



2025 | **16-20**
GIJÓN | JUNIO

9º CONGRESO **FORESTAL** ESPAÑOL

9CFE-1935

Organiza





Conservación *ex situ* y propagación de la especie de flora amenazada *Allium pruina*

ROMERO FORTE, C. (1), FERNÁNDEZ GARCÍA, ML. (1), FERNÁNDEZ MARTÍNEZ, M. (1) y TAPIAS MARTÍN, R. (1)

(1) Departamento de Ciencias Agroforestales. Universidad de Huelva.

Resumen

Allium pruina Link ex Spreng. es un ajo silvestre geófito perteneciente a la familia de las liliáceas, que se encuentra de forma autóctona en el suroeste de la península ibérica. Debido a la fragmentación de su área de ocupación, *A. pruina* está catalogada como Taxón Vulnerable (Decreto 23/2012 de la Junta de Andalucía), lo que subraya la importancia de su conservación.

El objetivo principal de este estudio es profundizar en la biología reproductiva de *Allium pruina* para facilitar su conservación *in situ* y *ex situ*, lo que implica el estudio de su comportamiento en su hábitat natural y en condiciones controladas (invernadero). Para ello, se ha analizado la supervivencia, reproducción y crecimiento de bulbos y cormos conservados *ex situ*, se ha realizado un estudio de germinación de semillas de plantas cultivadas en su hábitat natural a temperaturas de 8°C y 20°C, así como de cormos latentes sometidos a estratificación en frío durante 15 días y expuestos directamente a temperatura ambiente. Finalmente, se han comparado las características morfológicas de las plantas conservadas *ex situ* e *in situ*.

Los resultados muestran una importante supervivencia de bulbos y cormos con periodos de latencia que puede alcanzar un año. Las plantas conservadas *ex situ* presenta menor crecimiento en altura, mayor en diámetro y producen mayor número de flores cuyas semillas son de menor tamaño en comparación con las plantas conservadas *in situ*. Las semillas son viables durante al menos un año en la mayoría de los casos, y muestran mejores resultados de germinación a temperaturas bajas (8°C). La estratificación en frío rompe el periodo de latencia de los cormos. Gracias a la doble estrategia sexual y vegetativa, esta especie es capaz de mantenerse en ambientes secos, mayoritariamente arenosos y poco fértiles.

Palabras clave

Ajo silvestre, flora amenazada, germinación, latencia.

1. Introducción

Allium pruina Link ex Spreng. es un ajo silvestre geófito perteneciente a la familia de las liliáceas, que se encuentra de forma autóctona en el occidente de la Península Ibérica: centro y sur de Portugal y suroeste de España (Cádiz y Huelva) sobre lugares secos y suelos arenosos (AEDO, 2013). La morfología de *Allium pruina* (Figura 1) se caracteriza por un bulbo principal (tallo subterráneo formado por unas hojas, capas o escamas, túnica, vástago, tallo, flor, yemas laterales, que darán lugar a los cormos y un disco basal que dará lugar a las raíces) de forma ovoide que puede presentar entre 1 y 3 cormos adheridos a la parte externa, los cuales pueden ser pedunculados o sésiles y de color amarillento o grisáceo. Los cormos son acumulación de masa de tejido que crece en la base del vástago (del bulbo) y está formado por una túnica y un disco basal. El tallo de la planta alcanza entre 20-50 cm de altura, y está acompañado de hojas filiformes y lineares, que son características de la familia. La inflorescencia está compuesta por 16-39 flores, cuyos tépalos externos son de tonalidades rosáceas o purpúreas (PASTOR & VALDÉS, 1983; AEDO, 2006; AEDO, 2013; QUESADA ET AL., 2018,

WILLKOMM, 1885).



Figura 1. *Allium pruinaum*. A, flor; b, tépalos y estambres; c, cápsula. (Pastor & Valdés, 1983).

