



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

## Título del trabajo:

Estudio de la variación de la masa de las semillas de plantas silvestres mediterráneas en función de la precipitación.

## English title:

Study of seed mass variation of mediterranean wild plants due to rainfall amount.

Autor

Mario Blasco Pérez

Director

Jaume Tormo Blanes

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
2019



## Agradecimientos

Quisiera agradecer la ayuda y el apoyo recibido durante la realización del presente documento a varias personas.

Al Servicio de Vida Silvestre y al Banco de Semillas Forestales del CIEF de la Generalitat Valenciana por habernos proporcionado los datos utilizados para llevar a cabo el estudio con sus respectivos análisis. En concreto a Inmaculada Ferrando, Pablo Ferrer Gallego, Josepa Benavent y Gabriel Ballester por su buena disposición para prestarnos las bases de datos.

A Jaume Tormo Blanes, por confiar en mi para este proceso y por la disponibilidad prestada para la resolución de dudas y corrección del trabajo, siempre con el objetivo de mejorar y aprender.

Por último, dar las gracias a mi familia, por ayudarme en todo lo posible y empujarme hacia delante en los peores momentos, haciéndome sentir capaz de todo.



## Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción	8
Material y métodos	14
Resultados	20
Discusión	25
Bibliografía	31
Anexo 1. Tablas de resultados.	35
Anexo 2. Mapas de la zona de estudio.	42
Anexo 3. Distribución de las poblaciones	44

## Resumen

La bibliografía refleja que la masa de las semillas varía en función de diferentes factores tanto internos como externos a la planta.

En este trabajo he estudiado cómo varía la masa de las semillas de 3078 poblaciones de plantas vasculares mediterráneas en función de la precipitación a lo largo de un gradiente de precipitación al este de la Península Ibérica. Para ello, se han agrupado en especies, géneros, familias, biotipos y grupos de masa.

La masa de la semilla no se correlaciona de forma significativa con la precipitación cuando se estudia la base de datos en su conjunto y al estudiar los diferentes grupos los resultados varían. Solo en algunas especies, géneros, familias, biotipos y grupos de masa encontramos correlación significativa con la precipitación. Además, entre estos grupos, hay algunos grupos donde la masa de la semilla aumenta con la aridez y otros en los que disminuye con la aridez.

Por lo tanto, concluimos que, para nuestra muestra de especies mediterráneas, no hay un patrón general en la masa de la semilla en relación con la precipitación, sino que cada grupo se comporta de manera independiente.

Palabras clave: aridez, gradiente de precipitación y mediterráneo.

## Abstract

Literature shows that seed mass varies depending on different factors both intrinsic and extrinsic to the plant.

In this work, I have studied how seed mass of 3078 mediterranean vascular plant populations varies on a North-South rainfall gradient east of the Iberian Peninsula. To do this, they have been grouped into species, genera, families, biotypes and mass groups.

Our results show that seed mass has no significant correlation with rainfall when the database as a whole is studied, but when the different groups are studied results vary among them. Only some groups have significant correlation with rainfall. Moreover, of those who have significant correlation, there are some groups which seed mass increases with the aridity and groups in which seed mass decreases with the aridity.

Therefore, it is concluded that there is no general pattern in seed mass related to rainfall in the studied sample of mediterranean species, instead each group behaves independently.

Keywords: aridity, rainfall gradient and mediterranean.

## Introducción

La masa de las semillas es un rasgo que ocupa una posición esencial en la ecología de las plantas (Leishman *et al.*, 2000). Generalmente, y basado en la lógica y la evidencia, en ecología se ha asumido que la masa de las semillas es el resultado de una compensación entre la producción de un menor número de semillas de mayor tamaño, las cuales tienen una alta probabilidad de establecerse con éxito, y la producción de un mayor número de semillas de menor tamaño, las cuales poseen otro tipo de ventajas, como su facilidad para dispersarse, explicadas en profundidad en párrafos posteriores (Turnbull, Rees & Crawley, 1999; Kidson & Westoby, 2000; Westoby & Moles, 2006; Ribeiro, Barbosa, Van Langevelde & Borghetti, 2015; Metzner, Gachet, Rocarpin & Saatkamp, 2017). Jakobsson y Eriksson (2000) estudiaron la relación entre los rasgos anteriormente mencionados en 72 especies de plantas que habitan en pastizales seminaturales de Suecia, incluyendo anuales, bienales, hierbas perennes y pastos, obteniendo como resultado que existe un compromiso entre el número de semillas y el tamaño de estas en las especies estudiadas. Es decir, las especies que producen más semillas las producen de menor tamaño y viceversa. Garrido, Rey y Herrera (2005), concluyeron que las plantas tienen una cantidad de recursos limitados para aportar a cada semilla que generan y por eso se produce el mencionado “trade-off” entre el número de semillas generadas y el tamaño de dichas semillas.

Las semillas de mayor tamaño suelen tener un mejor aprovisionamiento de material materno (Venable & Brown, 1988), por lo tanto poseen ventajas competitivas sobre aquellas especies de semillas de menor tamaño como por ejemplo un mayor crecimiento de las plántulas y mayor probabilidad de establecimiento (Leishman *et al.*, 2000; Metz *et al.*, 2010; Moles & Westoby, 2004; Volis & Bohrer, 2013), ventajas en la germinación respecto a otras semillas de menor tamaño, y mayor supervivencia de las plántulas y mayor reproducción en los adultos (Larios *et al.*, 2014; Soper Gorden *et al.*, 2016). Las semillas de mayor tamaño contienen mayor cantidad de nutrientes minerales y reservas de carbono que las semillas de menor tamaño, por lo tanto estas últimas, no toleran tan bien las condiciones adversas del medio como lo hacen las de tamaño mayor (Milberg, Pérez-Fernandez & Byron B, 1998). También sobreviven mayor tiempo bajo condiciones de 99% de sombra y desarrollan una etiolación más fuerte bajo condiciones del 95% de sombra que las semillas de tamaño pequeño (Leishman & Westoby, 1994a).

Leishman *et al.* (2000), también demostraron que las plántulas que proceden de semillas grandes se desarrollan mejor en condiciones de establecimiento adversas como la competencia, la sombra, la baja disponibilidad de agua o nutrientes o el



enterramiento y la herbivoría. Además, Erskine (1996) obtuvo que, de media, las muestras estudiadas de semillas grandes fueron menos susceptibles al frío del invierno que las muestras de semillas pequeñas al realizar un estudio sobre los efectos del tamaño de la semilla de la lenteja (*Lens culinaris*) en relación con su adaptación a la temperatura y precipitación.

Hallett, Standish & Hobbs (2011) encontraron que la supervivencia de las plántulas de cuatro familias/subfamilias aumentaba con la masa de las semillas, aunque la fuerza de esta relación varió entre las familias/subfamilias estudiadas. También encontraron que otros factores, como la localización, afectan a esta relación. Así mismo, concluyeron que la masa de las semillas está correlacionada con otros rasgos como por ejemplo, la longitud de las raíces, lo que a su vez, aumentó la supervivencia a largo plazo en sequía.

Metz *et al.* (2010) también observaron después de realizar un monitoreo durante siete años consecutivos de 49 especies de matorrales y plantas anuales, una relación positiva entre el tamaño de las semillas y la supervivencia media de las plántulas en tres lugares diferentes de Israel, con variación en la media de precipitaciones anuales. Las semillas de mayor tamaño mostraron una media en la supervivencia de las plántulas superior a aquellas semillas de menor tamaño en los tres ambientes estudiados: semi-árido, mediterráneo y méxico-mediterráneo.

Sin embargo, no siempre es así. Como se expone en el estudio realizado por Gómez (2004) sobre las semillas de *Quercus ilex*, las encinas con bellotas de mayor tamaño sufrían mayor tasa de depredación mientras que aquellas encinas que producían bellotas de menor tamaño sufrían una tasa de depredación menor. Además, las semillas de gran tamaño se dispersan distancias inferiores debido a su gran masa (Venable & Brown, 1988).

Se sugiere que las especies que poseen semillas pequeñas tienen una ventaja en la producción, fecundidad y dispersión debido al alto número de semillas que estas especies producen (Ribeiro *et al.*, 2015; Westoby & Moles, 2006), por lo tanto son mejores colonizadoras (Liu *et al.*, 2017). También, las semillas más pequeñas, parecen tener una mayor probabilidad de persistir en el banco de semillas del suelo que las semillas de mayor tamaño (Westoby & Moles, 2006). Debido probablemente, a su facilidad para enterrarse, lo que les permite escapar de la depredación post-dispersión (Peco *et al.*, 2003).

Baker (1972), tras analizar los aproximadamente 2500 taxones que representan la flora de California, muestra que hay una correlación entre las masas de las semillas

y las condiciones ambientales en las que cada especie suele crecer. Por ejemplo, en las plantas herbáceas analizadas, la masa media de las semillas es más alta en los taxones donde las plántulas se verán expuestas a una sequía al poco tiempo de establecerse. Esto se debe a que un mayor tamaño de la semilla proporciona un desarrollo más rápido de las raíces. En cambio, en las comunidades de costa, donde la dispersión por el viento para que las plántulas se establezcan en las grietas de las rocas es más importante que adaptarse a la sequía, se favorecen las semillas de tamaño pequeño (Baker, 1972). Venable y Brown (1988), en su estudio sobre las interacciones selectivas de la dispersión, latencia y tamaño de las semillas exponen que una parte de la variación del tamaño de las semillas podría ser debida a las presiones selectivas interactivas como las que operan a través de la latencia y la dispersión, hecho que Liu *et al.* (2017), mencionan también en su estudio. Además, si estudiamos diferentes especies, la masa de las semillas también se ve influenciada por la latitud, ya que estas tienen mayor masa en latitudes bajas que en latitudes altas, hecho que no ocurre si comparamos semillas entre poblaciones de la misma especie (Murray, Brown, Dickman & Crowther, 2004; Soper Gordon *et al.*, 2016).

En otros trabajos, la diferencia en la masa de las semillas se ha asociado, además de a la forma de crecimiento, a las diferencias en latitud, productividad primaria neta, temperatura, precipitación e índice del área foliar. Sin embargo, estas últimas variables tenían mucho menos poder explicativo que los rasgos propios de las plantas como el síndrome de dispersión de las semillas y la forma de crecimiento de las plantas (Moles *et al.*, 2005).

Según Garrido, Rey y Herrera (2005), el origen de la variabilidad en el tamaño de la semilla depende de diversos factores que pueden predominar unos sobre otros. La variabilidad en el peso de las semillas de una misma planta a nivel de carpelo y fruto suele estar relacionada con patrones de adjudicación de recursos de la planta, además de con el tipo de polinización y los costes asociados a ésta. La variación entre plantas dentro de una misma población indica normalmente diferencias genéticas y/o microambientales entre las plantas de una misma localidad, y la variación entre las diferentes localidades puede revelar diferencias ambientales, diferencias en el servicio de los polinizadores y en los niveles de autopolinización espontánea además de estar relacionada con una posible diferenciación genética del tamaño de la semilla entre localidades.

En relación con la disponibilidad de agua, estudios de correlación indican una asociación entre las especies de semilla grande y las condiciones de poca precipitación (Hallett *et al.*, 2011; Leishman & Westoby, 1994b). Sin embargo, en el estudio de 158

especies de plantas anuales a lo largo de un gradiente de aridez, realizado por Harel, Holzapfel y Sternberg (2011), se afirma que, a nivel de comunidad y de población, la masa media de las semillas aumenta con el incremento de la lluvia a lo largo de dicho gradiente, a excepción de dos poblaciones (*Avena sterilis* y *Lolium rigidum*) que muestran una masa de las semillas significativamente superior con el incremento de la aridez.

Larios *et al.* (2014), al estudiar durante una serie de años varias poblaciones de *Dithyrea californica* (planta anual) en ambientes con diferente precipitación, obtuvieron que la supervivencia de las plantas procedentes de semillas pequeñas era semejante a aquellas plantas desarrolladas a partir de una semilla grande en ambientes con poca precipitación (23 mm). Sin embargo, no obtuvieron los mismos resultados en un ambiente con mayor precipitación (115 mm) ya que en este caso, la supervivencia de las plantas procedentes de semillas grandes era mucho mayor que la supervivencia de las plantas procedentes de semillas pequeñas. Es decir, la presencia de precipitaciones no siempre favorece a las plantas desarrolladas a partir de semillas pequeñas.

