

ELABORACIÓN DE UN ATLAS DE SEMILLAS DE PLANTAS SILVESTES DEL ALFOZ DE SALAMANCA

DEVELOPMENT OF A SEED ATLAS OF WILD
PLANTS FROM THE ALFOZ OF SALAMANCA

Trabajo Fin de Grado 25TFG270



Grado en Biología Curso 2024/2025

Lucía Santos Diego



VNIVERSIDAD
DSALAMANCA



FACULTAD DE BIOLOGÍA
UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

1. ÍNDICE

Resumen	2
Abstract	2
1. Introducción	3
2. OBJETIVOS.....	5
3. Materiales y métodos	6
3.1. Área de estudio y recolección de las semillas	6
3.2. Prensado y conservación de las plantas y semillas.....	8
3.3. Determinación de las especies	8
3.4. Fotografías	8
3.4.1. Semillas menores de 1 mm.....	8
3.4.2. Semillas de 1 a 5 mm	9
3.4.3. Semillas mayores de 5 mm.....	11
3.5. Edición de las fotografías	12
3.5.1. Realización de la escala y logo	12
3.6. Descripciones de las semillas	13
4. Resultados	13
4.1. Especies recopiladas	13
4.2. Bases de datos.....	15
4.3. Descripciones.....	15
4.4. Fotografías y edición	15
4.5. Imaginarium.....	17
4.6. Tipos de semillas	19
5. Conclusión.....	20
6. Bibliografía.....	21

RESUMEN

Debido a los escasos bancos de imágenes de semillas que existen online, y más concretamente en nuestro país, se ha elaborado uno propio que contiene las principales especies de flora silvestre del alfoz de Salamanca. Con la cooperación de la plataforma *Imaginarium*, creada por la Biblioteca de la Facultad de Biología de la USAL, se ha podido publicar un nuevo álbum con el nombre “Atlas de Semillas”. Este álbum contiene fotografías que muestran al detalle la morfología de las semillas, además de una breve descripción que especifica las estructuras concretas de cada una. También se han añadido otros campos como la familia, el lugar de recolección con sus coordenadas, y sus nombres vernáculos. Se espera que este proyecto sea de utilidad en el ámbito científico y docente, tanto para estudiantes como para profesores; y que pueda generar de una manera visual un interés por el mundo de la botánica a cualquier persona que visite el Atlas sin necesidad de tener conocimientos previos sobre la materia.

ABSTRACT

Due to the limited number of online seed image banks, especially in our country, a dedicated collection has been created featuring the main wild flora species of the alfoz of Salamanca. With the cooperation of the *Imaginarium* platform, developed by the Library of the Faculty of Biology (USAL), a new album titled “Seed Atlas” has been published. This album contains photographs that show in detail the morphology of the seeds, along with a brief description specifying the particular structures of each seed. Additional fields have also been included, such as family, the location of recollection with its coordinates, and the vernacular names of the species. It is hoped that this project will be useful in both scientific and educational fields, for students and teachers alike, and that it will visually spark an interest in the world of botany for anyone who visits the Atlas, regardless of their previous knowledge of the subject.

1. INTRODUCCIÓN

Las semillas forman parte del fruto de las plantas fanerógamas. Contienen al embrión, protegido por una testa que proviene de los tegumentos del primordio seminal, que engendrará una futura planta (Real Academia Española, s.f., definición 1). La carpología es una parte de la botánica especializada en el estudio de las semillas y los frutos. Joseph Gaertner es considerado el fundador de esta rama de la botánica, con la publicación de su obra *De Fructibus et Seminibus Plantarum* (Gaertner, 1788-1791). En ella describe de manera detallada las frutas y semillas de unas 1.000 especies de plantas recolectadas por todo el globo. Todos estos datos los empleó para realizar una clasificación taxonómica excepcional para su época (Stafleu, 1969). A partir del siglo XIX se empiezan a crear por todo el mundo colecciones de frutos y semillas con fines científicos.

La morfología de las semillas es un carácter muy utilizado en las clasificaciones taxonómicas. Dentro de un mismo género de plantas puede resultar complicado diferenciar entre especies, y en muchas ocasiones se utilizan las semillas como carácter diferencial. Como se puede ver en muchos artículos (Juan et al., 2022; Bai et al., 2023; Gabr, 2018; Da Silva et al., 2016), características como el color, la forma, el tamaño, la ornamentación de la capa superficial y la presencia de estructuras como el hilo, las alas o el eleosoma en las semillas, son clave para identificar diferencias entre especies de distintas familias, además de especies dentro de un mismo género. Estas características morfológicas son estables en el tiempo, y las condiciones ambientales externas no provocan variaciones (Barthlott, 1981), por lo que su estudio previo sirve como un carácter invariable necesario para resolver problemas de sistemática y filogenia entre taxones, para establecer relaciones evolutivas, y dar respuesta a adaptaciones ambientales o a la generación de híbridos entre especies (Zeng et al., 2004).

Encontrar bases de datos con estos caracteres morfológicos no es común, por lo que cada investigador que quiera utilizar estos datos tendrá que obtenerlos el mismo, mediante un estudio visual, fotografías o técnicas microscópicas. No siempre es factible poder obtener todos estos recursos, por eso elaborar un atlas con imágenes de semillas puede ser de gran utilidad para la comunidad científica que desee consultarla. Numerosos jardines botánicos, entre ellos el Real Jardín Botánico de Madrid, los Royal Botanic Gardens de Kew o el Jardín Botánico Canario “Viera y Clavijo” en Gran Canaria, mantienen extensas colecciones de semillas destinadas a la conservación de especies vegetales. Sin embargo, dichas colecciones no suelen estar disponibles para el público general, por lo que no se dan a conocer a la comunidad.

En estas últimas décadas, se han desarrollado diversos atlas digitales de semillas accesibles al público en general, con imágenes y descripciones detalladas de las especies. Estas páginas web son las que

han servido como inspiración para sacar adelante este trabajo, y por ello merecen ser reconocidas por su gran utilidad. En primer lugar, el “Atlas Digital de Semillas de las Islas Canarias (ADSIC)” (Gómez & Martín, s.f.) representa una gran variedad de semillas recolectadas en las diferentes islas del archipiélago canario y en otras muchas regiones cercanas. Todas las semillas tienen su correspondiente descripción e información, las fotos muestran la semilla con el mayor detalle posible y desde multitud de ángulos, incluyendo además una foto de la planta in situ y en ocasiones prensada. Aunque no sea con fines educativos o científicos, vale la pena visitarla solo por apreciar la belleza de algunas semillas. Otra página web que incluye imágenes de semillas es el “Atlas de Flora de Aragón” (Instituto Pirenaico de Ecología y Gobierno de Aragón, 2005), pero esta vez no muestra imágenes tan detalladas de las semillas e incluso algunas especies no tienen fotos de éstas. Aun así, es un recurso muy útil para conocer la flora del Pirineo y poder ver las características más superficiales de las semillas. Respecto a páginas web de otros países, el “Digital Plant Atlas” de la Universidad de Groningen, en los Países Bajos (Groningen Institute of Archaeology & Deutsches Archäologisches Institut, 2006), tiene incluidas en su web fotos muy detalladas de semillas, frutos y partes vegetativas de plantas de una cantidad enorme de especies. También está la “Seed Identification Guide” creada por un laboratorio canadiense (Seed Science and Technology Section, Saskatoon Laboratory, Canadian Food Inspection Agency, 2016) que colabora con la “[International Seed Morphology Association \(ISMA\)](#)” para proporcionar una gran base de datos sobre la morfología de las semillas.