La floración de *A. pruinaum* ocurre en los meses de verano, particularmente entre junio y agosto, y se desarrolla en claros de pinares y alcornocales (ARAGÓN, M.A, 2013). La polinización es predominantemente entomófila, y se lleva a cabo gracias a la acción de insectos, tales como escarabajos, mariposas, moscas y abejas (DELUCCHI Y HURRELL, 2014). Además de la dispersión de esta especie a través de la producción de semillas (reproducción sexual), también es común la propagación vegetativa mediante los bulbos y cormos (reproducción asexual) (RAHN, 1998). Sin embargo, actualmente existe poca información disponible sobre esta especie en particular.

Estudios sobre especies con la misma propagación vegetativa mediante bulbos y cormos, como el *Gladiolus* (TSUKAMOTO, 1974), indican que estos pueden presentar un estado de latencia. Los cormos o bulbos latentes son aquellos que no germinan ni crecen inmediatamente después de ser sembrados, a pesar de que las condiciones ambientales podrían parecer favorables. Este estado de latencia se debe a la presencia de sustancias inhibitoras y carencia de auxinas en el interior del cormo que bloquean su germinación (KUMAR ET AL., 2007). Estas sustancias inhibitoras mantienen el cormo en un estado de inactividad hasta que ciertos factores desencadenan la ruptura de esta latencia y el aumento de auxinas. Este proceso de latencia y activación tiene implicaciones importantes en la propagación y supervivencia de las especies que dependen de bulbos y cormos para su reproducción. Muchos estudios han demostrado que el tratamiento a baja temperatura durante un periodo determinado rompe dicha latencia y estimula la germinación (WU ET AL., 2015; YANG ET AL., 2020; AZEEZ ET AL., 2021). Al igual que los cormos, las semillas también pueden presentar latencia para evitar periodos con baja probabilidad de supervivencia (como el verano). Para superar dicha latencia se emplea la estratificación en frío (BEWLEY Y BLACK, 1994). Esto consiste en almacenar las semillas durante un período de tiempo a una temperatura fría. El rango de temperatura efectivo para la estratificación es



generalmente de 0 a 10°C (CROCKER Y BARTON, 1957; STOKES, 1965).

A pesar de su capacidad reproductiva, *Allium pruinaum* presenta amenazas derivadas de la fragmentación de su hábitat natural. Su distribución está restringida a áreas limitadas, y sus poblaciones están en retroceso (QUESADA ET AL., 2018) debido a factores como la pérdida de hábitat y la expansión de proyectos urbanísticos, especialmente en el litoral gaditano y onubense. Debido a ello, *A. pruinaum* está catalogada como Taxón Vulnerable (Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas; Decreto 23/2012 de la Junta de Andalucía, de 14 de febrero por el que se regula la conservación y el uso sostenible de la flora y la fauna silvestres y sus hábitats).

Dado el estado de conservación de *Allium pruinaum*, su preservación es crucial para la biodiversidad de la región. La protección de sus hábitats y la implementación de estrategias de conservación que incluyan el monitoreo de sus poblaciones y la restauración de hábitats fragmentados, son pasos esenciales para garantizar su supervivencia a largo plazo. Además, la investigación sobre sus requisitos ecológicos y reproductivos podría proporcionar información valiosa para el desarrollo de planes de conservación más eficaces.

2. Objetivos

El objetivo principal de este estudio es contribuir al conocimiento de la biología reproductiva de la especie orientada a la conservación fuera de su hábitat natural.

3. Metodología

Área de estudio

Los ejemplares de esta especie objeto de estudio proviene del área del Centro Científico y de Desarrollo Tecnológicos de Sistemas No tripulados (proyecto CEUS) y su entorno próximo en Moguer (37°12'N, 6°46'W, 50 m.s.n.m, Grupo Ordenados de Moguer, código HU-50001-AY, CUP, números 18, 19, 20, 21 y 22, Polígono 32 Parcela 73 del término municipal de Moguer, y que son de titularidad del Ayuntamiento, Huelva, España).

Recolección, conservación y propagación ex situ

Los propágulos (semillas, bulbos y cormos) provienen de bulbos de *Allium pruinaum* recolectados en septiembre de 2021 cultivadas en macetas con suelo natural en el invernadero de la Universidad de Huelva, ubicado en el Campus de La Rábida (Palos de la Frontera, Huelva, España, 37°12'N, 6°55'W: 20 m .s.m.).