La longitud de las raíces de las plántulas está relacionada con el tamaño de la semilla que proceden (Hallett *et al.*, 2011). Además de eso, Padilla y Pugnaire (2007) averiguaron que hay fuertes relaciones positivas entre la profundidad máxima que alcanzan las raíces de la plántula y su supervivencia, así como entre la mencionada supervivencia de la plántula y la humedad del suelo (Padilla & Pugnaire, 2007). Estas relaciones se pudieron apreciar en las especies estudiadas por Padilla y Pugnaire (2007) donde aquellas plántulas cuyas raíces llegaban a las capas húmedas profundas del suelo soportaron mejor una sequía prolongada. Mientras que las plántulas cuyas raíces no llegaron a esas zonas tenían más probabilidad de morir (Padilla & Pugnaire, 2007). Estas relaciones también se encontraron en el estudio de Hallett, Standish y Hobbs (2011) cuyos resultados fueron que la supervivencia de las plántulas a la sequía de verano aumentaba con la masa de la semilla. Por lo tanto, podemos asumir que aquellas especies de semillas más grandes desarrollarán plántulas con raíces de mayor longitud que puedan llegar a las zonas profundas húmedas del suelo en caso de sequía y sobrevivir así a estos periodos.

Sin embargo, Leishman y Westoby (1994b), no obtuvieron los resultados mencionados en el párrafo anterior cuando realizaron dos experimentos para estudiar el papel que tiene el tamaño de la semilla en el establecimiento de la plántula en condiciones de suelo cada vez más secas. En cada experimento se contaba con tres zonas de estudio aplicando 40 L/día·m<sup>2</sup> de agua, 20 L/día·m<sup>2</sup> y sin aplicar agua. El primer experimento (experimento 1) se llevó a cabo en el campo, al aire libre y el

segundo (experimento 2) en un invernadero, en ambos casos disminuyendo la cantidad de agua del suelo con los valores reflejados anteriormente. Los resultados del experimento 1 fueron que las plántulas procedentes de semillas de tamaño grande no tuvieron una emergencia o supervivencia mayor que aquellas plántulas procedentes de semillas pequeñas conforme la cantidad de agua en el suelo disminuía. Aunque, los resultados del experimento 2 fueron diferentes a los del experimento 1, ya que en el invernadero, las plántulas procedentes de semillas grandes sí que tuvieron una supervivencia superior, desde su emergencia, que las plántulas de semilla pequeña conforme la cantidad de agua en el suelo disminuía (Leishman & Westoby, 1994b), resultado que luego obtendrían Padilla y Pugnaire (2007) y Hallett, Standish y Hobbs (2011), mencionados en el párrafo anterior.

En resumen, la masa de la semilla es un rasgo que se encuentra relacionado con otros rasgos de la ecología de la semilla y con las condiciones climáticas del medio, y que a su vez, influye en otras características como en la longitud de las raíces. Hay una compensación entre el tamaño de la semilla y el número de semillas y no se ha llegado a una conclusión global sobre cómo se comporta la masa de la semilla ante determinadas condiciones, ya que en la literatura se describen resultados diferentes para cada especie o especies estudiadas.

El objetivo general del presente trabajo es el estudio de la variación de la masa de la semilla de diferentes poblaciones de varias especies mediterráneas en función de la precipitación media anual. Además, se ha trabajado para alcanzar una serie de objetivos específicos que son:

- Estudio de la variación de la masa de las semillas en función de la precipitación en el conjunto de especies para ver si existe una tendencia global o, por lo contrario, cada especie se comporta de una manera distinta.
- Estudio de la variación de la masa de las semillas en función de la precipitación en cada especie por separado.
- Estudio de la variación de la masa de las semillas en función de la precipitación por géneros.
- Estudio de la variación de la masa de las semillas en función de la precipitación por familias.
- Estudio de la variación de la masa de las semillas en función de la precipitación por biotipos (terófito, hemicriptófito, geófito, caméfitos y fanerófitos) y varias agrupaciones de estos, como plantas anuales (terófito) y no anuales (hemicriptófito, geófito, caméfitos y fanerófitos).

- Estudio de la variación de la masa de las semillas en función de la precipitación por grupos de masa de semillas de diferentes órdenes de magnitud.

Con la realización del presente estudio se pretende testar la hipótesis de que la masa de las semillas de las especies estudiadas aumenta conforme disminuye la cantidad de precipitación. Esto es, que las semillas de lugares más secos son de mayor tamaño que aquellas de lugares más húmedos.

Además, para cada objetivo propuesto en este trabajo, se ha considerado una hipótesis a partir de las bases de datos de partida para la realización de este estudio.

Para cada especie, género, familia, biotipo y grupo de masa con la que se ha trabajado se testará la hipótesis de que existe una tendencia al aumento de la masa de las semillas al disminuir la precipitación.

Debido a que la masa de la semilla puede venir determinada por la filogenia, con el análisis de los géneros y familias se pretende disminuir la variabilidad de la masa de la semilla producida por las características de cada género o familia, eliminando así el posible “ruido” que puede producir estudiar juntas especies de orígenes evolutivos diferentes. De esta forma tendremos grupos de masas de semillas con las mismas características determinadas por el género o familia al que pertenezcan, además de tener las mismas limitaciones en cuanto al tamaño que pueden alcanzar las semillas. Esto nos ayudará a encontrar un posible efecto de la precipitación sobre la masa de las semillas. De la misma manera, se han agrupado las especies por formas biológicas y se ha estudiado la relación entre la masa y la precipitación para cada una de las formas biológicas por separado, ya que las estrategias reproductivas de cada una de ellas son distintas y estudiarlas juntas podría introducir factores de variación que impidan detectar el efecto de la precipitación sobre la masa de las semillas. Por último, como las especies estudiadas comprenden una gran variación en el tamaño de las semillas (7 órdenes de magnitud) se han dividido por grupos de masa, para evitar comparaciones entre especies con tamaños de semillas muy diferentes.

Por otro lado, dicha agrupación en especies, género y familia podrían hacernos ver que ciertos taxones son sensibles a la precipitación y por lo tanto que, debido a esta, la masa de sus semillas varíe con la precipitación.

## Material y métodos

Las especies estudiadas en este trabajo son principalmente mediterráneas y todas las poblaciones se encuentran en la Comunidad Valenciana (España), nuestra zona de estudio.

La Comunidad Valenciana es una de las 17 Comunidades Autónomas que forman España (Anexo 2, Imagen A1) y se divide en 3 provincias de norte a sur, siendo estas: Castellón, Valencia y Alicante. Se encuentra al este del país, junto al mar Mediterráneo. A pesar de que la parte este de la comunidad sea zona costera, conforme se introduce hacia el interior, aparecen sistemas montañosos, lo que hace que la Comunidad Valenciana tenga climas muy variados. Según el Atlas Climático Ibérico (Agencia Estatal de Meteorología & Instituto de Meteorología de Portugal, 2011), donde usan la clasificación climática Köppen-Geiger de la Península Ibérica, los climas que se pueden encontrar en la Comunidad Valenciana son:

- Clima seco (B):
  - BWh: desierto cálido. Este clima se da en la provincia de Alicante, coincidiendo con los mínimos pluviométricos peninsulares.
  - BSh: estepa cálida. Se encuentra en la zona sur de Alicante cerca de la zona BWh.
  - BSk: estepa fría. Ocupa gran parte de Alicante y se da en zonas más alejadas de BWh y BSh.
- Clima templado (C):
  - Cfb: sin estación seca con verano templado. Este clima se encuentra en la zona más interior de la Comunidad Valenciana coincidiendo en los lugares más montañosos.
  - Csb: con verano seco y templado.
  - Csa: con verano seco y caluroso. Ocupa la mayor parte de la Comunidad Valenciana.

En cuanto a la temperatura cabe destacar que, en las tres provincias que conforman la Comunidad Valenciana la temperatura media de las máximas y la temperatura media de las mínimas alcanzan los valores más elevados en los meses de julio y agosto y los valores más bajos en diciembre y enero. En el sur de Alicante y ciertos puntos muy concretos de Valencia y Castellón se da una temperatura media anual alrededor de los 20 °C correspondiendo a las zonas más cálidas de la Comunidad Valenciana. Rodeando a estas zonas, y dirigiéndose hacia el interior del país, se encuentran temperaturas medias anuales en torno a 17.5 °C. En lugares más interiores,

donde se encuentran las zonas montañosas, las temperaturas medias anuales van disminuyendo hasta los 15 °C y en ciertas zonas de Castellón hasta los 7.5 °C – 10 °C (Agencia Estatal de Meteorología & Instituto de Meteorología de Portugal, 2011).

La precipitación es un factor que varía a lo largo de los meses del año siendo menor en los meses de verano y mayor en los meses de otoño y primavera. En la Comunidad Valenciana, la precipitación oscila entre valores medios anuales inferiores a 200 mm y superiores a 1000 mm. En Castellón, los valores más elevados de precipitación total media entre los años 1971 y 2000 se dieron en septiembre (59.9 mm) y octubre (68.6 mm) mientras que los valores más bajos se dieron en junio (20 mm) y julio (11.3 mm). En Alicante, los valores máximos corresponden a los meses de septiembre (47 mm) y octubre (52.5 mm) y los valores más bajos a los meses de julio (6.2 mm) y agosto (8.3 mm). Por último, en Valencia, los valores máximos corresponden a los meses de mayo (54.5 mm) y diciembre (55 mm) y los valores más bajos a los meses de julio (19.5 mm) y agosto (18.9 mm) (Agencia Estatal de Meteorología & Instituto de Meteorología de Portugal, 2011).

El relieve de la Comunidad Valenciana (Anexo 2, Imagen A2) cuenta con zonas litorales correspondientes a las zonas costeras del mar Mediterráneo donde desembocan diferentes ríos que transcurren por la superficie de la comunidad como el Turia, el Júcar o el Segura. A partir de la zona costera, la altura del relieve aumenta conforme nos alejamos de esta y nos acercamos, por el norte al Sistema Ibérico y por el sur las Sierras Béticas. Por lo tanto, el relieve de la Comunidad Valenciana se puede dividir en: zonas costeras, Sistema Ibérico y Sierras Béticas.

Esta gran variabilidad climática hace relativamente fácil hacer estudios en de gradientes climáticos como el que nos ocupa.

Para la realización del presente estudio, se contó con dos bases de datos proporcionadas por el Servicio de Vida Silvestre (en adelante “DocSVS”), y el Banco de Semillas Forestales del Centro para la Investigación y Experimentación Forestal (CIEF, en adelante “DocCIEF”), ambos dependientes del Gobierno Valenciano. Estas bases de datos son el fruto del trabajo de recolección de semillas para producción de planta forestal y para la conservación de especies protegidas. Estas bases de datos pueden presentar cierto sesgo, ya que incluyen principalmente especies de interés forestal o de conservación. Aun así, debido a la distribución geográfica regular por todo el territorio incluyen especies de todos los climas descritos anteriormente. Igualmente, debido al elevado número de especies estudiadas, las bases de datos proporcionan datos de una

gran cantidad de familias y representan una gran diversidad de biotipos de plantas terrestres.

Para cada especie, las bases de datos nos proporcionan información sobre fecha, lugar de recolección y peso promedio por mil semillas para cada fecha y lugar de recolección. En concreto, las tablas que hemos usado contienen las siguientes variables: Nombre de la especie, fecha de recolección, masa de 1000 semillas de cada recolección (g), lugar o paraje y término municipal de recogida.

Antes de realizar el análisis, se procedió a depurar la base de datos:

1. Se eliminó aquella información innecesaria para este estudio como, por ejemplo, las recolecciones de semillas procedentes de especies cultivadas tanto en vivero como en agricultura. También se eliminaron de DocSVS y DocCIEF aquellas especies que solo habían sido recolectadas en una población ya que al menos, se necesitan dos zonas de recolección con diferente precipitación para estudiar la variación de la masa de las semillas en función de la misma.

2. En DocSVS no se contaba con la mayoría de las coordenadas correspondientes a los puntos de recolección. En la base de datos solo se indicaba el municipio de recolección o el lugar o paraje. Para dichas especies se buscaron las coordenadas manualmente mediante el visor cartográfico de la Generalitat Valenciana (<https://visor.gva.es/visor/>) que permitía buscar las localizaciones mediante los topónimos indicados en las bases de datos. Estas coordenadas se obtuvieron en el sistema de referencia ETRS 1989 UTM huso 30.