Además de estos recursos electrónicos también existen libros que recopilan fotografías de alta calidad de multitud de semillas y frutos. *The Hidden Beauty of Seeds & Fruits* (Bliss, 2021) es un libro que incluye fotografías de semillas y frutos del Real Jardín Botánico de Edimburgo donde se pueden apreciar perfectamente las texturas y formas, combinadas con un texto científico que describe la especie. Es la combinación perfecta entre la ciencia y el arte, que permite al público general apreciar estas estructuras botánicas. También *Seeds Time capsules of life* (Kessler & Stuppy, 2006) muestra imágenes de semillas hechas con microscopía electrónica de barrido, también con descripciones correspondientes. Estos libros no solo son útiles para el mundo científico, también para artistas o diseñadores que buscan inspiración en las semillas. No es común observar tan al detalle estas pequeñas estructuras que a menudo pasan desapercibidas por el ojo humano, pero con estas obras el público puede apreciar que las semillas son verdaderas piezas de arte. Por último, mencionar el *Atlas de Semillas de Aragón* (Pueyo et al., 2023) que tiene un enfoque más científico y trata especialmente semillas de la flora silvestre y arvense de los campos de Aragón, con utilidad para sectores como el agrícola, el ganadero y productores de semillas, a parte del interés botánico.

Por el gran trabajo y utilidad que tienen estas páginas web y libros, se pensó que la Universidad de Salamanca podría desarrollar una propia. Gracias al trabajo que realiza la Biblioteca de la Facultad de Biología de la Universidad de Salamanca con la web de *Imaginarium* (<https://bibbiologia.usal.es/imagenes/>) se han materializado multitud de proyectos creados por profesores y alumnos, que sirven para que todo el mundo que la visite pueda aprender sobre flora, fauna, microbiología, micología, embriología, histología animal o fitopatología, entre otras.

La flora salmantina contiene multitud de especies de carácter arvense y silvestre, precisamente por los campos de cultivo que rodean la ciudad. Por eso queremos destacar el alfoz de Salamanca como un lugar importante para la diversidad florística que a menudo es desapercibido para la población, ya que estas plantas son consideradas como “malas hierbas” y suelen arrancarse de jardines, retirarse de los cultivos o sufrir el envite de herbicidas, cada vez más usado para eliminarlas de cunetas y descampados de la ciudad de Salamanca y su alfoz.

Es posible que este trabajo aporte un grano de arena a que la población aprecie más a estas especies y valoren su belleza e importancia a través del arte que crean al “fabricar” sus semillas. Con este trabajo se espera sea de utilidad para los estudiantes interesados en profundizar sus conocimientos en botánica, así como para los investigadores que deseen emplear estas fotografías como apoyo a sus estudios.

2. OBJETIVOS

Con este trabajo se pretende realizar un Atlas de Semillas para contribuir a la divulgación del conocimiento botánico mediante la realización de un recurso digital que muestre y describa la diversidad de semillas existentes en el alfoz de Salamanca. Los objetivos específicos son:

- I. Realizar fotografías de alta resolución y calidad de semillas y frutos que faciliten su identificación y permitan apreciar sus características morfológicas.
- II. Elaborar descripciones detalladas de cada especie fotografiada.
- III. Contribuir al desarrollo de la plataforma web *Imaginarium* mediante la incorporación de imágenes y descripciones de semillas, con el objetivo de ampliar su base de datos y fomentar la divulgación científica, así como el acceso público al conocimiento botánico.

Se espera que sea de utilidad para los estudiantes que necesiten un apoyo visual para entender los distintos conceptos vistos en el aula; para los docentes que quieran mejorar sus explicaciones incluyendo estos recursos digitales; y para la comunidad científica que necesite estas imágenes para sus investigaciones. De igual manera, queremos destacar también el carácter artístico de estas

fotografías, ya que todo el esfuerzo que se ha puesto en sacar este trabajo adelante habrá merecido la pena en el momento que cualquier persona disfrute y se sorprenda viendo la belleza que alberga cada semilla, incluso antes de germinar.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

En este apartado hay que matizar que en ocasiones lo que se ha fotografiado no son estrictamente semillas, sino frutos, en concreto los de tipo aquenio y núcula. Éstos son frutos simples, secos, indehiscentes y monospermos, de tal manera que la semilla permanece soldada al pericarpo, haciendo parecer que los frutos son semillas. En las descripciones del Atlas se especifica esta nomenclatura, pero para este trabajo se emplea la palabra “semilla” en sentido amplio, ya que hay casos en los que, aunque se nombre como semilla, desde el punto de vista botánico es un fruto. Una vez aclarado este concepto, las semillas de las que se han tomado las fotografías, han sido obtenidas de la siguiente manera.

3.1. Área de estudio y recolección de las semillas

Un alfoz es un conjunto de territorios que comprenden los alrededores de una ciudad, donde se incluyen los pueblos o villas que dependen administrativamente de ella (Real Academia Española, s.f.). El alfoz de Salamanca es la denominación histórica y administrativa que hace referencia el área metropolitana que rodea la ciudad de Salamanca. En este trabajo de fin de grado se ha tenido en cuenta exclusivamente aquellos municipios cuyos límites administrativos colindan con los de Salamanca; comenzando por el norte en dirección este, sur, oeste: Villamayor, Villares de la Reina, Cabrerizos, Santa Marta de Tormes, Carbajosa de la Sagrada, Arapiles, Aldeatejada, Carrascal de Barregas y Doñinos de Salamanca. El área total del alfoz es de 26020 ha, siendo el municipio con mayor extensión Carrascal de Barregas (7664 ha) y el de menor Cabrerizos con 1371 ha. Se trata de una zona con una gran diversidad de especies vegetales (alrededor de 1100 especies y subespecies) (VV.AA., 2025) debido a la gran variedad de sustratos que existen como pizarras, costras carbonatadas sobre arenas, gravas, cantos, arcillas, conglomerados, areniscas, margas y limos. Además, la presencia del río Tormes y los campos de cultivo de regadío asociados a este, hace que aumente el número de hábitats y por consiguiente de especie. En esta zona predominan los campos de cultivo, tanto de secano como de regadío, pero también aparecen encinares y diversos matorrales asociados a estos como cantuesares, escobonales, espinares, tomillares y diferentes tipos de pastos. Los caminos entre cultivos de secano albergan gran cantidad de plantas arvenses, por ello la mayor parte de las semillas de este trabajo pertenecen a este tipo de ecosistema.

La principal razón para escoger esta zona ha sido su fácil accesibilidad para el alumno ya que puede realizar sus desplazamientos utilizando transporte público urbano, en bicicleta o a pie.

La recolección de semillas comenzó a finales de mayo y se dio por finalizada a principios de septiembre. Durante estos cinco meses, se ha salido al campo 18 veces para obtener un total de 91 especies. Cabe destacar que, de estas 91 especies, las semillas de 3 de ellas han sido proporcionadas por diferentes personas del Departamento de Botánica y Fisiología Vegetal, se sabe que han sido recolectadas en Salamanca, pero se desconoce la zona y coordenadas exactas, por lo que no se cuentan en la distribución de zonas de recolección.

Para la recolección en el campo, simplemente ha sido necesario andar lentamente por los márgenes de los caminos, fijándose en las plantas que podían contener semillas maduras. Las semillas se almacenaron en tubos de plástico debidamente etiquetados. También se recolectaron ejemplares con los que se realizaron pliegos testigo. A cada planta y sus semillas recolectadas se le asignaron un número que era registrado en una libreta de campo, junto con el nombre científico provisional de la especie y las coordenadas del lugar de recolección. En esta libreta también se registró la fecha de cada día de recolección y alguna anotación puntual de la presencia o ausencia de plantas y semillas concretas. Las zonas de recolección principales se muestran a continuación en la **Figura 1**.