Durante los meses de julio y agosto de 2023, se seleccionó al azar un total de 30 macetas de *Allium pruinaum* (Figura 2.A). Estas macetas contenían tanto plantas completas, que incluían inflorescencias (Figura 2.B), bulbos y cormos cuando estaban presentes (Figura 2.C y D), como plantas que no habían desarrollado inflorescencias, con la finalidad de evaluar el estado de los bulbos y cormos además de estudiar su viabilidad y condición morfológica en relación con las condiciones de cultivo en el vivero.

Una vez seleccionadas las plantas de estudio, se midió la altura, diámetro del tallo y se contabilizó el número de hojas. Posteriormente se procedió a la recolección de la parte aérea de las mismas, que incluía inflorescencias que se dejaron secar a temperatura ambiente y tallos con hojas que se secaron en estufa. Se tomaron medidas de diversos parámetros como el peso seco del tallo, el peso seco de las hojas, el peso de la inflorescencia, el número de flores y el número de semillas. Las semillas fueron extraídas manualmente de cada flor y luego conservadas en

frascos herméticos en el laboratorio para posteriormente realizar pruebas de germinación.

A su vez, los bulbos se extrajeron cuidadosamente de las macetas y se procedió a registrar sus características morfológicas, incluyendo el número de bulbos y cormos (Figura 2.D), así como el peso, la altura y el diámetro de cada uno de estos órganos cuando estaban presentes. Tras el análisis, tanto los bulbos y cormos, se clasificaron en diferentes categorías: germinados (emisión de, al menos, hojas) y no germinados (latentes). En este estudio se considera bulbo principal aquel que ha florecido.

Estos bulbos y cormos se plantaron en macetas durante el mes de septiembre de 2023 y se empleó una mezcla 1:1 (V:V) de suelo arenoso procedente de la zona de estudio y sustrato estándar de semilleros (turba).

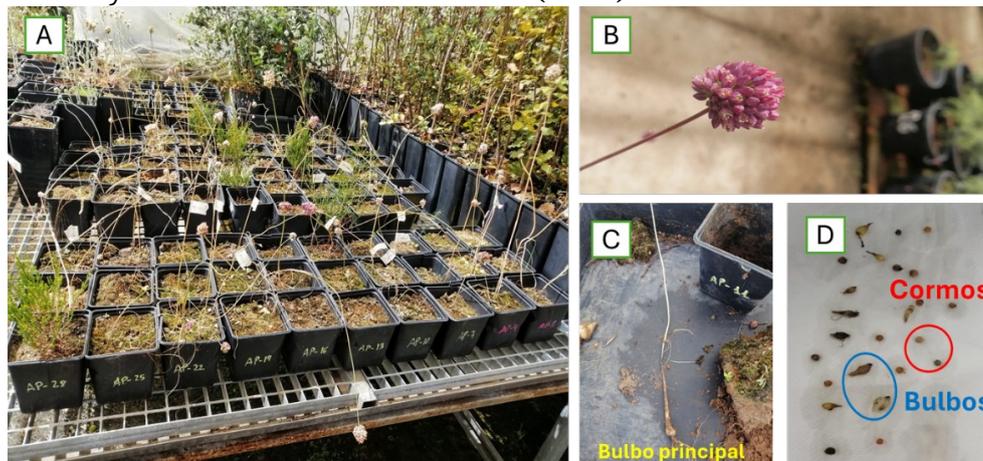


Figura 2. *Allium pruinaum*. Macetas del ensayo (A), inflorescencia (B); cosecha de bulbos (C), bulbos y cormos (D).

En el año 2024 se evaluaron las macetas y se volvió a realizar el mismo procedimiento descrito anteriormente para analizar la producción, el crecimiento y propagación de la especie. También se evaluó la supervivencia de los bulbos y cormos plantados el año anterior. Para profundizar en el estudio de los cormos latentes, es decir, cormos plantados en 2023 que no habían germinado después de un año, se sembraron en tarrinas utilizando una mezcla de perlita y turba negra. Estos fueron sometidos a dos tratamientos distintos: tres tarrinas fueron colocadas previamente en una cámara frigorífica a 4°C durante 15 días, mientras que las cuatro tarrinas restantes se dejaron a directamente a temperatura ambiente.

