P3: parcela 3; P4: parcela 4.

	<b>T5P1</b>	<b>T5P2</b>	<b>T5P3</b>	<b>T5P4</b>
<b><i>Oxalis pes-caprae</i></b>	1	1	1	1
<b><i>Arctotheca calendula</i></b>	0	2	0	2
<b><i>Echium rosulatum</i></b>	2	2	2	3
<b><i>Bromus tectorum</i></b>	2	0	1	2
<b><i>Dactylis glomerata</i></b>	4	0	2	1
<b><i>Galium aparine</i></b>	2	0	0	0
<b><i>Holcus lanatus</i></b>	2	2	2	2
<b><i>Pteridium aquilinum</i></b>	2	3	4	3
<b><i>Rubus ulmifolius</i></b>	1	1	1	2

<i>Silene latifolia</i>	+	0	1	1
<i>Taraxacum officinale</i>	0	1	0	0
<i>Galactites tomentosa</i>	2	2	1	1

Tabla 12b: inventarios florísticos del transecto 5.

	T6P1	T6P2	T6P3	T6P4	T6P5
<b>CN</b>	43,331093	43,33108	43,331055	43,331063	43,331097
<b>CW</b>	-8,404963	-8,405015	-8,405056	-8,405097	-8,405176
<b>C%</b>	55%	70%	50%	65%	45%
<b>Fecha</b>	04/05/2021				
<b>Localidad</b>	Calle Agra do Bico, Elviña, A Coruña				

Tabla 13a: Información de los inventarios florísticos del transecto 6. CN: Coordenada norte, CO: coordenada oeste; C%: porcentaje de cobertura vegetal dentro de la parcela; Fecha: Fecha de recogida, Localidad: Lugar donde se realizó la recogida de datos; P1: parcela 1; P2: parcela 2; P3: parcela 3; P4: parcela 4.

	T6P1	T6P2	T6P3	T6P4	T6P5
<i>Oxalis pes-caprae</i>	4	3	3	3	2
<i>Agrostis stolonifera</i>	0	0	0	0	1
<i>Anagallis arvensis</i>	0	0	2	0	1
<i>Bromus tectorum</i>	0	2	0	0	0
<i>Coleostephus myconis</i>	1	+	0	0	0
<i>Daucus carota</i>	+	0	0	0	0
<i>Holcus lanatus</i>	2	2	3	2	3
<i>Stellaria media</i>	0	0	+	0	0
<i>Picris echioides</i>	1	+	0	+	+

Tabla 13b: inventarios florísticos del transecto 6.

	S	P	B	PB	PMm	PM	Pm	MO
<b>T1P1</b>	0,91015625	1,020	47	4,336	92,255	0,805	0,016	2,48
<b>T1P2</b>	0,85260771	0,150	6	0,138	23,000	0,079	0,011	2,35
<b>T1P3</b>	0,88541667	0,250	12	0,576	48,000	0,100	0,011	3,08
<b>T1P4</b>	0,89920000	0,188	17	1,766	103,882	0,339	0,002	3,55
<b>T2P1</b>	0,59504132	0,843	41	3,631	88,561	0,510	0,007	2,42
<b>T2P2</b>	0,62000000	1,292	30	2,891	96,367	0,578	0,006	1,19
<b>T2P3</b>	0,54000000	0,873	37	5,726	154,757	0,429	0,006	0,59
<b>T2P4</b>	0,62809917	0,910	59	4,767	80,797	0,691	0,001	1,39
<b>T2P5</b>	0,64000000	2,145	31	4,569	147,387	0,937	0,007	0,42
<b>T3P1</b>	0,64462810	0,819	112	8,288	74,000	0,375	0,006	1,73
<b>T3P2</b>	0,72448980	0,657	28	1,933	69,036	0,285	0,012	2,53
<b>T3P3</b>	0,74556213	1,563	44	5,118	116,318	0,603	0,003	3,71
<b>T3P4</b>	0,81440443	0,672	10	0,647	64,700	0,131	0,040	4,13
<b>T3P5</b>	0,78906250	1,478	44	3,730	84,773	0,395	0,017	3,95
<b>T4P1</b>	0,80246914	0,682	6	0,204	34,000	0,083	0,005	1,55
<b>T4P2</b>	0,82098765	1,335	29	3,008	103,724	0,380	0,002	1,77
<b>T4P3</b>	0,81440443	1,069	31	2,084	67,226	0,185	0,013	2,00
<b>T4P4</b>	0,73611111	0,805	60	4,343	72,383	0,416	0,009	2,16