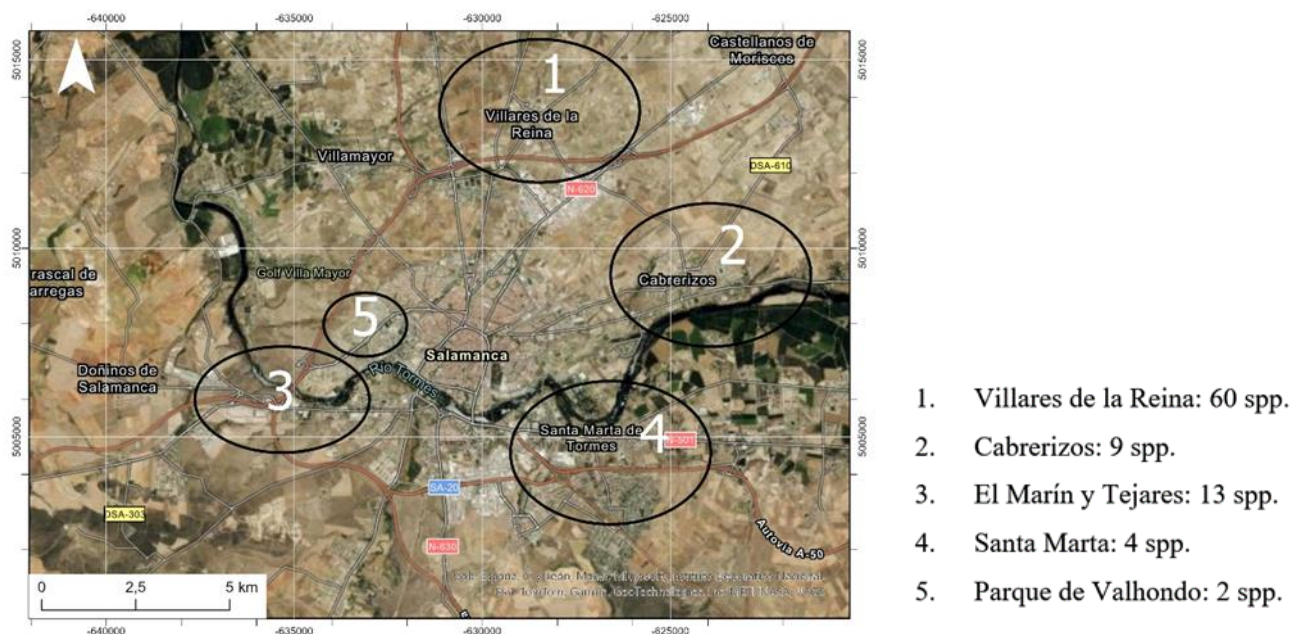


Figura 1. Mapa del alfoz de Salamanca y lugares de recolección de las plantas; los números y círculos representan las zonas que se han visitado durante la recolección de semillas. Elaboración propia con ArcGis Pro.

3.2. Prensado y conservación de las plantas y semillas

Todas las plantas recolectadas en el día se prensaron en una prensa “casera”, creando un pliego que contenía la planta y una etiqueta con la especie y el número asignado. Para el correcto secado de las plantas se empleó papel secante y almohadillas de fieltro para facilitar la absorción de la humedad generada en el proceso de secado. Las plantas se sacaron de la prensa cuando estuvieron completamente secas y se llevaron al área de Botánica para ser almacenadas. En algunos casos de plantas más lignificadas o con estructuras más voluminosas, fueron prensadas de nuevo en prensas del departamento para corregir esos abultamientos del primer prensado.

Las semillas se almacenaron en tubos de plástico tapados y etiquetados. Tras la recolección, se dejaron destapados para secarlas y evitar que se pudrieran. En el caso de semillas o frutos carnosos, se extendieron en cajas planas para mejorar la ventilación. Posteriormente, los tubos con las semillas, y destapados, se introdujeron en una estufa a 40 °C durante dos horas para eliminar cualquier rastro de humedad. Posteriormente se taparon los tubos y colocaron en gradillas para fotografiarlas. No se usaron productos químicos ni gel de sílice, ya que no se pretende su conservación a largo plazo ni su germinación futura.

3.3. Determinación de las especies

En la recolección de las plantas, en aquellos casos en los que se desconocía el nombre científico de estas, se emplearon aplicaciones como PlantNet e iNaturalist para tener una primera idea. En la mayor parte de las ocasiones la información ofrecida por estas aplicaciones fue correcta a nivel de género. Una vez recolectadas y antes de ser prensadas, se determinaron utilizando claves dicotómicas como *Claves Para La Determinación De Plantas Vasculares* (Bonnier & Layens, 1988), *Flora iberica* (Castroviejo, 1986-2012) y *Claves ilustradas de la Flora del País Vasco y territorios limítrofes* (Aizpuru et al., 1999).

3.4. Fotografías

Se han realizado diferentes tipos de fotografía en función del tamaño de las semillas, clasificándolas según su escala en: Semillas menores de 1 mm, semillas de 1 mm a 5 mm y semillas mayores de 5 mm.

3.4.1. Semillas menores de 1 mm

Para estas semillas tan pequeñas, las fotografías se realizaron con una cámara digital LEICA © DFC290 acoplada a un microscopio Nikon Optiphot-2 a distintos aumentos (4x, 10x y 20x) dependiendo de su tamaño. Para la obtención de las fotografías se utilizó el programa *Leica*

Application suite (version 3.3.1). La resolución de las fotografías fue de 2 megapíxel, la máxima que ofrece esta cámara.

Para conseguir la iluminación adecuada se prescindió de la luz del microscopio por el contraluz que provocaba, por lo que se utilizaron dos lámparas flexo con bombillas led de 5W y una temperatura de color de 4000K. Como difusor se empleó una porción de un folio blanco.

El principal problema al fotografiar un objeto con volumen es conseguir que todas las partes de su superficie queden enfocadas, es decir, la profundidad de campo. Esta depende de la apertura del diafragma, la distancia al sujeto (cuanto más cerca menor es la profundidad de campo) y de la longitud focal (a más zoom menor será la profundidad). Por lo tanto, es imposible obtener una fotografía nítida de una semilla en un solo disparo. Para solventar este problema existe una técnica llamada apilamiento de fotos que consiste en sacar múltiples imágenes a un mismo sujeto sin que este se mueva, lo único que se mueve es la cámara (en este caso el objetivo del microscopio), para poder cambiar el punto de enfoque. Esta técnica es compleja y lenta, ya que hay que ir foto por foto cambiando la distancia entre el sujeto y el objetivo hasta tener las suficientes fotografías de todas las partes de la semilla enfocadas. En cada foto hay una parte distinta de la semilla enfocada, por lo que hay que apilar todas las imágenes para conseguir que en la imagen final el sujeto quede nítido en su totalidad. Esto se ha realizado digitalmente con el programa PICOLAY.

De este modo, las fotografías realizadas al microscopio se obtuvieron enfocando con el tornillo micrométrico cada 5, 10 o 20 centésimas de milímetro (dependiendo del volumen de la semilla). Se comenzó enfocando la superficie que más sobresaliera del plano horizontal (con el objetivo del microscopio más alejado del objeto) y se fueron realizando las fotografías hasta llegar al punto más cercano del plano horizontal, que suelen ser los bordes de la semilla (aquí el objetivo del microscopio está más cercano al objeto).

3.4.2. Semillas de 1 a 5 mm

En este caso, se ha empleado una técnica fotográfica conocida como fotografía macro extrema. Las fotografías se realizaron con una cámara réflex Canon EOS 80D y un objetivo de microscopio Amscope 4x DIN 45 mm Acromático 4x/0.1, el cual se adaptó a la cámara. También se utilizaron anillos de extensión sin óptica para aumentar la distancia focal y así obtener un mayor aumento. También ha sido necesario el uso de un carril micrométrico de enfoque, en este caso se ha utilizado una etapa lineal adaptada (mucho más barata que un auténtico rail micrométrico), acoplando una zapata especial para poder adaptar el cuerpo de la cámara. La función de este rail es la de desplazar la cámara hacia el objeto a fotografiar con incrementos micrométricos (lo aconsejable es de 1/100 de

mm). Este conjunto de piezas se ha montado sobre una superficie sólida y nivelada para evitar vibraciones. (**Figura 2**). Las fotografías tomadas con esta cámara se realizaron a la máxima resolución (24 Mpx) en formato RAW (6000 x 4000).



Figura 2. Disposición del equipo fotográfico para la realización de las fotos, con sus partes correspondientes para poder comprender el funcionamiento de esta técnica. Imagen de elaboración propia.