Además, se realizó un ensayo de germinación con un lote de semillas recogidas este año *in situ* a diferentes temperaturas de germinación, uno a 8°C y otro a 20°C. Las semillas fueron colocadas en placas Petri sobre papel de filtro humedecido con agua destilada. Para el ensayo de germinación a 8°C se emplearon 2 placas con 29 y 26 semillas respectivamente y para el de 20°C, 4 placas con 25 semillas en cada una. La siembra de las semillas en las placas Petri se realizaron en condiciones estériles. Antes de iniciar el ensayo, las semillas fueron hidratadas durante 24 h con una mezcla de agua destilada y benomilo 1g/L.

El ensayo se realizó en cámara de cultivo a 8 y 20°C, y 12 horas de luz de fotoperiodo durante 47 días. Cada 2 o 3 días se contabilizó las semillas germinadas en cada placa. Además, se utilizó la prueba de tetrazolio (FAO, 1985) para estimar la viabilidad de las semillas. Para ello, se seleccionaron al azar un total de 4

semillas no germinadas por placa y tratamiento. Se realizó un corte longitudinal a la semilla para seccionar el embrión, se sumergieron en una solución de cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio al 0,5% y se mantuvieron en la oscuridad durante 1 día. Posteriormente, se observaron cambios de color en las secciones longitudinales. Si el embrión se tiñe de rojo (Figura 3A) la semilla es viable y con alto rigor, si se tiñe de rosa (Figura 3B) la semilla es viable, pero de bajo vigor y cuando no se tiñe (Figura 3C) la semilla no es viable (RODRIGUEZ ET AL., 2008).

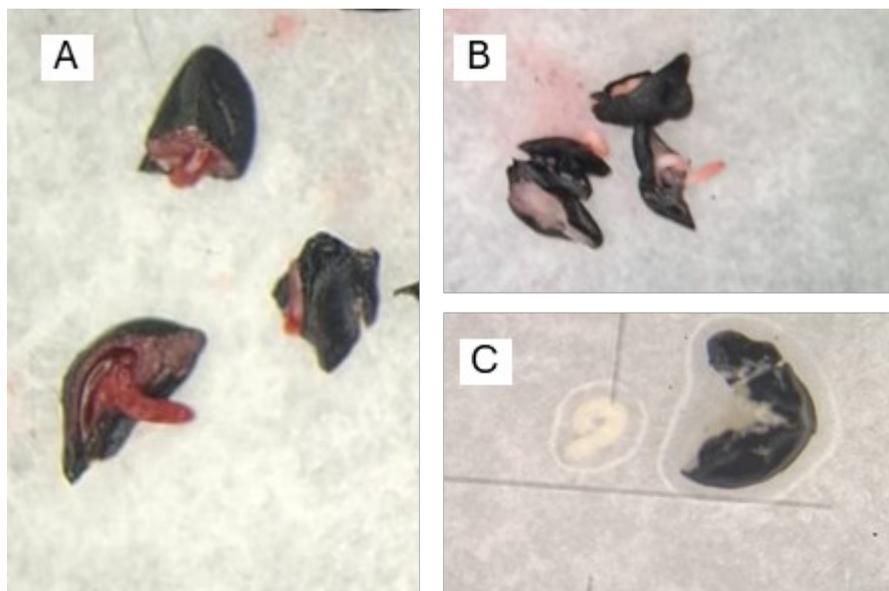


Figura 3. Semillas de *Allium pruina* interpretadas en el test del tetrazolio. Semillas de tinción roja: viable y de alto vigor (A), semillas de tinción rosa: viable de bajo vigor (B) y semillas sin teñir: no viable (C).

Tanto las semillas (Figura 4) como los cormos (Figura 5) germinados se trasplantaron a envase forestal una vez que alcanzaron el tamaño adecuado para su manipulación.



Figura 4. Semillas germinadas de *Allium pruina*.



Figura 5. Cormo latente germinado de *Allium pruina*.