3. Por otro lado, en la base de datos DocCIEF, se contaba con todas las coordenadas de recolección de las poblaciones pero en otro sistema de referencia. Por lo tanto, se tuvieron que transformar las coordenadas de esta base de datos, las cuales se encontraban en cuadrículas UTM 1x1 km y 10x10 km, en coordenadas que estuvieran en sistema de referencia ETRS 1989 UTM huso 30. De esta manera, todas las coordenadas con las que se trabajó durante el estudio se encontraban en el mismo sistema de referencia, ETRS 1989 UTM huso 30.

4. Se eliminaron todas aquellas poblaciones con las que se contaba únicamente con el nombre del municipio de recolección, ya que dentro de un término municipal puede haber muchas diferencias en cuanto a precipitación. Además, el número de poblaciones que quedaba en las bases de datos tras eliminar las anteriormente mencionadas, eran suficientes para realizar el estudio.

5. Se unieron las poblaciones de las diferentes especies con sus respectivas subespecies cuando el nombre de la subespecie coincidía con el de la especie como,



por ejemplo: *Quercus faginea* Lam. con *Quercus faginea* Lam. subsp *faginea*. Esto se hizo así ya que se consideró que cuando se produce dicha coincidencia la especie es la misma.

Tras la depuración y obtención de las coordenadas adecuadas, se introdujeron en el programa informático ArcGIS (versión 10.5.1, 2017) para obtener una capa (shapefile) con los puntos de las coordenadas anteriormente mencionadas. Posteriormente se superpuso dicha capa a un raster de precipitación obteniendo el valor del raster para cada punto de recolección. La capa raster de precipitación que se ha utilizado procede de la base de datos WorldClim (Hijmans, Cameron, Parra, Jones & Jarvis, 2005), consultada a través de su página web (<http://www.worldclim.org>).

En DocCIEF había coordenadas de puntos de recolección las cuales se encontraban en zonas costeras muy cerca del mar y dado que WorldClim solo proporciona información sobre precipitación en zonas continentales, a alguno de estos puntos no se le pudo asignar un valor de precipitación ya que el raster no se extendía hasta la localización de estos puntos. Así que la asignación de los valores de precipitación a estas poblaciones se llevó a cabo de forma manual, escogiendo aquellos valores del raster que se encontraban en el punto terrestre más cercano a la población. Como las coordenadas costeras que se han modificado a mano no distan más de 5 kilómetros de aquellos lugares donde ya se cuenta con información del raster de precipitación, se ha considerado que, dado que el raster contiene los datos derivados de la interpolación de los datos climáticos mensuales promedio de las estaciones meteorológicas en una cuadrícula de 1 km<sup>2</sup>, no va a haber una diferencia que produzca cambios en los resultados.

Se procedió a la eliminación de aquellas poblaciones que sí se encontraban a más de 5 kilómetros de aquellos lugares con información del raster. Por ejemplo, las poblaciones de las islas Columbretes, que se encuentran a más de 30 km de la costa.

Por lo tanto, tras la realización de los anteriores procesos, obtuvimos dos bases de datos, una derivada de DocSVS y otra derivada de DocCIEF, que posteriormente se unificaron para facilitar el trabajo. Esta base de datos final cuenta con la información de 1239 especies con sus respectivos puntos de recolección (un total de 3078 registros) a lo largo de 26 años (1995-2016). Esto no quiere decir que haya datos de todos los años de dicho periodo, sino que se cuenta con datos de diferentes años entre 1995 y 2016. Además, hay cuatro casos que se dan en nuestra base de datos:

- El primero de ellos es que hay especies que se han recogido en el mismo lugar geográfico durante años diferentes.

- El segundo de ellos es que hay poblaciones que se han recogido en diferentes lugares geográficos y poseen el mismo valor de precipitación.
- El tercero es que para una misma especie se repiten años de recolección al ser poblaciones de diferente lugar geográfico.
- Hay poblaciones sin año de recolección.

La base de datos incluía además: Nombre de la especie, género, familia, la masa de 1000 semillas, coordenadas ETRS 1989 UTM huso 30 de la población de recolección de cada especie, los valores de precipitación media anual para cada coordenada y la forma biológica de cada especie.

Las formas biológicas o biotipos corresponden a los establecidos por Raunkiaer: terófito, hemicriptófito, geófito, caméfitos y fanerófitos, datos que se obtuvieron de la base de datos de flora de Alicante compilada por Luis Serra en su tesis doctoral (Serra, 2007). Para aquellas especies que se describen con dos biotipos en la tesis, se asignó aquel que aparecía primero, asumiendo que es el más representativo de la especie o el que se le asocia la mayor parte de las veces. Dado que en la base de datos de la tesis (Serra, 2007) no aparecían todas las especies de nuestra base de datos, se llevó a cabo la búsqueda de los biotipos restantes en diferentes bases de datos y publicaciones: Atlas de la flora de Aragón (V.V.A.A., 2005), Asociación Flora Catalana (V.V.A.A., 2018) y Flora ibérica (Castroviejo, 1986-2012). Para las especies que no aparecían en dichas bases de datos, se buscaron otras alternativas, estas son: para *Hedypnois arenaria* se consideró que, debido a que todas las especies del género *Hedypnois* son terófitos, es terófito y para *Helianthemum edetanum* se asignó biotipo gracias a la información obtenida en Mateo, Fabado y Torres (2009).

Para llevar a cabo este estudio, se ha trabajado con los 3078 puntos de muestreo a lo largo de los mencionados 26 años. Todas las poblaciones de la base de datos se han introducido en el programa estadístico sin realizar ningún tipo de actuación sobre ellas y teniendo en cuenta las limitaciones y casos expuestos a lo largo de este apartado, asumiendo que al realizar el estudio de esta manera se introduce un factor de confusión en el análisis.

El rango de precipitación media anual con el que se ha trabajado se encuentra entre 280 mm y 747 mm.

Se procedió a la realización de los modelos de regresión lineal simple para estudiar si la variación de la masa de las semillas se ve influenciada por la precipitación. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo a nivel de especie y género, por separado y siempre que se contara con más de diez datos para dichos niveles. Se escogieron

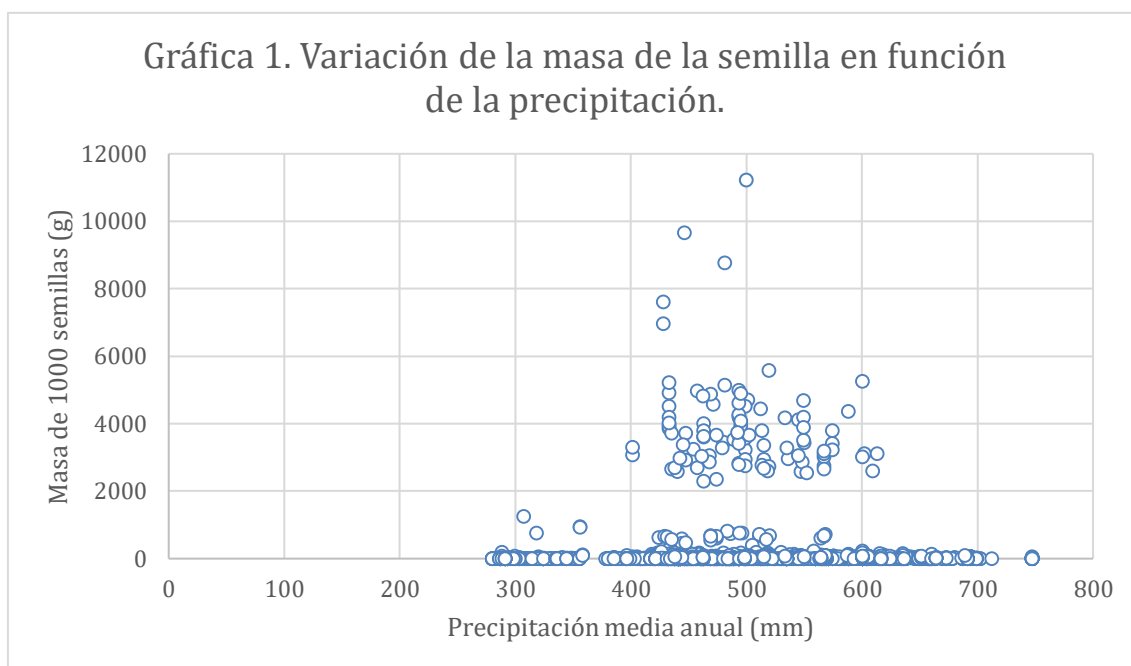
aquellos grupos que contaran con más de diez datos ya que se consideró que es un número a partir del cual podemos obtener información más relevante debido a la variedad de datos, tanto de masa de la semilla como de precipitación. Además, al realizar pruebas de modelos de regresión lineal simple con aquellos grupos con menos de diez datos se obtenían coeficientes de correlación muy cercanos a cero y p-valores muy superiores a 0.05, pero no se puede saber si la falta de significación se debe a que no existe un efecto o a que hay pocos datos.

La masa de la semilla de las diferentes especies puede estar influenciada por la familia a la que pertenecen por lo que también se llevaron a cabo los estudios de regresión lineal simple agrupando las especies por familias. También se realizaron dichos modelos con las formas biológicas de todas las especies de la base de datos. Primero, se llevaron a cabo con cada biotipo por separado. Segundo, se hicieron dos grupos, por un lado se agruparon hemicriptófitos, caméfitos, geófitos y fanerófitos (formas biológicas no anuales) y por otro aquellas especies terófitas (anuales) para ver si la variación de la masa de la semilla en función de la precipitación se encuentra relacionada con la forma biológica. Siguiendo esta línea, y en tercer lugar, se realizaron los tests de regresión lineal simple con aquellas especies herbáceas (terófitos, geófitos y hemicriptófitos) y leñosas (caméfitos y fanerófitos) por separado.

En nuestra base de datos, la variación de la masa de las semillas se mueve entre varios órdenes de magnitud lo que crea una gran dispersión en los datos y puede estar ocultando el efecto de la precipitación. Para evitar esto, se hicieron las siguientes agrupaciones según el peso de las semillas, recordando que la masa de las semillas de cada población corresponde a la masa de 1000 semillas: 0.001 - 0.009 g, 0.01 - 0.09 g, 0.1 - 0.9 g, 1 - 9 g, 10 - 99 g, 100 - 999 g, 1000 - 9999 g, 10000 - 99999 g. Por lo tanto, la masa que se encuentre dentro de cada grupo de masa corresponderá a 1000 semillas. Tanto para la realización de los modelos con las familias, formas biológicas y grupos de masa de diferente orden de magnitud se escogieron aquellos que tuvieran más de 10 datos según lo explicado en líneas anteriores.

## Resultados

La correlación entre la masa de la semilla y la precipitación no es significativa ( $R=0.003$ ;  $p=0.856$ , Gráfica 1).



Gráfica 1. Variación de la masa de la semilla en función de la precipitación.

En cuanto a los diferentes grupos de masa considerados (Tabla A5), en los grupos de masa entre 1 y 9 gramos, 10 y 99 gramos y 100 y 999 gramos la correlación entre masa de la semilla y precipitación media anual es significativa, mientras que para los grupos con semillas mayores las correlaciones no son significativas. Además, se puede observar que tanto para el grupo de masa entre 1 y 9 gramos y 10 y 99 gramos la pendiente es positiva mientras que la pendiente para el grupo de masa de entre 100 y 999 gramos es negativa. Esto quiere decir que, a medida que aumenta la precipitación, la masa de las semillas de los grupos entre 1 y 9 gramos y 10 y 99 gramos aumentan mientras que para el grupo restante, al aumentar la precipitación, la masa de las semillas disminuirán. También hay que tener en cuenta que conforme aumenta el grupo de masa de la semilla en una magnitud de masa, la pendiente también aumenta en una magnitud de masa. Si seguimos poniendo la atención en las pendientes, tenemos que para el grupo de entre 100 y 999 gramos, por cada milímetro de lluvia más la masa de 1000 semillas disminuirá 0.59 gramos.

Por otro lado, tenemos que para los tres grupos mencionados en el párrafo anterior el coeficiente de correlación es cercano a cero y por lo tanto, la correlación entre ambas variables estudiadas es muy pequeña: para los grupos de masa de entre 1 y 9

gramos y 10 y 99 gramos, la precipitación explica menos del 1% de la variación de la masa de la semilla, mientras que para el grupo de entre 100 y 999 gramos, la precipitación explica solo el 3.4% de esa variación.