<b>T4P5</b>	0,88320000	0,406	24	1,646	68,583	0,196	0,001	3,53
<b>T5P1</b>	0,88775510	0,779	14	0,686	49,000	0,200	0,021	2,15
<b>T5P2</b>	0,86776860	2,540	24	5,955	248,125	0,855	0,017	1,47
<b>T5P3</b>	0,87500000	1,813	22	3,853	175,136	1,103	0,015	1,58
<b>T5P4</b>	0,89285714	2,380	40	2,783	69,575	0,244	0,001	1,43
<b>T6P1</b>	0,74556213	3,077	149	14,087	94,544	0,477	0,005	1,35
<b>T6P2</b>	0,75000000	3,632	44	5,646	128,318	0,508	0,011	1,12
<b>T6P3</b>	0,70833333	2,457	37	2,916	78,811	0,334	0,003	0,81
<b>T6P4</b>	0,59375000	2,073	42	4,526	107,762	0,397	0,016	1,49
<b>T6P5</b>	0,76388889	3,158	41	6,754	164,732	0,575	0,009	1,20

**Tabla 13a:** datos utilizados en el análisis estadístico. S: Índice de Simpson, P: peso seco de suelo (kg), B: número de bulbos, PB: peso seco de bulbos (g), PMm: peso seco medio de bulbos (mg), PM: peso mayor de bulbos (g), Pm: peso menor de bulbos (g), MO: cantidad de materia orgánica en 10g de suelo (g).

	<b>pH</b>	<b>B/S</b>	<b>PB/S</b>	<b>MO/S</b>	<b>D</b>	<b>L</b>
<b>T1P1</b>	4,57	46,0784314	4,25098039	0,24725823	Baja	Elviña
<b>T1P2</b>	5,21	40,0000000	0,92000000	0,23336643	Baja	Elviña
<b>T1P3</b>	5,25	48,0000000	2,30400000	0,30800000	Baja	Elviña
<b>T1P4</b>	4,81	90,4255319	9,39361702	0,35393819	Baja	Elviña
<b>T2P1</b>	5,78	48,6358244	4,30723606	0,24007937	Alta	Torre
<b>T2P2</b>	4,61	23,2198142	2,2376161	0,11712598	Alta	Torre
<b>T2P3</b>	6,48	42,3825888	6,55899198	0,05894106	Alta	Torre
<b>T2P4</b>	6,41	64,8351648	5,23846154	0,13886114	Alta	Torre
<b>T2P5</b>	6,53	14,4522145	2,13006993	0,04200000	Alta	Torre
<b>T3P1</b>	5,27	136,752137	10,1196581	0,17248255	Baja	Torre
<b>T3P2</b>	4,95	42,6179604	2,94216134	0,25249501	Baja	Torre
<b>T3P3</b>	5,81	28,1509917	3,27447217	0,37062937	Baja	Torre
<b>T3P4</b>	4,91	14,8809524	0,96279762	0,41176471	Baja	Torre
<b>T3P5</b>	4,82	29,7699594	2,52368065	0,39303483	Baja	Torre
<b>T4P1</b>	6,57	8,79765396	0,29912023	0,15438247	Alta	San Pedro
<b>T4P2</b>	7,15	21,7228464	2,25318352	0,17664671	Alta	San Pedro
<b>T4P3</b>	5,89	28,9990645	1,94948550	0,1998002	Alta	San Pedro
<b>T4P4</b>	5,49	74,5341615	5,39503106	0,21578422	Alta	San Pedro
<b>T4P5</b>	6,27	59,1133005	4,05418719	0,35300000	Alta	San Pedro
<b>T5P1</b>	5,27	17,9717587	0,88061617	0,21393035	Baja	San Pedro
<b>T5P2</b>	5,04	9,44881890	2,34448819	0,14626866	Baja	San Pedro
<b>T5P3</b>	5,79	12,1345836	2,12520684	0,15721393	Baja	San Pedro
<b>T5P4</b>	5,11	16,8067227	1,16932773	0,14285714	Baja	San Pedro
<b>T6P1</b>	4,58	48,4237894	4,57816055	0,13459621	Alta	Elviña
<b>T6P2</b>	5,73	12,1145374	1,55451542	0,11144279	Alta	Elviña
<b>T6P3</b>	4,09	15,0590151	1,18681319	0,08083832	Alta	Elviña
<b>T6P4</b>	4,64	20,2604920	2,18330921	0,14885115	Alta	Elviña
<b>T6P5</b>	5,66	12,9829006	2,13869538	0,12000000	Alta	Elviña

**Tabla 13b:** datos utilizados en el análisis estadístico. pH: pH del suelo; B/S: número de bulbos por peso de suelo; MO/S: materia orgánica por peso de suelo; D: densidad de la población de *Oxalis pes-caprae*; L: localidad de donde se tomó los datos.