Por otro lado, se realizó un trabajo de campo donde se identificaron individuos de la zona de estudio y se recolectó un total de 30 inflorescencias con sus respectivos tallos, que fueron evaluados (altura de la planta, el diámetro, el número de hojas, el peso seco del tallo, el peso seco de las hojas, el peso de la inflorescencia, el número de flores y el número de semillas) al igual que las plantas de vivero.

Para analizar los datos obtenidos de germinación de las semillas a diferentes

temperaturas, se empleó una regresión no lineal (modelo de Gompertz) y un modelo lineal general. El modelo de Gompertz fue $Y = a + \text{Exp}(-b \cdot \exp(-k \cdot t))$. Donde Y es la variable dependiente (germinación acumulada), a es el valor máximo de la germinación acumulada, b es un parámetro relacionado con el punto de inflexión de la curva y k es un parámetro relacionado con la tasa de crecimiento.

El modelo lineal general utilizado fue $Y = m + D + G + \text{error}$. Donde Y es la variable dependiente (germinación acumulada), m es la media general del ensayo, D es el efecto de los días de germinación (0, 3, 6, 11, 13, 17, 19, 21, 24, 27, 31, 34, 39, 42, 45 y 47) y G es el efecto del modelo de germinación (modelo experimental y modelo de Gompertz).

Para el análisis de los datos de cormos latentes se empleó el modelo lineal generalizado. El modelo utilizado fue $Y = m + D + \text{error}$. Donde Y es el valor de la variable dependiente (germinación acumulada), m es la media general del ensayo, D es el efecto de los días de germinación (0, 21, 40, 60, 80 y 89 días).

Por último, para el ensayo de la parte aérea de las plantas conservadas *in situ* y *ex situ*, se empleó un modelo lineal general. Este modelo fue el siguiente: $Y = m + C + bh + \text{error}$. Donde Y es la variable dependiente (crecimiento en altura, diámetro de la planta, peso seco del tallo, peso de la inflorescencia, número de flores y semillas, así como el número de semillas por flor y peso de cada semilla por flor), m es la media general del ensayo, C es el efecto del lugar de conservación de la planta (campo e invernadero), bh es el efecto de la covariable altura para la variable dependiente.

Las diferencias significativas fueron evaluadas mediante el test de Tukey-b con $p \leq 0,05$. Este análisis estadístico fue realizado con el software SPSS.

4. Resultados

Supervivencia, crecimiento y reproducción de bulbos y cormos conservados ex situ

En la tabla 1 se muestran los porcentajes de supervivencia de bulbos principales, bulbos y cormos procedentes de macetas. Se observa que las tasas de supervivencia de la mayoría de estos órganos vegetativos superan el 50%.

Tabla 1. Porcentaje de supervivencia en 23/24 de bulbos principales, bulbos y cormos plantados en el año 22/23 procedentes de macetas.

Categoría	N vivos	22/23	N vivos	23/24	Supervivencia	23/24 (%)
Bulbos principales	41	30			73	
Bulbos	39	20			51	
Cormos	54	20			37	

En la Tabla 2 se presenta el número total y promedio por planta de bulbos principales, bulbos y cormos encontrados en las 30 macetas analizados y plantados durante el año 22/23, junto con los valores medios de peso seco, longitud y diámetro de estos.

Tabla 2. Crecimiento de bulbos y cormos de Allium pruinatum procedentes de macetas analizados y plantados en 22/23. Número total y valores medios de peso seco, longitud y diámetro.

22/23					
Categoría	N total inicial	N medio por planta	P. Seco (g)	Longitud (cm)	Diámetro (mm)
Bulbos principales	41	1 ± 0	0,2 ± 0,03	1,2 ± 0,08	5,79 ± 0,45
Bulbos	39	2,22 ± 0,42	0,18 ± 0,079	1,25 ± 0,11	6,37 ± 0,92
Cormos	54	3,056 ± 0,86	0,030 ± 0,0036	0,51 ± 0,028	4,34 ± 0,20

Los resultados del crecimiento y la reproducción de los bulbos y cormos reproducidos en macetas se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3. Crecimiento y reproducción de bulbos y cormos de Allium pruinatum procedentes de macetas analizados en 23/24. Número total y valores medios de peso seco, longitud y diámetro.