También hay que tener en cuenta los datos correspondientes a la columna “Intercept” ya que es el valor que el modelo ha predicho para el peso de 1000 semillas en el caso de que la precipitación fuera 0 mm. Se puede apreciar como a medida que el grupo de masa es mayor, y por lo tanto contiene masas de semillas superiores, los “intercept” estimados son mayores. Esto quiere decir que es un valor con el que se puede intuir el tamaño de las semillas estudiadas en cierto grupo. Por ejemplo, el intercept cuyo valor es 552.98 nos hace ver que ese grupo tiene semillas de mayor tamaño que el grupo cuyo intercept es 24.27.

Tabla 1. Grupos de masa cuyo coeficiente de correlación es significativo y sus respectivos valores obtenidos en la regresión lineal simple (p-valor < 0.005).

n	Grupos de masa	Coeficiente de correlación (R)	P-valor	F (g.l)	R <sup>2</sup> *	Pendiente estimada	Intercept
1068	1,0-9,0	0,075	0,014	6,06 (1, 1066)	0,6%	0,002	3,07
892	10,0-99,0	0,081	0,016	5,81 (1, 890)	0,6%	0,02	24,27
118	100-999	-0,184	0,046	4,06 (1, 116)	3,4%	-0,59	552,98

\* Porcentaje de la variación de la masa explicado por la precipitación obtenido del coeficiente de determinación.

En cuanto a los biotipos analizados, únicamente presentan un coeficiente de correlación significativo entre la masa de la semilla y la precipitación algunas de las formas biológicas estudiadas por separado, es decir, terófitos, geófitos, caméfitos y fanerófitos. Tal y como se aprecia en la tabla 2, las pendientes son positivas para terófitos, geófitos y caméfitos y negativa para los fanerófitos. Además, tenemos que para terófitos y geófitos, por cada milímetro de lluvia más, la masa de las semillas aumentará 0.1 gramos y para fanerófitos disminuirá 1.21 gramos.

El coeficiente de correlación de terófitos y fanerófitos indica una correlación baja entre las variables estudiadas y por lo tanto, la precipitación explica porcentajes más bajos de la variación de la masa de la semilla que geófitos y caméfitos, los cuales tienen un coeficiente de correlación mayor y en consecuencia un R<sup>2</sup> mayor.

En este caso, vemos como los terófitos, geófitos y caméfitos poseen un valor de intercept negativo. Esto se debe a que es un valor predicho por el modelo y por lo tanto puede ser negativo aunque en la realidad nunca se dará el caso ya que en nuestra zona de estudio no hay ningún lugar donde la precipitación sea 0 mm y no pueden existir

semillas de masa negativa. Además, existen limitaciones biológicas en cuanto a la masa de la semilla se refiere, lo que hace que las semillas de cada especie no puedan ser menor a un cierto umbral. Por ejemplo, para los terófitos, si tenemos un valor de 0 mm de precipitación anual la masa de 1000 semillas será -12.75 gramos. Esto, como se ha explicado, se da al ser un modelo estadístico, pero no en la realidad.

Tabla 2. Biotipos cuyo coeficiente de correlación es significativo y sus respectivos valores obtenidos en la regresión lineal simple ( $p$ -valor  $< 0.005$ ).

n	Biotipos	Coeficiente de correlación (R)	P-valor	F (g.l)	R <sup>2*</sup>	Pendiente estimada	Intercept
184	Terófitos	0,156	0,034	4,56 (1, 182)	2,4%	0,10	-12,75
222	Geófitos	0,203	0,002	9,41 (1, 220)	4,1%	0,09	-18,67
1013	Caméfitos	0,202	8,65E-11	43,02 (1, 1011)	4,1%	0,04	-13,35
1312	Fanerófitos	-0,098	3,93E-04	12,63 (1, 1310)	1,0%	-1,21	968,19

\* Porcentaje de la variación de la masa explicado por la precipitación obtenido del coeficiente de determinación.

De las 44 familias estudiadas, 17 presentan un coeficiente de correlación significativo entre la masa de la semilla y la precipitación. La pendiente es positiva en el 52.94 % de las familias y negativa en el 47.06 %. Son las familias *Arecaceae* y *Ulmaceae* las que tienen una pendiente más acusada que todas las demás familias, cuyas pendientes se encuentran bastante cercanas a cero. Para las familias *Arecaceae* y *Ulmaceae* el aumento de 1 milímetro de lluvia supone que la masa de 1000 semillas disminuya 1.43 gramos y 0.84 gramos respectivamente.

En la tabla 3, se puede apreciar como en el 23.53% de las familias (4 de 17) la variación de la masa de las semillas es explicada en más del 50% por la precipitación.

Tabla 3. Familias cuyo coeficiente de correlación es significativo y sus respectivos valores obtenidos en la regresión lineal simple ( $p$ -valor  $< 0.005$ ).

n	Familia	Coeficiente de correlación (R)	P-valor	F (g.l)	R <sup>2*</sup>	Pendiente estimada	Intercept
51	<i>Amaryllidaceae</i>	-0,429	0,002	11,05 (1, 49)	18,4%	-0,12	75,77
34	<i>Anacardiaceae</i>	0,407	0,017	6,34 (1, 32)	16,5%	0,06	-9,66
22	<i>Arecaceae</i>	-0,554	0,007	8,88 (1, 20)	30,7%	-1,43	1363,50
89	<i>Brassicaceae</i>	-0,485	1,42E-06	26,82 (1, 87)	23,6%	-0,06	35,69
19	<i>Buxaceae</i>	0,757	0,0002	22,84 (1, 17)	57,3%	0,02	-2,14
45	<i>Caprifoliaceae</i>	-0,602	0,0004	15,95 (1, 28)	36,3%	-0,16	116,19
163	<i>Caryophyllaceae</i>	0,179	0,022	5,34 (1, 161)	3,2%	0,001	0,13
43	<i>Ericaceae</i>	0,511	0,0005	14,49 (1, 41)	26,1%	0,09	-35,07
14	<i>Euphorbiaceae</i>	-0,773	0,001	17,83 (1, 12)	59,8%	-0,02	14,32
426	<i>Lamiaceae</i>	0,218	5,78E-06	21,09 (1, 424)	4,7%	0,003	-0,52

22	Plantaginaceae	0,685	0,0004	17,73 (1, 20)	47,0%	0,005	-1,72
81	Poaceae	-0,305	0,006	8,12 (1, 79)	9,3%	-0,05	30,15
69	Rhamnaceae	0,439	0,0002	15,98 (1, 67)	19,3%	0,007	4,28
207	Rosaceae	-0,200	0,004	8,55 (1, 205)	4,0%	-0,11	115,49
67	Sapindaceae	0,438	0,0002	15,47 (1, 65)	19,2%	0,08	-4,22
11	Thymelaeaceae	0,775	0,005	13,57 (1, 9)	60,1%	0,08	-28,77
23	Ulmaceae	-0,745	4,54E-05	26,19 (1, 21)	55,5%	-0,84	523,44

\* Porcentaje de la variación de la masa explicado por la precipitación obtenido del coeficiente de determinación.

De los 76 géneros estudiados, 26 presentan un coeficiente de correlación significativo entre la masa de la semilla y la precipitación (Tabla 4). La pendiente es positiva en el 46.15 % de esos 26 géneros. En el 96.15 % de los casos que presentan un coeficiente de correlación positivo, las pendientes tanto positivas como negativas, se encuentran muy cerca a cero a excepción del género *Chamaerops*. Para este género, el aumento de 1 mm de lluvia provocará que la masa de 1000 semillas disminuya 1.43 gramos.

Además, en 8 de los 26 géneros, la precipitación explica más de un 50% de la variación en la masa de las semillas.

Tabla 4. Géneros cuyo coeficiente de correlación es significativo y sus respectivos valores obtenidos en la regresión lineal simple ( $p$ -valor < 0.005).

n	Género	Coeficiente de correlación (R)	P-valor	F (g.l)	R <sup>2</sup> *	Pendiente estimada	Intercept
67	Acer	0,438	0,0002	15,47 (1, 65)	19,2%	0,08	-4,22
25	Amelanchier	-0,543	0,005	9,63 (1, 23)	29,5%	-0,007	8,91
14	Anarrhinum	-0,820	0,0003	24,54 (1, 12)	67,2%	-4,59E-04	0,25
12	Astragalus	-0,597	0,040	5,53 (1, 10)	35,6%	-0,02	14,45
14	Brachypodium	-0,752	0,002	15,58 (1, 12)	56,5%	-0,007	6,57
19	Buxus	0,757	0,0002	22,84 (1, 17)	57,3%	0,02	-2,14
22	Chamaerops	-0,554	0,007	8,88 (1, 20)	30,7%	-1,43	1363,50
22	Colutea	0,445	0,038	4,94 (1, 20)	19,8%	0,01	9,72
52	Crataegus	-0,443	0,001	12,18 (1, 50)	19,6%	-0,20	197,28
19	Cyperus	0,580	0,009	8,61 (1, 17)	33,6%	0,002	1,41
19	Elymus	-0,481	0,037	5,11 (1, 17)	23,1%	-0,010	13,14
14	Euphorbia	-0,773	0,001	17,83 (1, 12)	59,8%	-0,02	14,32
21	Halimium	0,455	0,038	4,97 (1, 19)	20,7%	0,003	-0,88
18	Iberis	0,744	0,0004	19,87 (1, 16)	55,4%	0,004	-0,43
65	Limonium	-0,272	0,028	5,03 (1, 63)	7,4%	-0,002	2,05
30	Lonicera	-0,602	0,0004	15,95 (1, 28)	36,3%	-0,03	23,35
39	Lotus	-0,560	0,0002	16,86 (1, 37)	31,3%	-0,002	3,16
25	Medicago	0,569	0,003	11,01 (1, 23)	32,4%	0,04	-11,68
13	Ononis	0,788	0,001	17,99 (1, 11)	62,1%	0,02	-3,30
15	Petrocoptis	-0,613	0,015	7,815 (1, 13)	37,5%	-0,01	6,81

14	Phillyrea	0,770	0,001	17,46 (1, 12)	59,3%	0,12	-35,44
34	Pistacia	0,407	0,017	6,34 (1, 32)	16,5%	0,06	-9,66
69	Rhamnus	0,439	0,0002	15,98 (1, 67)	19,3%	0,007	4,28
55	Salvia	0,713	9,90E-10	54,90 (51, 3)	50,9%	0,01	-4,24
115	Thymus	-0,380	2,83E-05	19,05 (1, 113)	14,4%	-2,41E-04	0,29
31	Viburnum	-0,547	0,001	12,37 (1, 29)	29,9%	-0,13	120,82

\* Porcentaje de la variación de la masa explicado por la precipitación obtenido del coeficiente de determinación.

De las 89 especies estudiadas, 15 presentan un coeficiente de correlación significativo entre la masa de la semilla y la precipitación (Tabla 5). Además, el 40% de esas 15 especies tienen una pendiente positiva. Para la especie *Chamaerops humilis* L. el aumento de un milímetro de lluvia provoca una disminución en la masa de 1000 semillas de 1.43 gramos.

En 4 de las 15 especies con un coeficiente de correlación significativo, la precipitación explica más del 50% de la variación de la masa de la semilla.