Para conseguir una iluminación adecuada, se emplearon los mismos focos del apartado anterior, esta vez con dos difusores de luz (uno delante de cada foco) utilizando como difusores dos folios para dispersar la luz y evitar brillos. De igual manera, para cada semilla se modificó la posición de los focos para obtener la luz óptima.

Es importante señalar que una vez se comenzó el proceso fotográfico, tanto la semilla como la cámara no podían moverse, la luz debía ser siempre la misma y tampoco se podía modificar la configuración de la cámara, ya que el apilamiento nos daría un mal resultado. Para que la semilla no se moviese, se montó una plataforma con dos piezas de plástico duro y blanco, y en la base donde se apoyaba, se pegó cinta de doble cara para poder mantener la semilla en el sitio deseado. La luz se ajustaba alejando o acercando los focos y realizando pruebas previas al comienzo de toda la serie de fotografías, para que una vez ajustada, ya no hubiera que mover los focos.

Respecto a la configuración de la cámara, todas las fotos se realizaron con una sensibilidad del sensor a ISO 100, ya que mejora la nitidez, reduce el ruido y en general proporciona una mayor calidad a la imagen. Con esta ISO se requiere mucha luz, por eso los focos siempre estaban muy próximos a la semilla. La cámara se configuró en modo Tv (prioridad a la velocidad) realizándose las fotografías en la mayoría de las veces a una velocidad de obturación de 1/30 segundo (en determinadas fotos fueron de 1/40 y 1/15). En todo momento, se evitaron toda clase de vibraciones, ya que el mínimo movimiento provoca que las imágenes no estuviesen nítidas. Para evitar usar el botón de disparo de

la cámara, se utilizó un mando a distancia. Al no disponer de un raíl micrométrico automático, el único momento crítico fue a la hora de girar la manilla de la base lineal.

En resumen, el proceso ha consistido en colocar la semilla en el soporte, configurar el tiempo de exposición de la cámara en función de la posición de los focos, enfocar el punto que se quiere empezar a fotografiar, tomar la primera imagen, girar el raíl micrométrico una distancia determinada para ir desplazado el punto focal (importante mantener la misma distancia para todas las tomas de la misma semilla) y repetir estos dos últimos pasos anteriores las veces que sea necesario, hasta tener varias fotos que al apilarlas formen la imagen de la semilla completamente enfocada y nítida. Para el apilamiento se utilizó el programa PYCOLAY (**Figura 3**). Para obtener la imagen final de cada semilla, se realizaron aproximadamente 60 fotos de media para cada especie. Lo cual hacen un total de más de 3.000 fotos, que se han tardado cuatro meses en realizarlas.

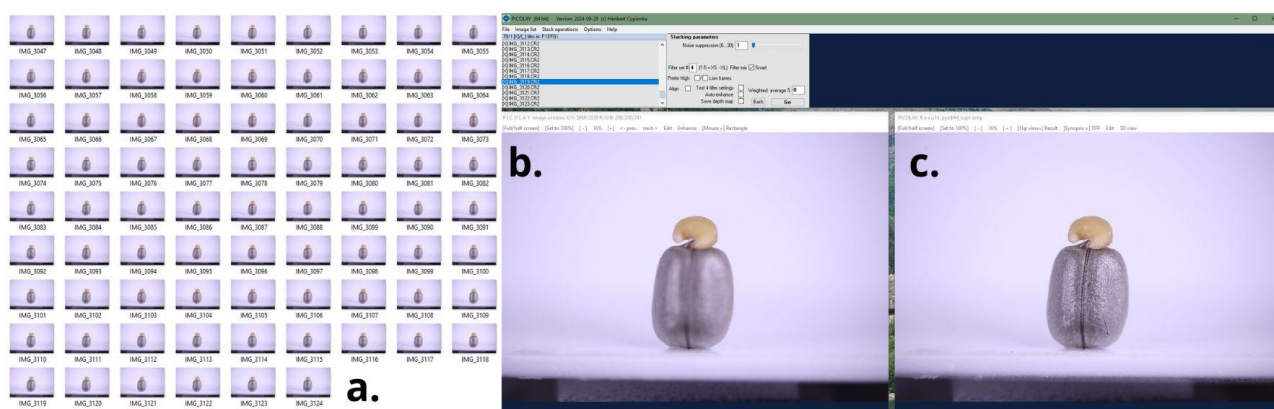


Figura 3. Se muestran todas las fotos utilizadas (a) y al lado la interfaz del programa PYCOLAY con el que se han apilado. Se puede ver la imagen que se está procesando al momento (b) y la imagen final cuando finaliza el proceso de apilado (c). Imagen de elaboración propia.

3.4.3. Semillas mayores de 5 mm

Para estas semillas de tamaño grande, las fotografías se realizaron con la misma cámara réflex (Canon EOS 80D), a la que se le acopló un objetivo macro 1:1 Canon EF 100mm F/2.8L MACRO IS. La cámara se colocó en un trípode y se utilizó una caja de luz para obtener un fondo uniforme, así como una iluminación homogénea. Para estas semillas no se empleó la técnica de apilamiento ya que se consiguió una configuración óptima para conseguir una profundidad de campo alta y así conseguir que estuviese enfocada toda la superficie de la semilla.

3.5. Edición de las fotografías

Para las semillas inferiores a 1 mm fotografiadas con el microscopio, fue necesario editar las imágenes para homogeneizar el fondo y mejorar la calidad de las imágenes respecto a la exposición y equilibrio de color; para ello se utilizó Adobe® Photoshop® CS6.

En las semillas de 1 a 5 mm, también se editó el fondo con el mismo programa. En algunos casos el fondo era bastante homogéneo por lo que únicamente se rellenaron los espacios negros que el soporte para las semillas no llegaba a cubrir; sin embargo, en otras imágenes fue necesario realizar una mayor labor de edición eliminando el fondo y creando uno nuevo debido a la cantidad de imperfecciones que mostraba la imagen. En este último caso también se ha añadido un ligero viñeteado para destacar el sujeto. Además, se ajustaron algunos parámetros de color y exposición en las imágenes que lo requerían.

Las semillas mayores de 5 mm son las que menor trabajo de edición han tenido, lo único que se ha modificado ha sido la exposición y el color. Algunas también han sido recortadas para obtener un mayor aumento en la imagen final, pero siempre manteniendo la relación entre el tamaño real y la escala.

3.5.1. Realización de la escala y logo

Para la escala, en el caso de las semillas fotografiadas con el microscopio ($<1\text{mm}$), se obtuvo a partir del propio programa. Solamente se ha tenido que añadir con el programa GIMP la tipografía deseada.

En las semillas de 1 a 5 mm, la escala se ha medido en función de la cantidad de anillos de extensión con la que se fotografió cada semilla. Con este tipo de objetivo, la distancia focal al objeto es siempre la misma, por lo tanto, la escala solo cambia cuando se modifica el número de anillos de extensión. Por ejemplo, si el tamaño de la semilla que se quiere fotografiar requiere de tres anillos de extensión, la distancia para que ésta se vea enfocada va a ser x . Independientemente de donde se coloque la semilla o si se pone otra distinta, pero con el mismo número de anillos, esa distancia focal siempre va a ser x . Por lo que, para tener una escala, en vez de fotografiar las semillas como sujeto, se puso una regla de calibración y se sacó la foto cuando ésta estaba enfocada. Con esta imagen se creó una capa con una barra de escala que equivaliese a la medida necesaria y se exportó como imagen con la que posteriormente se añadió a las fotografías de las semillas. Para no tener que ir foto por foto, se clasificaron las imágenes de las semillas y se hicieron varias escalas en función de los anillos de extensión. A través del proceso “Añadir por lotes” se crearon acciones (macros) con el programa Affinity para añadir la escala mucho más rápido. Para evitar problemas de escalado, todas las imágenes con las que se trabajó tuvieron la misma resolución, que fue 350 ppp.