22/23		23/24			
Categoría	Categoría	N total	P. seco (g)	Longitud (cm)	Diámetro (mm)
Bulbos principales (41)	Bulbos principales	30	0,36 ± 0,072	1,39 ± 0,11	7,36 ± 0,47
Bulbos nuevos	12	0,26 ± 0,086	1,15 ± 0,20	5,65 ± 0,80	
Cormos nuevos	70	0,081 ± 0,0057	0,49 ± 0,014	4,97 ± 0,12	
Bulbos (39)	Bulbos principales	9	0,28 ± 0,0475	1,29 ± 0,15	6,99 ± 0,61
Bulbos latentes	8	0,46 ± 0,19	1,95 ± 0,39	7,98 ± 1,17	
Bulbos nuevos	3	0,15 ± 0,023	1 ± 0	5,49 ± 0,89	
Cormos nuevos	31	0,062 ± 0,0049	0,47 ± 0,013	4,79 ± 0,26	
Cormos (54)	Bulbos principales	7	0,18 ± 0,051	1,27 ± 0,21	5,69 ± 0,59
Bulbos latentes	7	0,20 ± 0,11	0,91 ± 0,14	5,68 ± 1,11	
Cormos latentes	6	0,032 ± 0,0052	0,38 ± 0,046	4,15 ± 0,22	
Bulbos nuevos	1	0,24	1,4	6,6	
Cormos nuevos	11	0,048 ± 0,0095	0,44 ± 0,023	4,53 ± 0,34	

De los 30 bulbos principales que sobrevivieron este año, 25 han germinado y florecido, mientras que los 5 restantes permanecieron vivos, pero sin germinar. Se observó que algunos de los bulbos principales que florecieron generaron 1 o 2 nuevos bulbos principales, los cuales estaban adheridos al bulbo principal original. Los bulbos principales han producido 12 nuevos bulbos y 70 cormos.

En cuanto a los bulbos o bulbos secundarios, únicamente el 45% se ha transformado en bulbos principales, mientras que el resto ha permanecido vivo, pero sin llegar a florecer. Estos bulbos secundarios han producido 3 nuevos bulbos y 31 nuevos cormos.

Asimismo, el 35% de los cormos han germinado, llegando a florecer o producir hojas. Otro 35% se ha transformado en bulbos. Estos han producido 1 bulbo nuevo y 11 cormos. El 30% restante ha permanecido latente, es decir, sin germinar durante el año. Además, se observaron 12 bulbos adicionales dispersos en el sustrato, los cuales no estaban vinculados a ningún bulbo o cormo previamente establecido. Es probable que, durante el proceso de desenterrado, estos bulbos se hayan desplazado dentro del sustrato.

De manera general, cada planta presenta un bulbo principal que puede estar acompañado de 1 a 3 bulbos secundarios y de 1 - 4 cormos adheridos al bulbo principal. El peso seco del bulbo puede variar entre 0,13 y 0,432 g dependiendo del contenido de reserva nutricionales que este contenga. La altura media generalmente varía entre 1,1 y 2,23 cm, y el diámetro medio oscila entre 4,5 y 7,83 mm. Los bulbos secundarios, estos presentan un peso seco medio de $0,30 \pm 0,15$ g, una altura media de $1,43 \pm 0,22$ cm y un diámetro medio de $5,44 \pm 0,92$ mm. Por otro lado, los cormos muestran un peso seco medio comprendido entre 0,027 y 0,087 g, una altura media que oscila entre 0,33 y 0,54 cm, y un diámetro medio que varía entre 3,93 y 5,10 mm

Viabilidad y germinación de semillas

Los resultados muestran diferencias significativas ($\square < 0,001$) entre las semillas germinadas a 8°C y 20°C obteniéndose mejores resultados para las semillas germinadas a 8°C (Figura 6), con un porcentaje de germinación medio del $63,9 \pm 7,5\%$. La curva obtenida se ajusta al modelo de Gompertz, cuyo valor máximo medio de germinación predicho por este modelo es del $62 \pm 6,4\%$ lo que coincide estrechamente con el valor experimental observado. No se encontraron diferencias significativas entre el ajuste de los datos experimentales y el modelo de Gompertz en ninguno de los días medidos, lo que refleja un buen ajuste entre el modelo de Gompertz y los datos experimentales. Por el contrario, las semillas sometidas a una temperatura de germinación de 20°C (Figura 7) solo obtuvo $1 \pm 2\%$ de germinación acumulada y no sigue un patrón sigmoideo que se ajuste al modelo Gompertz.