Tabla 5. Especies cuyo coeficiente de correlación es significativo y sus respectivos valores obtenidos en la regresión lineal simple ( $p$ -valor  $< 0.005$ ).

n	Especies	Coeficiente de correlación (R)	P-valor	F (g.l)	R <sup>2</sup> *	Pendiente estimada	Intercept
25	<i>Amelanchier ovalis</i> Medik.	-0,543	0,005	9,63 (1, 23)	29,5%	-0,007	8,91
12	<i>Anarrhinum fruticosum</i> Desf.	-0,772	0,003	14,72 (1, 10)	59,5%	-0,005	1,60
19	<i>Buxus sempervirens</i> L.	0,757	0,0002	22,84 (1, 17)	57,3%	0,023	-2,14
22	<i>Chamaerops humilis</i> L.	-0,554	0,007	8,88 (1, 20)	30,7%	-1,432	1363,50
45	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	-0,300	0,045	4,25 (1, 43)	9,0%	-0,086	125,06
19	<i>Cyperus mucronatus</i> (L.) Mabilie.	0,580	0,009	8,61 (1, 17)	33,6%	0,002	1,41
19	<i>Elymus farctus</i> (Viv.) Runemark ex Melderis.	-0,481	0,037	5,11 (1, 17)	23,1%	-0,010	13,14
17	<i>Lonicera etrusca</i> G. Santi.	0,521	0,032	5,58 (1, 15)	27,1%	0,009	2,91
27	<i>Lotus creticus</i> L.	-0,644	0,0003	17,69 (1, 25)	41,4%	-0,002	3,20
15	<i>Petrocoptis pardoii</i> Pau.	-0,613	0,015	7,82 (1, 13)	37,5%	-0,012	6,81
16	<i>Prunus mahaleb</i> L.	-0,779	0,0004	21,54 (1, 14)	60,6%	-0,142	151,14
24	<i>Salvia blancoana</i> subsp. <i>Mariolensis</i> Figuerola.	0,413	0,045	4,53 (1, 22)	17,1%	0,005	0,85
48	<i>Silene diclinis</i> (Lag.) M. Laínz.	-0,350	0,015	6,41 (1, 46)	12,2%	-0,007	4,54
20	<i>Sorbus aria</i> (L.) Crantz.	0,472	0,036	5,16 (1, 18)	22,3%	0,041	-3,45
18	<i>Teucrium hifacense</i> Pau.	0,730	0,0006	18,20 (1, 16)	53,2%	0,002	-0,38

\* Porcentaje de la variación de la masa explicado por la precipitación obtenido del coeficiente de determinación.



## Discusión

Tras la realización del presente trabajo, se ha obtenido que no hay un coeficiente de correlación significativo entre la masa de las semillas y la precipitación cuando se estudia la base de datos en su conjunto. Por lo tanto, a ese nivel, los resultados no apoyan nuestra hipótesis de que la masa de las semillas de las especies estudiadas en su conjunto aumenta conforme disminuye la precipitación media anual, es decir, que las semillas de lugares más secos sean de mayor tamaño que aquellas que se encuentren en lugares más húmedos. Murray *et al.* (2004) también obtuvieron, mediante regresiones simples, que no había relaciones significativas entre la masa de la semilla y la precipitación al estudiar la relación de estos factores entre diferentes especies de 34 taxones perennes del género *Glycine* en Australia. Sin embargo, Peco *et al.* (2009), trabajando con plantas anuales, sí que obtuvieron en sus resultados que la precipitación y la masa se encuentran correlacionadas significativamente y de forma negativa, hecho que apoyaría nuestra hipótesis. Peco *et al.* (2009) encontraron que las especies que fueron más abundantes en los otoños secos tuvieron masas de las semillas superiores que aquellas especies más abundantes en otoños húmedos. Asimismo, ya en los años 70, Baker (1972) encontró una tendencia muy marcada en la que la masa de las semillas era cada vez mayor conforme aumentaba la probabilidad de que las plántulas de dichas semillas se vieran expuestas a una sequía después de la germinación y Leishman *et al.* (2000), tras realizar una revisión bibliográfica, encontraron varios artículos los cuales llegaban a la misma conclusión que obtuvo Baker (1972). A pesar de que hay estudios donde la masa de las semillas está correlacionada de manera significativa y negativamente con la precipitación, también los hay donde no lo están y por eso Leishman *et al.* (2000) y Peco *et al.* (2009) afirman que hay poca evidencia disponible sobre la asociación entre las semillas de mayor tamaño y los lugares más secos en los estudios multi especies. Moles *et al.* (2005) obtuvieron, en su estudio de 12.987 especies de plantas, que la masa de la semilla estuvo correlacionada de manera significativa pero, en este caso, positivamente con la precipitación es decir, que a mayor cantidad de precipitación, mayor será la masa de las semillas de ese lugar.

Por otro lado, al separar la base de datos en especies, géneros, familias, formas biológicas y grupos de masa, se obtiene como resultado que algunos subgrupos, no todos, dentro de esta clasificación tienen una correlación significativa, tanto positiva como negativa, entre la masa de sus semillas y la precipitación. Así que, aquellas especies, géneros, familias, formas biológicas o grupos de masa que tengan una correlación significativa apoyan a nuestra hipótesis de que existe una diferencia en la masa de la semilla entre poblaciones con diferente precipitación. Esto hace que nos

tengamos que preguntar nuevas cuestiones de cara al futuro como, por ejemplo: ¿Por qué hay grupos en los que sí existe una correlación significativa y otros en los que no? A pesar de esto, que haya correlación entre ambos factores no indica que sea una correlación fuerte y por lo tanto, que la precipitación explique un porcentaje alto en la variación de la masa de la semilla. Como afirman Venable y Brown (1988), cuyos resultados muestran que la sequía, y por lo tanto la falta de precipitación, está claramente entre los factores selectivos más importantes que afectan al tamaño de la semilla. En cambio, hay estudios donde la precipitación explica un porcentaje muy bajo en comparación con otros factores estudiados (Moles *et al.*, 2005; Murray *et al.*, 2004). Esto último ocurre en nuestros resultados cuando se ha estudiado los grupos de masa y las formas biológicas. Tras analizar los grupos de masa obtenemos que los que tienen correlación significativa entre los factores estudiados, dicho coeficiente de correlación es muy bajo y por lo tanto, el coeficiente de determinación también lo es, obteniendo así porcentajes de explicación muy bajos. Lo mismo ocurre al estudiar las formas biológicas de manera independiente es decir, terófitos, geófitos, caméfitos y fanerófitos. Sin embargo, la precipitación tiene mayor influencia en los resultados obtenidos para familias, géneros y especies, lo que hace que explique mayores porcentajes en la variación de la semilla.

En cuanto a los terófitos cabe destacar que, siendo plantas con un ciclo reproductivo anual donde tanto las condiciones del medio como el esfuerzo de la planta por producir semillas que consigan sobrevivir al año siguiente son importantes, los resultados obtenidos para este grupo no han sido los esperados ya que el coeficiente de correlación se encuentra muy cercano a cero y la precipitación solo explica un 2.4% de la variación de la masa de las semillas. Además, no apoya nuestra hipótesis ya que la pendiente estimada es positiva es decir, al aumentar la precipitación la masa de la semilla aumentará. Por cada milímetro de precipitación más, la masa de 1000 semillas de los terófitos estudiados aumentará 0.10 gramos. Harel, Holzapfel y Sternberg (2011), también encontraron que para plantas anuales, a nivel de comunidad, la media de la masa de las semillas aumentó con el aumento de la precipitación media anual. Los mismos resultados encontraron a nivel de población para 7 de las 15 especies más abundantes estudiadas. Sin embargo, Peco *et al.* (2009) obtuvieron que las especies asociadas con otoños húmedos tenían semillas más ligeras que aquellas asociadas a otoños secos. Por lo tanto, los resultados de Peco *et al.* (2009) sí apoyan nuestra hipótesis de que en lugares donde hay menor precipitación la masa de las semillas es mayor.

Según los resultados obtenidos en este estudio no podemos afirmar que la tendencia de que la masa de la semilla sea cada vez mayor conforme aumenta la sequía expuesta por Baker (1972), Leishman y Westoby (1994), Leishman *et al.* (2000) y Peco *et al.* (2009) se de en todos los casos. Esto se debe a que la correlación entre el tamaño de la semilla y la precipitación no es significativa en todas las especies, géneros o familias estudiadas. Para las familias, 17 de las 44 familias estudiadas tienen un coeficiente de correlación significativo, en el caso de los géneros, 26 de los 76 géneros estudiados tienen un coeficiente de correlación significativo y en el caso de las especies, 15 de las 89 especies estudiadas tienen un coeficiente de correlación significativo. Por tanto, no siempre se cumple la tendencia expuesta por los autores mencionados anteriormente. Por otro lado, a pesar de que la masa de las semillas se correlaciona significativamente con la precipitación para algunas especies, géneros o familias, no todas esas correlaciones lo hacen de forma negativa lo que sí apoyaría la tendencia propuesta por Baker (1972), Leishman *et al.* (2000) y Peco *et al.* (2009). En nuestro caso, los grupos que apoyan esta tendencia, y por lo tanto una de nuestras hipótesis, son: en las familias, menos de la mitad de aquellas que tienen un coeficiente de correlación significativo tienen una pendiente de la recta negativa. En los géneros, 14 de los 26 géneros con un coeficiente de correlación significativo tienen una pendiente de la recta negativa y en las especies, 9 de las 15 especies con un coeficiente de correlación significativo tienen una pendiente de la recta negativa. Metzner *et al.* (2017) también concluyeron que las especies de plantas que crecieron durante su estudio en lugares secos mostraron un tamaño de semilla superior que las especies que crecieron en parcelas húmedas o intermedias, al estudiar 75 comunidades de plantas. En la misma línea se encuentran Leishman y Westoby (1994), cuyos resultados en invernadero fueron que las plántulas procedentes de semillas grandes sí tuvieron una emergencia o supervivencia relativamente superior que aquellas procedentes de semillas pequeñas bajo condiciones del suelo cada vez más seco. Además, el tiempo de supervivencia en el invernadero de las plántulas bajo condiciones sin agua fue asociada positivamente con el tamaño de la semilla. Estos resultados que obtuvieron en invernadero fueron consistentes con su hipótesis de que las semillas más grandes proveen una ventaja para el establecimiento de las plántulas en condiciones de poca humedad en el suelo, pero estos resultados no se repitieron en el experimento de campo.

Según lo explicado en la introducción precedente de los estudios de Padilla y Pugnaire (2007) y Hallett *et al.* (2011), se puede asumir que aquellas especies de semillas más grandes desarrollarán plántulas con raíces de mayor longitud que puedan

llegar a las zonas profundas húmedas del suelo en caso de sequía y sobrevivir a estos periodos de poca precipitación. Esto puede ser la explicación de por qué se suele asociar las semillas de mayor tamaño a lugares con poca humedad en el suelo. En nuestros resultados, como ya se ha comentado en párrafos anteriores, hay especies, géneros y familias que a medida que aumenta la aridez, la masa de las semillas también aumenta, aunque esto no se da con todas las especies, géneros y familias estudiadas.

En relación con los resultados a nivel de especie, ya se ha reflejado que 15 de las 89 especies estudiadas tienen un coeficiente de correlación significativo con la precipitación es decir, que la precipitación y por lo tanto la disponibilidad de agua, influyen en el tamaño de sus semillas. Esto también lo demostraron Larios *et al.* (2014), tras estudiar la selección natural en el tamaño de la semilla de una planta anual desértica (*Dithyrea californica*), donde obtuvo que la disponibilidad de agua tenía un efecto beneficioso sobre la selección del tamaño de la semilla superviviente. La supervivencia de las plantas aumentó, en general, en el lugar más húmedo pero las plantas procedentes de semillas de mayor tamaño tuvieron un aumento mucho mayor que las plantas procedentes de semillas pequeñas. Erskine (1996), realizó un experimento para estudiar los efectos que tiene el tamaño de la semilla en la lenteja (*Lens culinaris*) a la hora de adaptarse a la temperatura y la lluvia en Asia occidental. Los resultados de este estudio fueron que el grupo de semillas más grande mostró una ventaja en la producción de grano sobre el grupo de semillas más pequeño en los dos ambientes de estudio más húmedos mientras que el grupo de semillas pequeñas se adaptó mejor a los ambientes secos. La diferencia en la producción de semillas entre los grupos de semillas grandes y el grupo de semillas pequeñas se correlacionó con la precipitación estacional total.

La metodología del presente estudio tiene una serie de limitaciones por lo que a continuación, se proponen ciertas mejoras para ayudar a la realización de otros trabajos que se encuentren relacionados con este, tanto en el tema de estudio como en la metodología.

Una de nuestras limitaciones es que la base de datos que se ha usado sobre la precipitación, cuenta con datos derivados de la interpolación de los datos climáticos mensuales promedio de las estaciones meteorológicas en una cuadrícula de 1 km<sup>2</sup> y no tiene en cuenta otros factores del paisaje que pueden influir en la disponibilidad de agua para las plantas. Esta limitación también la tuvieron Murray *et al.* (2004), quienes comentaron que las medidas de lluvia que usaron para la realización del estudio puede que no hubieran sido las más adecuadas y propusieron un método para realizar otro tipo de medición como por ejemplo usar una medida de la lluvia que tenga en cuenta la interacción entre la lluvia y las características hidrológicas del paisaje, como el drenaje,

la profundidad del agua subterránea o la capacidad de retención de agua del suelo. Esto es una buena idea para tener en cuenta diferentes factores del medio que interaccionan con el agua ya que por ejemplo, frente a una cierta cantidad de precipitación no se comporta igual un suelo más poroso que un suelo más impermeable. Otro ejemplo es que las plantas de las zonas donde las aguas subterráneas se encuentren más cerca de la superficie tendrán mayor facilidad para alcanzar esa agua que aquellas que se encuentran en zonas donde el agua subterránea transcurre a gran profundidad por lo que estas últimas lo tendrán más difícil cuando la precipitación sea baja.