Para las semillas mayores de 5 mm, se realizó una escala individual para cada foto. Primero se fotografió individualmente la semilla y luego se hacía una segunda foto con la regla de calibración al lado de la semilla para tener una referencia de su tamaño real. Más tarde, estas dos fotos se combinaban y con una serie de pasos de edición en el programa GIMP, se añadía la barra de escala. Respecto al logo, se decidió que las fotos debían tener unos créditos de autor, por lo que se diseñó la marca que aparece colocada abajo a la derecha en todas las fotos.

3.6.Descripciones de las semillas

Para la publicación de las fotos en *Imaginarium*, se consideró oportuno acompañar a las imágenes con una breve descripción de cada semilla para describir su morfología y estructuras que no se aprecian a simple vista. Estas descripciones están basadas en las recogidas en la obra *Flora iberica* (Castroviejo, 1986-2012), modificando algunos términos para facilitar la comprensión del vocabulario botánico. También se han añadido algunos detalles propios cuando en *Flora iberica* no se proporcionaba una descripción completa. Esta caracterización va acompañada también de los nombres vernáculos de cada especie. Toda esta información se agrupó en un archivo Excel que posteriormente se le entregó al Jefe de biblioteca de la Facultad de Biología, D. Ángel Poveda, para ser incluido en la web.

4. RESULTADOS

4.1.Especies recopiladas

Después de innumerables horas de trabajo, donde se han llevado a cabo la recolección de las semillas, el fotografiado de éstas y su posterior edición, se ha logrado obtener una colección de 97 imágenes que representan una parte de las semillas pertenecientes a la flora del alfoz de Salamanca. Estas imágenes serán publicadas en la sección *Imaginarium*, de la página web de la Biblioteca de la Facultad de Biología. Se han recolectado y fotografiado semillas de plantas pertenecientes a 38 familias diferentes (**Tabla 1**) que corresponden a 91 especies (**Tabla 2**).

Tabla 1. Familias a las que pertenecen las especies recolectadas y a la derecha de cada una, el número que muestra la cantidad de especies que se han recogido de cada familia.

FAMILIAS							
ADOXACEAE	1	CHENOPODIACEAE	1	JUNCACEAE	1	POACEAE	1
AMARANTHACEAE	3	CISTACEAE	1	LAMIACEAE	7	POLYGONACEAE	2
APIACEAE	5	CONVOLVULACEAE	1	LILIACEAE	2	PORTULACACEAE	1
APOCYNACEAE	1	CRASSULACEAE	2	LYTHRACEAE	1	RESEDACEAE	1
AQUIFOLIACEAE	1	CUCURBITACEAE	1	MALVACEAE	1	ROSACEAE	1
ASTERACEAE	17	CYPERACEAE	1	OLEACEAE	1	RUBIACEAE	1
BORAGINACEAE	3	EUPHORBIACEAE	1	ONAGRACEAE	1	SCROPHULARIACEAE	1
BRASSICACEAE	3	FABACEAE	11	OROBANCHACEAE	1	SOLANACEAE	2
CAPRIFOLIACEAE	2	GERANIACEAE	2	PAPAVERACEAE	2		
CARYOPHYLLACEAE	4	HYPERICACEAE	1	PLANTAGINACEAE	2		

Tabla 2. Listado de las 91 especies recolectadas para la elaboración del Atlas de Semillas.

ESPECIES		
<i>Acanthoxanthium spinosum</i> L.	<i>Erigeron bonariensis</i> L.	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.
<i>Allium sphaerocephalon</i> L.	<i>Erodium ciconium</i> (L.) L'Hér.	<i>Roemeria sicula</i> (Guss.) ined.
<i>Amaranthus albus</i> L.	<i>Euphorbia serrata</i> L.	<i>Rosa canina</i> L.
<i>Amaranthus deflexus</i> L.	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.
<i>Amaranthus graecizans</i> (Vill.) Brenan	<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl.	<i>Rumex crispus</i> L.
<i>Anacyclus clavatus</i> (Desf.) Pers.	<i>Galium aparine</i> L.	<i>Rumex pulcher</i> L.
<i>Anarrhinum bellidifolium</i> (L.) Willd.	<i>Geranium molle</i> L.	<i>Salvia aethiopis</i> L.
<i>Anchusa azurea</i> Mill.	<i>Helianthemum ledifolium</i> (L.) Mill.	<i>Sambucus ebulus</i> L.
<i>Andryala integrifolia</i> L.	<i>Heliotropium europaeum</i> L.	<i>Scabiosa atropurpurea</i> L.
<i>Astragalus hamosus</i> L.	<i>Hypericum perforatum</i> L.	<i>Scirpoides holoschoenus</i> (L.) Soják
<i>Bartsia trixago</i> (L.) All.	<i>Ilex aquifolium</i> L.	<i>Sedum album</i> L.
<i>Brassica rapa</i> L.	<i>Juncus inflexus</i> L.	<i>Senecio jacobaea</i> Gaertn.
<i>Bromus hordeaceus</i> L.	<i>Lycopus europaeus</i> L.	<i>Silene nocturna</i> L.
<i>Calendula arvensis</i> L.	<i>Lythrum salicaria</i> L.	<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik	<i>Malva sylvestris</i> L.	<i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn.
<i>Centaurea Cyanus</i> L.	<i>Mantisalca salmantica</i> (L.) Briq. & Cavill.	<i>Solanum nigrum</i> L.
<i>Centaurea ornata</i> Willd.	<i>Marrubium vulgare</i> L.	<i>Spartium junceum</i> L.
<i>Chenopodium opulifolium</i> Koch & Ziz	<i>Medicago polymorpha</i> L.	<i>Thapsia villosa</i> L.
<i>Chondrilla juncea</i> L.	<i>Medicago sativa</i> L.	<i>Thymus zygis</i> Loebl.
<i>Cichorium intybus</i> L.	<i>Melilotus indicus</i> (L.) All.	<i>Torilis arvensis</i> Huds.
<i>Conium maculatum</i> L.	<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh.	<i>Trifolium angustifolium</i> L.
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	<i>Muscari comosum</i> (L.) Mill.	<i>Trifolium retusum</i> L.
<i>Crepis capillaris</i> (L.) Wallr.	<i>Nerium oleander</i> L.	<i>Umbilicus rupestris</i> (Salisb.) Dandy
<i>Crepis</i> sp.	<i>Papaver rhoeas</i> L.	<i>Vaccaria hispanica</i> (Mill.) Rauschert
<i>Datura stramonium</i> L.	<i>Petrorhagia nanteuillii</i> (Burnat) P.W. Ball & Heyw.	<i>Verbascum pulverulentum</i> Vill.
<i>Daucus carota</i> L.	<i>Phlomis lychnitis</i> L.	<i>Viburnum tinus</i> L.
<i>Dittrichia graveolens</i> (L.) Greuter	<i>Plantago lanceolata</i> L.	<i>Vicia sativa</i> L.
<i>Dittrichia viscosa</i> (L.) Greuter	<i>Portulaca oleracea</i> L.	<i>Vicia villosa</i> Roth.
<i>Ecballium elaterium</i> (L.) A. Rich.	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	<i>Xeranthemum inapertum</i> (L.) Mill.
<i>Echium plantagineum</i> L.	<i>Reseda lutea</i> L.	
<i>Epilobium brachycarpum</i> C. Presl.	<i>Retama sphaerocarpa</i> (L.) Boiss.	

4.2.Bases de datos

Se ha realizado una base de datos en *Microsoft Access*® para incluir los pliegos de las plantas en el Herbario de la Universidad de Salamanca (SALA) con todos sus datos correspondientes (familia, especie, fecha de recolección, ecología, altitud, coordenadas, recolector, etc.). También se ha creado una tabla en *Microsoft Excel*® con la información que se ha incluido en sección *Imaginarium* de la Biblioteca de la Facultad de Biología. En este archivo se incluye el nombre científico y vernáculo, la familia, localidad y coordenadas donde fueron recolectados los ejemplares, así como una breve descripción de cada semilla (**Tabla 3**). No se incluyen estos archivos en este documento debido a su extensión, pero están disponibles para consultar si el tribunal lo desea.