Otra limitación también se debe a la base de datos utilizada para obtener los valores de precipitación ya que los datos corresponden al periodo entre 1960 y 1990, y puede que no se ajusten perfectamente a la precipitación que se produjo entre los años 1995 y 2016, periodo en el cual se llevó a cabo la recolección de los datos de las semillas de las diferentes poblaciones con las que se ha realizado el estudio. Por eso, y debido al avance de la tecnología en los últimos años, se podría buscar una base de datos más actual o que se ajustara mejor al periodo de recolección de nuestra base de datos ya que por ejemplo, se han podido instalar un mayor número de estaciones meteorológicas o haber mejorado los métodos de interpolación.

Otra de las limitaciones que ha tenido este trabajo es que no se ha contado, en ciertos casos, con un número de recolecciones suficientes que nos permitan realizar los análisis estadísticos ya que por ejemplo, para los grupos de masa creados, el grupo conformado con semillas entre 0.001 gramos y 0.009 gramos tiene únicamente 3 poblaciones por lo que la correlación entre la masa de las semillas de ese grupo y la precipitación no fue significativa. Por lo tanto, hay casos en los que si la correlación entre ambos factores no ha salido significativa puede deberse a la falta de datos para realizar un buen análisis estadístico y no porque no exista dicha correlación.

Este estudio no solo cuenta con ciertas limitaciones sino que también con varias fortalezas ya que se han realizado modelos de regresión lineal simple para 89 especies repartidas en un total de 1838 poblaciones, 76 géneros repartidos en 2473 poblaciones, 44 familias repartidas en 2912 poblaciones y para las diferentes formas biológicas repartidas en las 3078 poblaciones totales con las que cuenta la base de datos con la que se ha trabajado. Por lo tanto, en general, se ha contado con una gran cantidad de información para ciertos grupos lo que hace que los resultados obtenidos sean fiables dentro de las limitaciones anteriormente mencionadas.

Por último, se proponen ciertas mejoras que ayudarían a obtener más información sobre la variación de la masa de las semillas de las especies mediterráneas

en función de la precipitación. En primer lugar, la inclusión en la base de datos de nuevas poblaciones de aquellas especies con las que no se ha contado en el presente estudio debido a su bajo número de poblaciones recolectadas (< 10 poblaciones) para así tener datos sobre otras especies y conocer si la precipitación influye en el tamaño de sus semillas o no. En segundo lugar, realizar el estudio con una medida de precipitación que tenga en cuenta otros factores como propuso Murray *et al.* (2004) y que se ha explicado en párrafos anteriores y, en tercer lugar, se propone que se sigan recolectando datos tanto de poblaciones vegetales como de precipitación para que en un futuro se vuelva a realizar un estudio semejante al presente y poder aumentar nuestro conocimiento sobre la relación masa de la semilla - precipitación.

En resumen, tras la realización del presente estudio y comparación de los resultados obtenidos con la información recogida en los artículos revisados, se llega a la conclusión de que, según la bibliografía revisada, la masa de las semillas es un rasgo que no solo se ve influenciado por un factor externo a la planta, como la precipitación, sino que un conjunto de factores a diferentes escalas hace que la planta produzca semillas con una masa u otra. Además de esto, parece ser que no a todas las especies les afectan de la misma manera los factores y condiciones del medio sobre la masa de la semilla ya que, según nuestros resultados, la precipitación media anual no afecta de la misma manera a los diferentes taxones estudiados. Cada especie, determinada por las características del género y familia al que pertenezcan, se verá influenciada por unos factores u otros con mayor o menor fuerza por lo que no se puede afirmar que hay una tendencia general a que la masa de las semillas de plantas silvestres mediterráneas vaya aumentando en ambientes cada vez más secos. Así que, tanto en nuestros resultados como en los proporcionados por otros autores, se puede apreciar como cada taxón se comporta de una manera diferente frente a la precipitación.

## Bibliografía

- Agencia Estatal de Meteorología e Instituto de Meteorología de Portugal (2011). Atlas Climático Ibérico. Temperatura del aire y precipitación (1971-2000). *Agencia Estatal de Meteorología, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino e Instituto de Meteorología de Portugal*. [http://www.aemet.es/es/conocerlas/recursos\\_en\\_linea/publicaciones\\_y\\_estudios/publicaciones/detalles/Atlas-climatologico](http://www.aemet.es/es/conocerlas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/publicaciones/detalles/Atlas-climatologico).
- Baker, H. G. (1972). Seed weight in relation to environmental conditions in California. *Ecology*, 53(6), 997–1010.
- Castroviejo, S. (coord..gen.). (1986-2012). *Flora ibérica* 1-8, 10-15, 17-18, 21. *Real Jardín Botánico*, CSIC, Madrid. [Disponible en: <http://www.floraiberica.org/>; consulta: 04/07/2019].
- Erskine, W. (1996). Seed-size effects on lentil (*Lens culinaris*) yield potential and adaptation to temperature and rainfall in West Asia. *The Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 126(3), 335–341. <https://doi.org/10.1017/s002185960007489x>.
- Garrido, J. L., Rey, P. J., & Herrera, C. M. (2005). Fuentes de variación en el tamaño de la semilla de la herbácea perenne *Helleborus foetidus* L. (Ranunculaceae). *Anales Del Jardín Botánico de Madrid*, 62(2), 115–125. <https://doi.org/10.3989/ajbm.2005.v62.i2.10>.
- Gómez, J. M. (2004). Bigger is not always better: conflicting selective pressures on seed size in *Quercus ilex*. *Evolution*, 58(1), 71–80.
- Gross, K., & Smith, A. (1991). Seed mass and emergence time effects on performance of *Panicum dichotomiflorum* Michx. across environments. *Oecología*, 87, 270-278.
- Hallett, L. M., Standish, R. J., & Hobbs, R. J. (2011). Seed mass and summer drought survival in a Mediterranean-climate ecosystem. *Plant Ecol*, 212, 1479–1489. <https://doi.org/10.1007/s11258-011-9922-2>.
- Harel, D., Holzapfel, C., & Sternberg, M. (2011). Seed mass and dormancy of annual plant populations and communities decreases with aridity and rainfall predictability. *Basic and Applied Ecology*, 12, 674–684. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2011.09.003>.
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. Retrieved from International Journal of Climatology (25) website: <http://worldclim.org/version1>.

- Jakobsson, A., & Eriksson, O. (2000). A comparative study of seed number, seed size, seedling size and recruitment in grassland plants. *Oikos*, *88*:3, 494–502.
- Kidson, R., & Westoby, M. (2000). Seed Mass and Seedling Dimensions in Relation to Seedling Establishment. *Oecologia*, *125*, 11–17.
- Larios, E., Búrquez, A., Becerra, J. X., & Venable, D. L. (2014). Natural selection on seed size through the life cycle of a desert annual plant. *Ecology*, *95*(11), 3213–3220. <https://doi.org/10.1890/13-1965.1>.
- Leishman, M. R., & Westoby, M. (1994a). The Role of Large Seed Size in Shaded Conditions: Experimental Evidence. *Functional Ecology*, *8*(2), 205–214. <https://doi.org/10.2307/2389903>.
- Leishman, M. R., & Westoby, M. (1994b). The Role of Seed Size in Seedling Establishment in Dry Soil Conditions - Experimental Evidence from Semi-Arid Species. *The Journal of Ecology*, *82*, 249–258. <https://doi.org/10.2307/2261293>.
- Leishman, Michelle R, Wright, I. J., Moles, A. T., & Westoby, M. (2000). The Evolutionary Ecology of Seed Size. *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*, *2*, 31–58.
- Liu, Y., Barot, S., El-Kassaby, Y. A., & Loeuille, N. (2017). Impact of temperature shifts on the joint evolution of seed dormancy and size. *Ecology and Evolution*, *7*(1), 26–37. <https://doi.org/10.1002/ece3.2611>.
- Mateo, G., Fabado, J., & Torres, C. (2009). *Helianthemum edetanum* (cistaceae), nueva especie para la flora valenciana. *Flora Montiberica*, *43*, 92 – 95. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3044560>.
- Metz, J., Liancourt, P., Kigel, J., Harel, D., Sternberg, M., & Tielbörger, K. (2010). Plant survival in relation to seed size along environmental gradients: A long-term study from semi-arid and Mediterranean annual plant communities. *Journal of Ecology*, *98*, 697–704. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2010.01652.x>.
- Metzner, K., Gachet, S., Rocarpin, P., & Saatkamp, A. (2017). Seed bank, seed size and dispersal in moisture gradients of temporary pools in Southern France. *Basic and Applied Ecology*, *21*, 13–22. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2017.06.003>.
- Milberg, P., Pérez-Fernandez, M. A., & Byron B, L. (1998). Seedling growth response to added nutrients depends on seed size in three woody genera. *Journal of Ecology*, *86*, 624–632.



- Moles, A. T., Ackerly, D. D., Webb, C. O., Tweddle, J. C., Dickie, J. B., Pitman, A. J., & Westoby, M. (2005). Factors that shape seed mass evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(30), 10540–10544. <https://doi.org/10.1073/pnas.0501473102>.
- Moles, Angela T., & Westoby, M. (2004). Seedling survival and seed size: A synthesis of the literature. *Journal of Ecology*, 92, 372–383. <https://doi.org/10.1111/j.0022-0477.2004.00884.x>.
- Murray, B. R., Brown, A. H. D., Dickman, C. R., & Crowther, M. S. (2004). Geographical gradients in seed mass in relation to climate. *Journal of Biogeography*, 31(3), 379–388. <https://doi.org/10.1046/j.0305-0270.2003.00993.x>.
- Padilla, F. M., & Pugnaire, F. I. (2007). Rooting depth and soil moisture control Mediterranean woody seedling survival during drought. *Functional Ecology*, 21(3), 489–495. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2007.01267.x>.
- Peco, B., Traba, J., Levassor, C., Sánchez, A. M., & Azcárate, F. M. (2003). Seed size, shape and persistence in dry Mediterranean grass and scrublands. *Seed Science Research*, 13, 87–95. <https://doi.org/10.1079/ssr2002127>.
- Peco, B., Rico, L., & Azcárate, F. M. (2009). Seed size and response to rainfall patterns in annual grassland: 16 years of permanent plot data. *Journal of Vegetation Science*, 20(1), 8–16. DOI: 10.1111/j.1654-1103.2009.05646.x.
- Ribeiro, L. C., Barbosa, E. R. M., Van Langevelde, F., & Borghetti, F. (2015). The importance of seed mass for the tolerance to heat shocks of savanna and forest tree species. *Journal of Vegetation Science*, 26. <https://doi.org/10.1111/jvs.12314>.
- Serra, L. (2007). Estudio Crítico de La Flora Vasculare de La Provincia de Alicante: Aspectos Nomenclaturales, Biogeográficos y de Conservación. *Ruizia*.
- Soper Gordon, N. L., Winkler, K. J., Jahnke, M. R., Marshall, E., Horky, J., Huddelson, C., & Etterson, J. R. (2016). Geographic patterns of seed mass are associated with climate factors, but relationships vary between species. *American Journal of Botany*, 103(1), 60–72. <https://doi.org/10.3732/ajb.1500295>.
- Turnbull, L. A., Rees, M., & Crawley, M. J. (1999). Seed mass and the competition / colonization a sowing experiment. *Journal of Ecology*, 87, 899–912.
- V.V.A.A. (2005). *Atlas de la Flora de Aragón*. Instituto Pirenaico de Ecología: Ed: V.V.A.A. [Disponible en: <http://floragon.ipe.csic.es/index.php>; consulta: 04/07/2019].

- V.V.A.A. (2018). *Asociación Flora Catalana: Catálogo de flora vascular*. Ed: *Revista Milfulles*. [Disponible en: <http://www.floracatalana.net/>; consulta: 04/07/2019].
- Venable, D. L., & Brown, J. S. (1988). The Selective Interactions of Dispersal, Dormancy and Seed Size As Adaptations for Reducing Risk in Variable Environments. *The American Naturalist*, 131(3), 360–384.
- Volis, S., & Bohrer, G. (2013). Joint evolution of seed traits along an aridity gradient: Seed size and dormancy are not two substitutable evolutionary traits in temporally heterogeneous environment. *New Phytologist*, 197, 655–667. <https://doi.org/10.1111/nph.12024>.
- Westoby, M., & Moles, A. T. (2006). Seed size and plant strategy across the whole life cycle. *Oikos*, 113(1), 91–105. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2006.14194.x>.

Anexo 1. Tablas de resultados.

Tabla A1. Resultados de los análisis realizados para las especies con más de 10 poblaciones. Solo se muestran los estadísticos para aquellas especies en que la correlación es significativa.

n	Especies	Coefficiente de correlación (R)	P-valor	F (g.l)	R <sup>2</sup> *	Pendiente estimada	Intercept
35	<i>Acer granatense</i> Boiss.	0,236	0,172				
23	<i>Acer monspessulanum</i> L.	0,152	0,489				
15	<i>Achillea santolinoides</i> Lag.	-0,033	0,906				
25	<i>Amelanchier ovalis</i> Medik.	-0,543	0,005	9,627 (1, 23)	29,5%	-0,007	8,91
20	<i>Ammophila arenaria</i> subsp. <i>arundinacea</i> H. Lindb. f.	-0,117	0,622				
12	<i>Anarrhinum fruticosum</i> Desf.	-0,772	0,003	14,72 (1, 10)	59,5%	-0,005	1,60
19	<i>Anthyllis cytisoides</i> L.	0,396	0,093				
20	<i>Antirrhinum valentinum</i> Font Quer.	0,035	0,883				
19	<i>Arbutus unedo</i> L.	0,137	0,575				
20	<i>Arctostaphylos uva-ursi</i> (L.) Spreng.	-0,191	0,421				
19	<i>Buxus sempervirens</i> L.	0,757	0,0002	22,84 (1, 17)	57,3%	0,02	-2,14
12	<i>Cakile maritima</i> Scop. subsp. <i>maritima</i> .	0,203	0,526				
17	<i>Chaenorhinum tenellum</i> (Cav.) Lange.	0,173	0,507				
22	<i>Chamaerops humilis</i> L.	-0,554	0,007	8,878 (1, 20)	30,7%	-1,43	1363,50
14	<i>Cistus creticus</i> L.	-0,082	0,780				
14	<i>Cistus salviifolius</i> L.	-0,256	0,376				
13	<i>Colutea arborescens</i> s.l.	0,332	0,268				
14	<i>Cotoneaster granatensis</i> Boiss.	-0,413	0,143				
45	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	-0,300	0,045	4,246 (1, 43)	9,0%	-0,09	125,06
13	<i>Crucianella maritima</i> L.	-0,495	0,085				
19	<i>Cyperus mucronatus</i> (L.) Mabilie.	0,580	0,009	8,611 (1, 17)	33,6%	0,002	1,41
36	<i>Dictamnus hispanicus</i> Webb ex Willk.	0,102	0,552				
18	<i>Dorycnium pentaphyllum</i> Scop.	0,011	0,967				
22	<i>Echium saetabense</i> Peris & al.	0,073	0,747				
19	<i>Elymus farctus</i> (Viv.) Runemark ex Melderis.	-0,481	0,037	5,111 (1, 17)	23,1%	-0,01	13,14
14	<i>Ephedra fragilis</i> Desf.	-0,277	0,338				
14	<i>Eryngium maritimum</i> L.	-0,116	0,693				

13	<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl.	0,198	0,516				
17	<i>Fraxinus ornus</i> L.	0,415	0,098				
13	<i>Garidella nigellastrum</i> L.	-0,359	0,229				
20	<i>Glaucium flavum</i> Crantz.	-0,172	0,467				
13	<i>Halimium atriplicifolium</i> (Lam.) Spach.	-0,055	0,860				
31	<i>Helianthemum caput-felis</i> Boiss.	0,069	0,713				
20	<i>Helianthemum squamatum</i> (L.) Dum. Cours.	-0,208	0,379				
26	<i>Ilex aquifolium</i> L.	-0,251	0,217				
15	<i>Juniperus communis</i> L. (s.l).	-0,005	0,985				
28	<i>Juniperus oxycedrus</i> L. (s.l).	-0,029	0,883				
11	<i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>macrocarpa</i> (Sm.) Ball.	0,239	0,479				
26	<i>Juniperus phoenicea</i> L.	-0,119	0,564				
15	<i>Juniperus thurifera</i> L.	0,332	0,227				
11	<i>Ligustrum vulgare</i> L.	0,022	0,949				
28	<i>Limonium dufourii</i> (Girard) Kuntze.	0,230	0,240				
17	<i>Lonicera etrusca</i> G. Santi.	0,521	0,032	5,58 (1, 15)	27,1%	0,009	2,91
27	<i>Lotus creticus</i> L.	-0,644	0,0003	17,69 (1 ,25)	41,4%	-0,002	3,20
41	<i>Lupinus mariae-josephae</i> H. Pascual.	0,087	0,589				
17	<i>Medicago marina</i> L.	-0,386	0,126				
14	<i>Myrtus communis</i> L.	0,360	0,206				
17	<i>Osyris lanceolata</i> Hochst. & Steud.	0,024	0,928				
13	<i>Otanthus maritimus</i> (L.) Hoffmanns. & Link	-0,515	0,072				
28	<i>Panocratium maritimum</i> L.	-0,014	0,943				
13	<i>Periploca laevigata</i> subsp. <i>angustifolia</i> (Labill.) Markgraf.	-0,371	0,212				
15	<i>Petrocoptis pardoii</i> Pau.	-0,613	0,015	7,815 (1, 13)	37,5%	-0,01	6,81
15	<i>Pinus halepensis</i> Mill.	-0,128	0,649				
13	<i>Pinus nigra</i> subsp. <i>salzmannii</i> (Dunal) Franco.	-0,290	0,337				
25	<i>Pinus pinaster</i> Aiton.	-0,367	0,071				
19	<i>Pinus sylvestris</i> L.	-0,436	0,062				
27	<i>Pistacia lentiscus</i> L.	0,037	0,855				
16	<i>Prunus mahaleb</i> L.	-0,779	0,0004	21,54 (1, 14)	60,6%	-0,14	151,14
21	<i>Prunus spinosa</i> L.	-0,021	0,928				
26	<i>Quercus coccifera</i> L.	-0,250	0,218				
23	<i>Quercus faginea</i> Lam.	-0,067	0,760				

43	<i>Quercus ilex</i> L. subsp. <i>ballota</i> .	0,009	0,954				
31	<i>Rhamnus alaternus</i> L.	0,078	0,677				
28	<i>Rhamnus lycioides</i> L.	0,290	0,134				
24	<i>Salvia blancoana</i> subsp. <i>mariolensis</i> Figuerola.	0,413	0,045	4,529 (1, 22)	17,1%	0,005	0,85
13	<i>Salvia lavandulifolia</i> subsp. <i>lavandulifolia</i> Vahl	0,538	0,058				
23	<i>Sideritis angustifolia</i> Lag. subsp. <i>mugronensis</i> (Borja) Obón & Rivera.	0,039	0,859				
12	<i>Sideritis chamaedryfolia</i> Cav. subsp. <i>chamaedryfolia</i> .	-0,158	0,624				
16	<i>Silene cambessedesii</i> Boiss. & Reut.	-0,170	0,529				
48	<i>Silene diclinis</i> (Lag.) M. Laínz.	-0,350	0,015	6,405 (1, 46)	12,2%	-0,007	4,54
47	<i>Silene hifacensis</i> Rouy ex Willk.	0,048	0,748				
11	<i>Silene ramosissima</i> Desf.	-0,488	0,128				
20	<i>Sorbus aria</i> (L.) Crantz.	0,472	0,036	5,161 (1, 18)	22,3%	0,04	-3,45
19	<i>Sorbus domestica</i> L.	0,207	0,396				
11	<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz.	-0,302	0,367				
21	<i>Teline patens</i> (DC.) Talavera & P.E. Gibbs.	0,265	0,246				
18	<i>Teucrium hifacense</i> Pau.	0,730	0,0006	18,2 (1, 16)	53,2%	0,002	-0,38
28	<i>Teucrium lepicephalum</i> Pau.	0,019	0,922				
17	<i>Teucrium thymifolium</i> Schreb.	0,317	0,214				
20	<i>Thymbra capitata</i> (L.) Cav.	-0,241	0,306				
21	<i>Thymus godayanus</i> Rivas Mart.	-0,070	0,764				
11	<i>Thymus granatensis</i> Boiss. subsp. <i>micranthus</i> (Willk.) O.Bolòs & Vigo	0,322	0,335				
25	<i>Thymus moroderi</i> Pau ex Martínez.	-0,058	0,784				
11	<i>Thymus pulegioides</i> L.	-0,265	0,431				
42	<i>Tilia platyphyllos</i> Scop. subsp. <i>platyphyllos</i>	0,231	0,142				
16	<i>Vella lucentina</i> M. B. Crespo.	-0,202	0,454				
24	<i>Verbascum fontqueri</i> Benedí & J. M. Monts.	-0,228	0,285				
16	<i>Viburnum lantana</i> L.	-0,0007	0,998				
15	<i>Viburnum tinus</i> L.	-0,276	0,320				

\* Porcentaje de la variación de la masa explicado por la precipitación obtenido del coeficiente de determinación.

Tabla A2. Resultados de los análisis realizados para los géneros representados con más de 10 poblaciones. Solo se muestran los estadísticos para aquellas especies en que la correlación es significativa.

n	Géneros	Coefficiente de correlación (R)	P-valor	F (g.l)	R <sup>2</sup> *	Pendiente estimada	Intercept
67	Acer	0,438	0,0002	15,47 (1, 65)	19,2%	0,08	-4,22
20	Achillea	-0,040	0,867				
25	Amelanchier	-0,543	0,005	9,627 (1, 23)	29,5%	-0,007	8,91
20	Ammophila	-0,117	0,622				
14	Anarrhinum	-0,820	0,0003	24,54 (1, 12)	67,2%	-4,59E-04	0,25
37	Anthyllis	-0,103	0,544				
20	Antirrhinum	0,035	0,883				
19	Arbutus	0,137	0,575				
20	Arctostaphylos	-0,191	0,421				
12	Astragalus	-0,597	0,040	5,534 (1, 10)	35,6%	-0,02	14,45
14	Brachypodium	-0,752	0,002	15,58 (1, 12)	56,5%	-0,007	6,57
19	Buxus	0,757	0,0002	22,84 (1, 17)	57,3%	0,02	-2,14
12	Cakile	0,203	0,526				
11	Centaurea	0,458	0,157				
17	Chaenorhinum	0,173	0,507				
22	Chamaerops	-0,554	0,007	8,878 (1, 20)	30,7%	-1,43	1363,50
69	Cistus	-0,053	0,668				
11	Clematis	-0,205	0,545				
22	Colutea	0,445	0,038	4,939 (1, 20)	19,8%	0,01	9,72
11	Coronilla	0,504	0,114				
24	Cotoneaster	0,257	0,225				
52	Crataegus	-0,443	0,001	12,18 (1, 50)	19,6%	-0,20	197,28
13	Crucianella	-0,495	0,085				
19	Cyperus	0,580	0,009	8,611 (1, 17)	33,6%	0,002	1,41
36	Dictamnus	0,102	0,552				
28	Dorycnium	0,276	0,155				
22	Echium	0,073	0,747				
19	Elymus	-0,481	0,037	5,111 (1, 17)	23,1%	-0,010	13,14
17	Ephedra	0,360	0,155				
14	Eryngium	-0,116	0,693				
14	Euphorbia	-0,773	0,001	17,83 (1, 12)	59,8%	-0,02	14,32
30	Fraxinus	0,048	0,802				
13	Garidella	-0,359	0,229				
20	Glaucium	-0,172	0,467				
12	Gypsophila	0,001	0,997				
21	Halimium	0,455	0,038	4,972 (1, 19)	20,7%	0,003	-0,88
63	Helianthemum	0,175	0,171				
18	Iberis	0,744	0,0004	19,87 (1, 16)	55,4%	0,004	-0,43
26	Ilex	-0,251	0,217				
15	Iris	0,054	0,849				
108	Juniperus	-0,094	0,332				
16	Launaea	-0,275	0,302				
11	Ligustrum	0,022	0,949				
65	Limonium	-0,272	0,028	5,033 (1, 63)	7,4%	-0,002	2,05