Tabla 3. Ejemplo tomado del documento Excel donde se muestra los campos que se han rellenado para todas las especies, con el fin de que esta información aparezca en *Imaginarium*.

Nº	GÉNERO	EPÍTETO ESPECÍFICO	AUTOR	ESPECIE	FAMILIA
60	<i>Acanthoxanthium</i>	<i>spinosum</i>	L.	<i>Acanthoxanthium spinosum</i> L.	ASTERACEAE

DESCRIPCIÓN	VERNÁCULOS	LOCALIDAD	UTM	ALTITUD
Involucro fructífero elipsoide, con espinas uncinadas y dos picos muy desiguales. Aquenios ablongoideos, negruzcos, glabros, incluidos en el involucro. Vilano nulo.	abreojos, arranca-moños, cardo garbancero, piojos de señorita.	Villares de la Reina	41.009654, -5.656366	804

4.3.Descripciones

Respecto a las descripciones, la extensión de cada una de ellas depende de la complejidad de la semilla, ya que hay algunas muy simples que no requieren demasiados detalles, y otras que, al tener estructuras más inusuales, es necesario aportar una mayor explicación.

4.4.Fotografías y edición

Para la parte de la toma de fotografías, se hicieron numerosas pruebas (**Figura 4**) antes de encontrar la metodología correcta que ha dado como resultado estas imágenes finales. Se han tenido que aplicar muchos tipos distintos de fotografía y que repetir muchas fotos porque el resultado final no era el deseado. Estos errores han servido para aplicar correcciones que han mejorado notablemente la calidad de las fotografías.

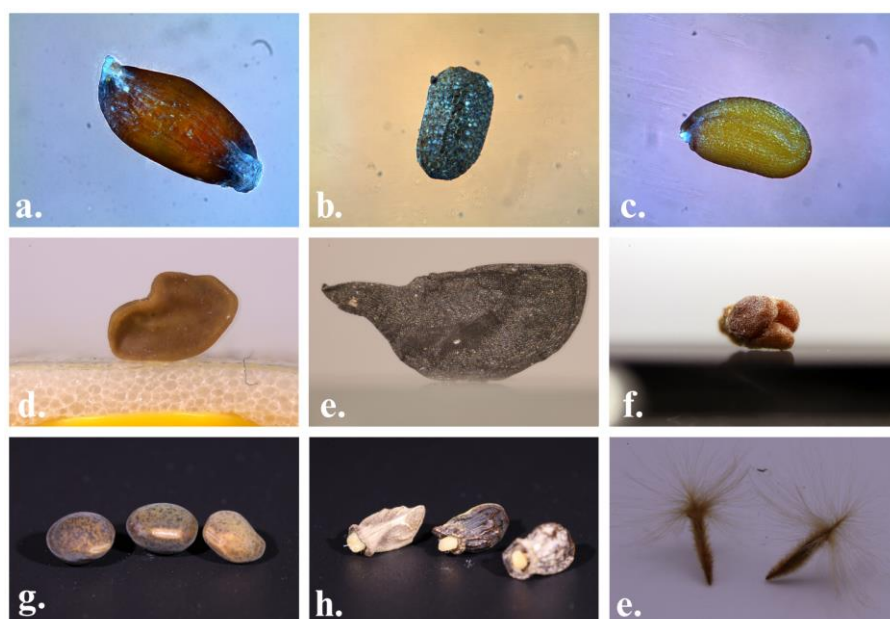


Figura 4. Imágenes de pruebas previas al fotografiado con el que se obtuvo el resultado final. Cada fila muestra ejemplos de los tres tipos de técnicas utilizadas. Las especies que aparecen son: (a.) *Juncus inflexus* L., (b.) *Hypericum perforatum* L., (c.) *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik, (d.) *Medicago sativa* L., (e.) *Allium sphaerocephalon* L., (f.) *Thymus zygis* Loeft., (g.) *Vicia villosa* Roth., (h.) *Anchusa azurea* Mill., (e.) *Nerium oleander* L. Figura de elaboración propia.

El trabajo de edición ha sido arduo, ya que en la mayoría de casos se han tenido que editar una por una, modificando el fondo para luego añadir la escala y el logo. Pero el resultado final da una imagen de gran resolución, con su escala en proporción que permite apreciar el diminuto tamaño de cada semilla (**Figura 5**).

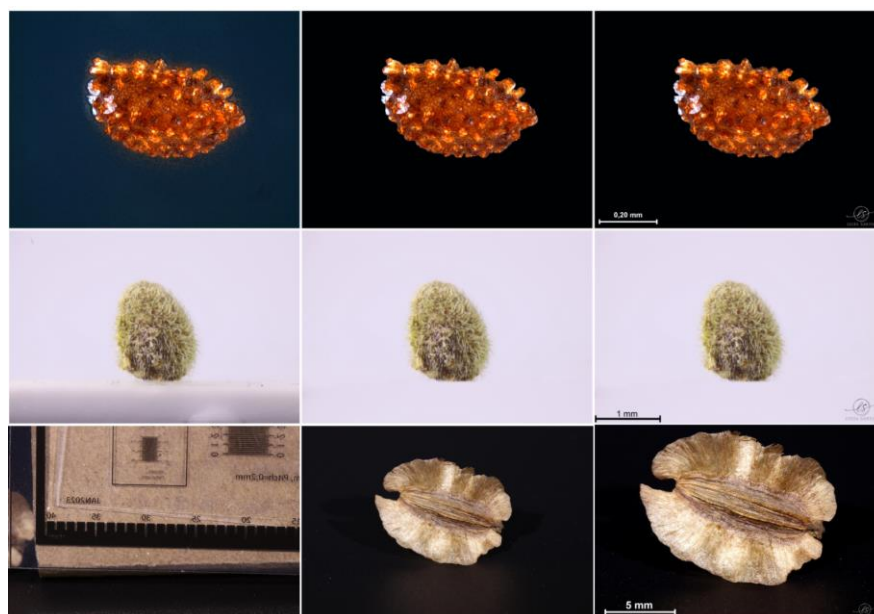


Figura 5. Imagen que muestra el proceso de edición que se ha seguido para todos los tipos de fotografías. En la primera foto de cada fila se ven las fotografías nada más ser tomadas, y siguiendo hacia la derecha se aprecia la edición del fondo y por último el añadido de la escala y el logo. Las especies representadas de arriba hacia abajo son: *Anarrhinum bellidifolium* (L.) Willd., *Heliotropium europaeum* L. y *Thapsia villosa* L. Figura de elaboración propia.

4.5. Imaginarium

En *Imaginarium* se pueden apreciar los verdaderos resultados de este trabajo, pudiendo visualizar todas las imágenes que se han agrupado en un nuevo álbum llamado “Atlas de Semillas”. Las fotografías se han ido publicando a lo largo de los meses de mayo y junio, y ya están disponibles para que quien lo desee pueda verlas. Para poder entrar en la página web se puede hacer desde el portal de la Biblioteca de Biología (<https://bibliotecabiologia.usal.es/>), o con el siguiente link que lleva directamente a la página de *Imaginarium* (<https://bibbiologia.usal.es/imagenes/>). Al acceder (**Figura 6**) se encuentran los diferentes álbumes que se han ido creando (sobre histología animal, zoología, micología, embriología etc.) y para ver las semillas simplemente habrá que clicar en su álbum.



Figura 6. Captura de pantalla del inicio de la página de *Imaginarium*. Se encuentra rodeado el álbum de este trabajo “Atlas de Semillas”.

Una vez dentro, se ven todas las semillas sin agrupar (**Figura 7**). Se decidió no crear una carpeta para cada familia debido al gran número de éstas, y que en la mayoría de las familias solo hay una especie. Esto facilita la navegación por el álbum ya que se puede ir pasando de imagen en imagen, y ya dentro de cada una, se puede ver a qué familia pertenecen y demás información.

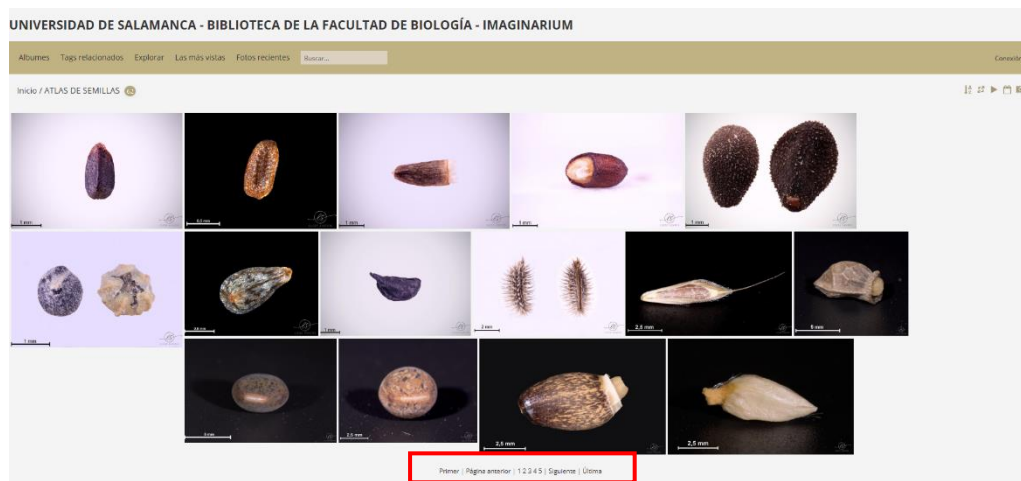


Figura 7. Captura de pantalla una vez dentro del álbum “Atlas de Semillas”. Destacar en rojo en número de páginas de la carpeta, ya que no había cabida para todas las imágenes en una única página. Para verlas todas habrá que visitar las diferentes páginas.

Al clicar en una fotografía concreta, aparecerá toda la información justo debajo de la foto, y a la derecha, estará un recuadro con datos como la autoría y la fecha en la que se añadió (**Figuras 8 y 9**). El dato más útil son las etiquetas, que sirven para relacionar distintas fotografías que se encuentran en diferentes repositorios de imágenes de *Imaginarium*, no solo en el propio álbum (**Figura 10**). De esta manera, gracias a las etiquetas todos los trabajos incluidos en esta web pueden aportarse información unos a otros, proporcionando a la persona una búsqueda más completa sin necesidad de entrar en otras páginas webs. También se puede modificar el tamaño de la imagen con los iconos que aparecen arriba a la izquierda y en la parte donde aparecen las etiquetas, hay unas flechas arriba que permiten pasar de una imagen a otra.

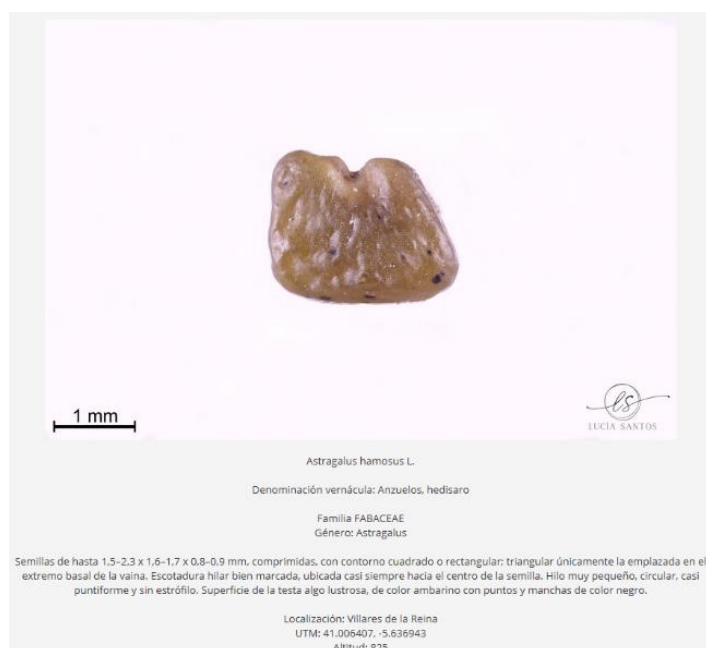


Figura 8. Recorte de pantalla que ejemplifica cómo se ve cada fotografía individualmente. Abajo se puede apreciar el texto descriptivo de la semilla y diferentes datos como su familia, género, nombres vernáculos o su lugar de recolección.

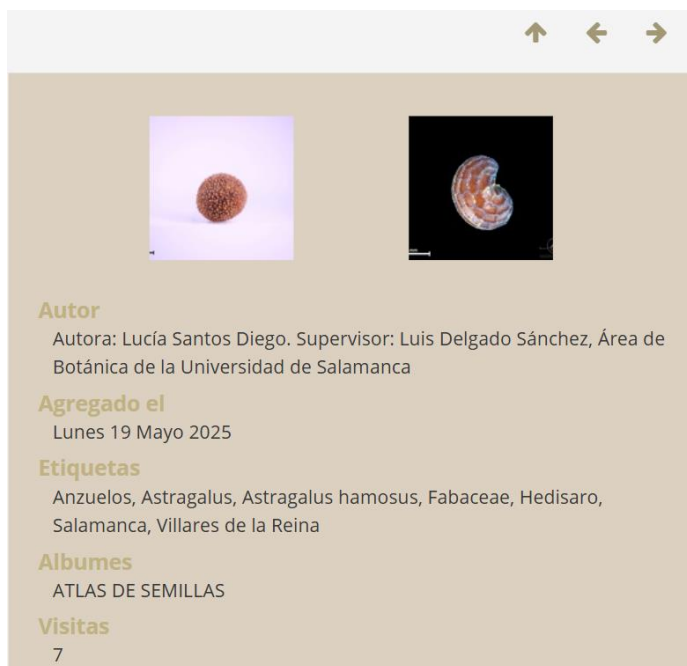


Figura 9. Recorte de pantalla que muestra la autoría de la imagen y su fecha de publicación. Aquí también se encuentra el apartado más importante, las etiquetas. Destacar también las flechas de arriba a la derecha que sirven para cambiar de fotografía junto con las fotos de debajo que muestran que imagen va a continuación y cual va detrás.

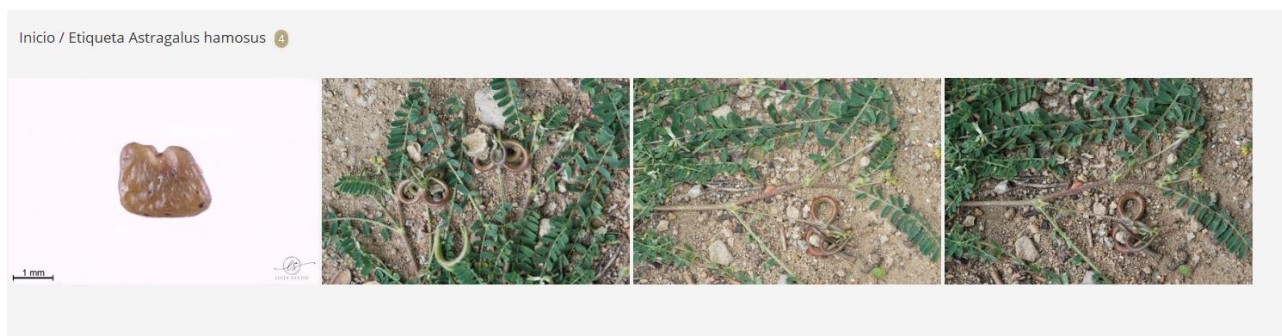


Figura 10. Recorte de pantalla que presenta lo que aparece cuando se clicke en la etiqueta de “*Astragalus hamosus*”. Al relacionar todas las imágenes incluidas en Imaginarium, se puede ver también que aspecto tiene la planta que contiene esta semilla.