11	Linaria	-0,363	0,272				
30	Lonicera	-0,602	0,0004	15,95 (1, 28)	36,3%	-0,03	23,35
39	Lotus	-0,560	0,0002	16,86 (1, 37)	31,3%	-0,002	3,16
46	Lupinus	-0,123	0,416				
25	Medicago	0,569	0,003	11,01 (1, 23)	32,4%	0,04	-11,68
14	Myrtus	0,360	0,206				
13	Narcissus	-0,097	0,753				
13	Ononis	0,788	0,001	17,99 (1, 11)	62,1%	0,02	-3,30
17	Osyris	0,024	0,928				
13	Otanthus	-0,515	0,072				
28	Panocratium	-0,014	0,943				
13	Periploca	-0,371	0,212				
15	Petrocoptis	-0,613	0,015	7,815 (1, 13)	37,5%	-0,01	6,81
14	Phillyrea	0,770	0,001	17,46 (1, 12)	59,3%	0,12	-35,44
82	Pinus	-0,027	0,806				
34	Pistacia	0,407	0,017	6,338 (1, 32)	16,5%	0,06	-9,66
41	Prunus	-0,171	0,284				
101	Quercus	-0,095	0,334				
69	Rhamnus	0,439	0,0002	15,98 (1, 67)	19,3%	0,007	4,28
55	Salvia	0,713	9,90E-10	54,9 (1, 53)	50,9%	0,01	-4,24
70	Sideritis	0,110	0,366				
124	Silene	0,171	0,058				
50	Sorbus	-0,142	0,324				
21	Teline	0,265	0,246				
135	Teucrium	0,112	0,194				
20	Thymbra	-0,241	0,306				
115	Thymus	-0,380	2,826E-05	19,05 (1, 113)	14,4%	-2,41E-04	0,29
42	Tilia	0,231	0,142				
14	Ulmus	0,426	0,129				
16	Vella	-0,202	0,454				
24	Verbascum	-0,228	0,285				
31	Viburnum	-0,547	0,001	12,37 (1, 29)	29,9%	-0,13	120,82

\* Porcentaje de la variación de la masa explicado por la precipitación obtenido del coeficiente de determinación.

Tabla A3. Resultados de los análisis realizados para las familias representadas con más de 10 poblaciones. Solo se muestran los estadísticos para aquellas especies en que la correlación es significativa.

n	Familias	Coefficiente de correlación (R)	P-valor	F (g.l.)	R <sup>2</sup> *	Pendiente estimada	Intercept
16	Adoxaceae	-0,0007	0,998				
51	Amaryllidaceae	-0,429	0,002	11,05 (1, 49)	18,4%	-0,12	75,77
34	Anacardiaceae	0,407	0,017	6,338 (1, 32)	16,5%	0,06	-9,66
64	Apiaceae	-0,094	0,458				
26	Aquifoliaceae	-0,251	0,217				
22	Arecaceae	-0,554	0,007	8,878 (1, 20)	30,7%	-1,43	1363,50
13	Asclepiadaceae	-0,371	0,212				
95	Asteraceae	0,151	0,143				
22	Boraginaceae	0,073	0,747				
89	Brassicaceae	-0,485	1,42E-06	26,82 (1, 87)	23,6%	-0,06	35,69
19	Buxaceae	0,757	0,0002	22,84 (1, 17)	57,3%	0,02	-2,14
11	Campanulaceae	-0,059	0,862				
45	Caprifoliaceae	-0,602	0,0004	15,95 (1, 28)	36,3%	-0,16	116,19
163	Caryophyllaceae	0,179	0,022	5,335 (1, 161)	3,2%	0,001	0,13
20	Chenopodiaceae	-0,181	0,446				
158	Cistaceae	0,132	0,099				
116	Cupressaceae	0,061	0,517				
24	Cyperaceae	0,240	0,259				
17	Ephedraceae	0,360	0,155				
43	Ericaceae	0,511	0,0005	14,49 (1, 41)	26,1%	0,09	-35,07
14	Euphorbiaceae	-0,773	0,001	17,83 (1, 12)	59,8%	-0,02	14,32
294	Fabaceae	-0,075	0,215				
101	Fagaceae	-0,095	0,344				
23	Hyacinthaceae	0,210	0,335				
18	Iridaceae	-0,131	0,605				
426	Lamiaceae	0,218	5,78E-06	21,09 (1, 424)	4,7%	0,003	-0,52
14	Myrtaceae	0,360	0,206				
63	Oleaceae	0,109	0,397				
20	Papaveraceae	-0,172	0,467				
82	Pinaceae	-0,027	0,806				
22	Plantaginaceae	0,685	0,0004	17,73 (1, 20)	47,0%	0,005	-1,72
74	Plumbaginaceae	0,047	0,693				
81	Poaceae	-0,305	0,006	8,12 (1, 79)	9,3%	-0,05	30,15
37	Ranunculaceae	0,136	0,422				
69	Rhamnaceae	0,439	0,0002	15,98 (1, 67)	19,3%	0,007	4,28
207	Rosaceae	-0,200	0,004	8,55 (1, 205)	4,0%	-0,11	115,49
18	Rubiaceae	-0,302	0,224				
36	Rutaceae	0,102	0,552				
17	Santalaceae	0,024	0,928				
67	Sapindaceae	0,438	0,0002	15,47 (1, 65)	19,2%	0,08	-4,22
105	Scrophulariaceae	-0,009	0,925				
11	Thymelaeaceae	0,775	0,005	13,57 (1, 9)	60,1%	0,08	-28,77
42	Tiliaceae	0,231	0,142				
23	Ulmaceae	-0,745	4,54E-05	26,19 (1, 21)	55,5%	-0,84	523,44

\* Porcentaje de la variación de la masa explicado por la precipitación obtenido del coeficiente de determinación.



Tabla A4. Resultados de los análisis realizados para los biotipos. Solo se muestran los estadísticos para aquellas especies en que la correlación es significativa.

n	Biotipos	Coefficiente de correlación (R)	P-valor	F (g.l)	R <sup>2</sup> *	Pendiente estimada	Intercept
753	Herbáceas (Terófitos, geófitos, hemcriptófitos)	-0,016	0,656				
2325	Leñosas (Caméfitos, fanerófitos)	-0,022	0,291				
184	Terófitos (anuales)	0,156	0,034	4,561 (1, 182)	2,4%	0,10	-12,75
222	Geófitos	0,203	0,002	9,412 (1, 220)	4,1%	0,09	-18,67
347	Hemcriptófitos	-0,104	0,054				
1013	Caméfitos	0,202	8,65E-11	43,02 (1, 1011)	4,1%	0,04	-13,35
1312	Fanerófitos	-0,098	0,0004	12,63 (1, 1310)	1,0%	-1,21	968,19
2894	No anuales (geófitos, hemcriptófitos, caméfitos, fanerófitos)	-0,010	0,587				

\* Porcentaje de la variación de la masa explicado por la precipitación obtenido del coeficiente de determinación.

Tabla A5. Resultados de los análisis realizados para los grupos de masa considerados. Solo se muestran los estadísticos para aquellas especies en que la correlación es significativa.

n	Grupos de masa	Coefficiente de correlación (R)	P-valor	F (g.l)	R <sup>2</sup> *	Pendiente estimada	Intercept
3	0,001-0,009	-	-				
124	0,01-0,09	-0,090	0,321				
771	0,1-0,9	-0,052	0,151				
1068	1,0-9,0	0,075	0,014	6,056 (1, 1066)	0,6%	0,002	3,07
892	10,0-99,0	0,081	0,016	5,812 (1, 890)	0,6%	0,02	24,27
118	100-999	-0,184	0,046	4,058 (1, 116)	3,4%	-0,59	552,98
101	1000-9999	-0,139	0,166				
1	10000-99999	-	-				

\* Porcentaje de la variación de la masa explicado por la precipitación obtenido del coeficiente de determinación.

Anexo 2. Mapas de la zona de estudio.



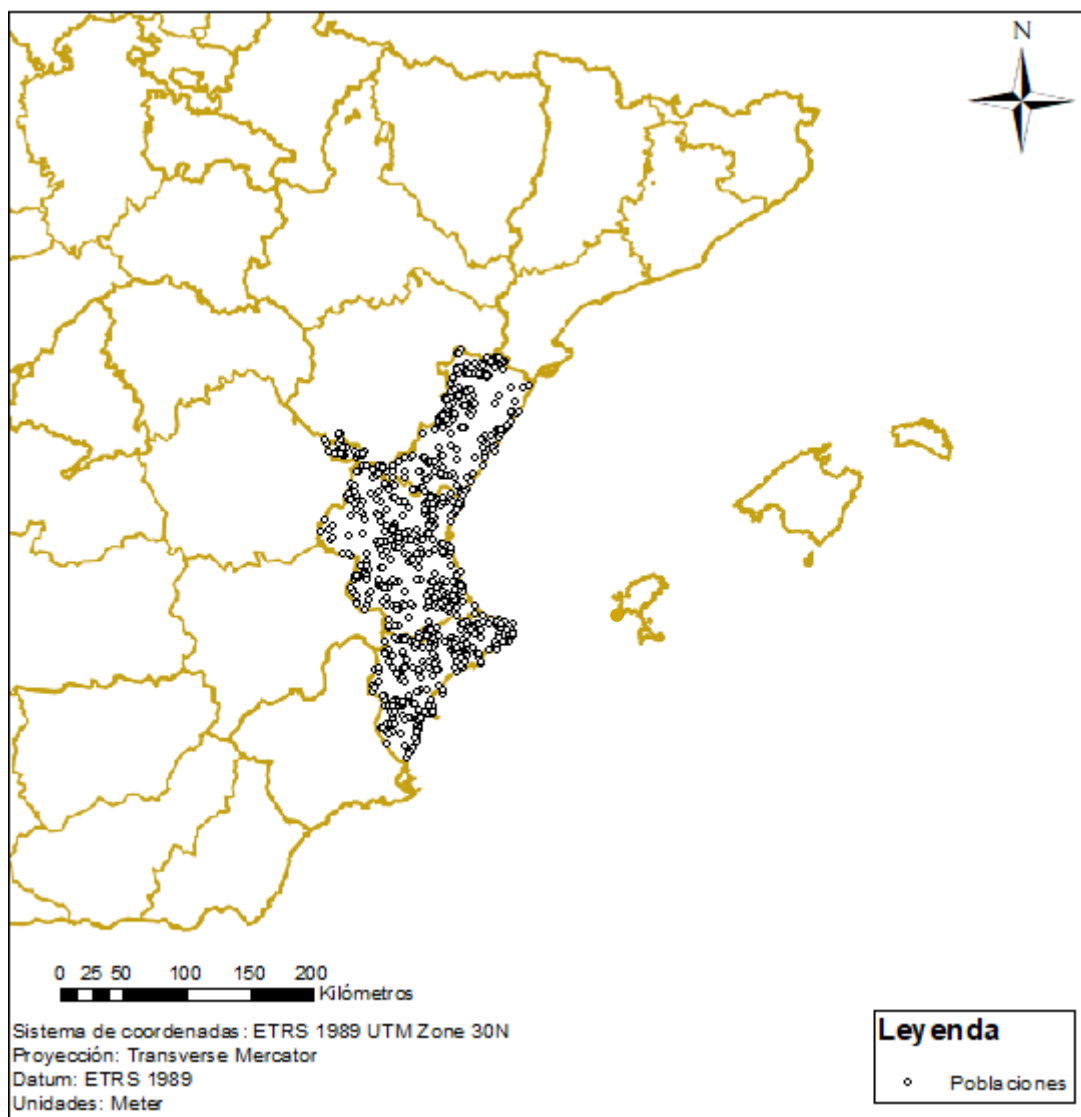
Imagen A1. Mapa de España con sus respectivas Comunidades Autónomas. La Comunidad Valenciana en rojo. Fuente: Google.



Imagen A2. Mapa Orográfico de la Comunidad Valenciana. Fuente: Instituto Cartográfico Valenciano.

### Anexo 3. Distribución de las poblaciones

Distribución de las poblaciones disponibles en la base de datos utilizada



Mapa 1. Distribución de las poblaciones disponibles en la base de datos utilizada. Fuente: elaboración propia.