4.6. Tipos de semillas

De las 97 fotografías que se han obtenido: 25 han sido tomadas con el microscopio (son de <1mm), 52 han sido tomadas con el objetivo de microscopio de la cámara réflex (son de 1-5 mm), y 20 han sido tomadas con el objetivo macro (son de >5mm).

La diversidad morfológica de las semillas ha sido muy variada. Se pueden observar semillas aladas (*Tapsia villosa*), comosas con un penacho de pelos (*Nerium oleander*), con vilano (*Centaurea ornata*, *Dittrichia viscosa*, *Mantisalca salmantica* etc.), semillas coronadas (*Cichorium intybus*), verrucosas (*Anarrhinum bellidifolium*), espinosas (*Torilis arvensis* o *Acanthoxanthium spinosum*) entre otros muchos tipos.

También hay que destacar estructuras externas como la carúncula, que conforma el eleosoma, donde se encuentran sustancias atractivas o nutritivas para poder atraer a distintos animales y generar la

dispersión por zoocoria. Concretamente suelen atraer a las hormigas, siendo una dispersión por mirmetocoria. En algunas semillas hay partes como el hilo, el micrópilo, la radícula o el rafe que destacan más sobre la testa.

Para finalizar, es preciso enfatizar la importancia de este trabajo para su uso en la docencia e investigación. Todo el trabajo de tratamiento fotográfico es solo un medio para poder lograr que todos estos datos e imágenes lleguen a investigadores y profesores que quieran utilizarlos en sus propias actividades. Este atlas puede ser de gran utilidad en campos como la botánica, la ecología o la arqueología, ya que las semillas están muy presentes en estudios de estas áreas.

Y de manera evidente, este trabajo también se ha publicado con la intención del disfrute individual, independientemente de los conocimientos que se tengan sobre botánica, lo puede consultar cualquier persona que tenga curiosidad por ver estas increíbles creaciones de las plantas, que resultan invisibles para la mayoría.

5. CONCLUSIÓN

La intención principal que se ha tenido en la creación de este Atlas de Semillas del alfoz de Salamanca ha sido que sirva de utilidad en posibles investigaciones en los campos de la carpología y la taxonomía, así como en la enseñanza de la botánica. Estas áreas de conocimiento generan un gran interés y por ello destacamos la importancia de que estos bancos de imágenes sean accesibles para todo el público. Esto ha sido posible gracias a la plataforma *Imaginarium* y a la gran ayuda del, D. Ángel Poveda, Jefe de la Biblioteca de la Facultad de Biología quien ha sido el responsable de plasmar en la web todas las fotos e información que tanto trabajo y esfuerzo ha conllevado.

Esta pequeña colección de semillas no es capaz de reflejar toda la representación de la biodiversidad florística que hay en Salamanca, por ello este proyecto queda abierto a cualquiera que quiera colaborar en aumentar este catálogo con especies del alfoz o de otros lugares. Al centrarse el proyecto mayoritariamente en plantas arvenses cercanas a cultivos, se han dejado fuera otros ecosistemas que albergan plantas igual de importantes, como pueden ser la flora de los bosques o la flora de montaña.

El trabajo que ha supuesto toda la recolección de ejemplares, su posterior prensado y determinación, la realización de las descripciones y la aplicación de distintas técnicas de fotografía, ha sido realizado mayoritariamente por una única persona; además de que la recolección solo ha durado unos pocos meses de verano y otoño, dejando fuera muchas especies que fructifican en las otras estaciones. Por ello ha sido imposible alcanzar un número de especies que sea representativo de la provincia.

Esperamos que esta breve muestra carpológica sirva para que las personas interesadas en este campo puedan ampliar el álbum y completarlo con descripciones o fotos más detalladas.

Por último, añadir que otro de los objetivos de este proyecto era dar a conocer la morfología de las semillas, y a pesar del poco tiempo que llevan las imágenes publicadas, se puede ver una gran afluencia de visitas a la web y esperamos que este álbum pionero en Salamanca llegue también a los medios de comunicación locales.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aizpuru, I., Aseginolaza, C., Uribe-Echebarría, P.M., Urrutia, P., & Zorrakin, I. (1999) *Claves ilustradas de la flora del País Vasco y territorios limítrofes*. Servicio central de Publicaciones del Gobierno Vasco.
- Bai, R., Zhao, F., Drew, B. T., Xu, G., Cai, J., Shen, S., & Xiang, C. (2023). Seed morphology of hypericum (hypericaceae) in china and its taxonomic significance. *Microscopy Research and Technique*, 86(11), 1496–1509. doi:10.1002/jemt.24372
- Barthlott, W. (1981) Epidermal and Seed Surface Applicability and Some Evolutionary Aspects. *Nordic Journal of Botany*, 1, 345-355. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1981.tb00704.x>
- Bliss, L. (2021). *The Hidden Beauty of Seeds & Fruits: The Botanical Photography of Levon Bliss*. Editorial Abrams.
- Bonnier, G. y Layens, G. (1988). *Claves Para la Determinación de Plantas Vasculares*. (2ª ed.) Editorial Omega.
- Castroviejo, S. (coord. gen.). 1986-2012. *Flora Ibérica* 1-8, 10-15, 17-18, 21. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.
- Da Silva, O.L.M., Cordeiro, I. & Caruzo, M.B.R. (2016) Seed morphology in Euphorbia and its taxonomic applications: a case study in São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Botany* 39: 349–358. <https://doi.org/10.1007/s40415-015-0228-9>
- Gabr, D.G. (2018) Significance of Fruit and Seed Coat Morphology in Taxonomy and Identification for Some Species of Brassicaceae. *American Journal of Plant Sciences*, 9, 380-402. <https://doi.org/10.4236/ajps.2018.93030>
- Gaertner, Joseph, & Sturm, Jakob. (1788). *De fructibus et seminibus plantarum /Joseph Gaertner*. Sumtibus Auctoris, Typis Academiae Carolinae. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.53838>
- Gómez, J. y Martín, D. (s.f.). Atlas Digital de Semillas de las Islas Canarias. Centro de Agrobiodiversidad de la Palma. <https://www.atlasdesemillasdecanarias.org>
- Groningen Institute of Archaeology & Deutsches Archäologisches Institut (RUG & DAI), 2006. Digital Plant Atlas. <https://www.plantatlas.eu>
- Instituto Pirenaico de Ecología y Gobierno de Aragón, 2005. Atlas de la Flora de Aragón. <http://floragon.ipe.csic.es>

- Juan, A., Martín-Gómez, J. J., Rodríguez-Lorenzo, J. L., Janoušek, B., & Cervantes, E. (2022). New Techniques for Seed Shape Description in *Silene* Species. *Taxonomy*, 2(1), 1-19. <https://doi.org/10.3390/taxonomy2010001>
- Kessler, R. & Stuppy, W. (2006). *Seeds-Time capsules of life*. Editorial Papadakis.
- Pueyo, J., Cirujeda, A., & Pardo, G. (2023). *Atlas de Semillas de Aragón*. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA). Gobierno de Aragón.
- Real Academia Española. (s.f.). *Diccionario de la lengua española*, 23.^a ed., Recuperado en 12 de mayo de 2025, de <https://dle.rae.es/>
- Seed Science and Technology Section, Saskatoon Laboratory, Canadian Food Inspection Agency. 2016. Seed Identification Guide, Version 1.0, [2025-05-16] <https://inspection.canada.ca/en/plant-health/seeds/seed-testing-and-grading/seeds-identification>
- Stafleu, F. A. (1969). Joseph Gaertner and his carpologia. *Acta botanica neerlandica*, 18(1), 216-223.
- VV.AA. (2025). Catálogo de la Flora Vascular Silvestre de Castilla y León (documento interno de la Junta de Castilla y León, sin publicar). Departamento de Botánica y Fisiología Vegetal de la Universidad de Salamanca.
- Zeng, C., Wang, J., Liu, A., & Wu, X. (2004). Seed coat microsculpturing changes during seed development in diploid and amphidiploid brassica species. *Annals of Botany*, 93(5), 555. <https://doi.org/10.1093/aob/mch080>