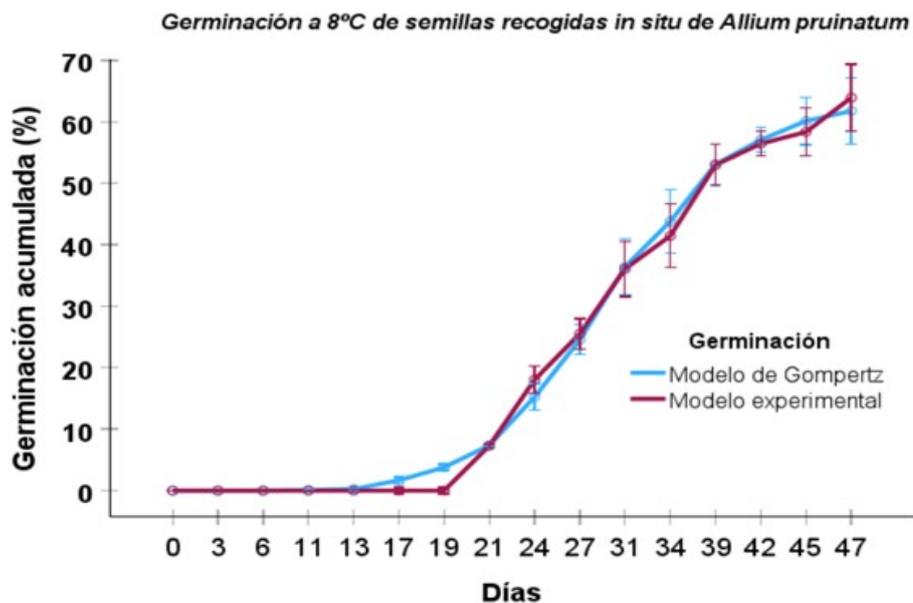


Figura 6. Germinación acumulada (%) a 8°C de semillas in situ de *A. pruina*.

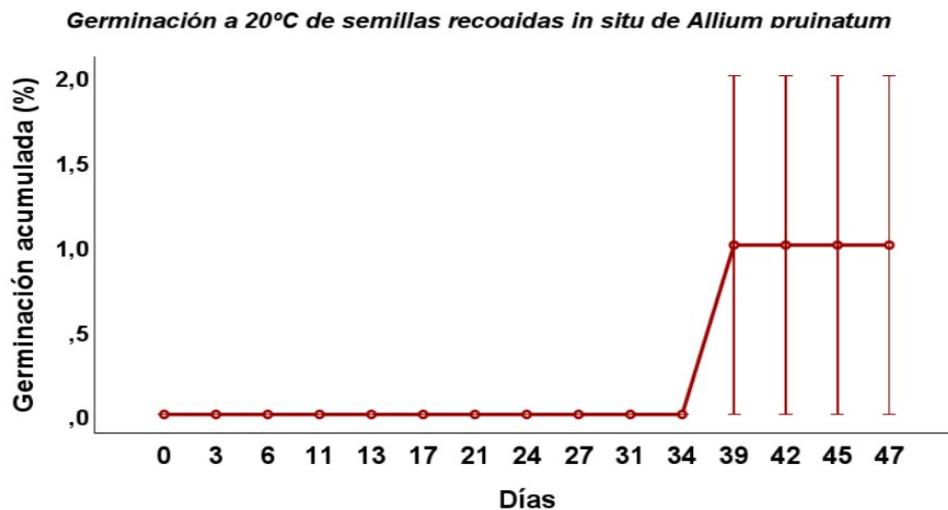


Figura 7. Germinación acumulada (%) a 20°C de semillas in situ de *A. pruinaum*

La viabilidad de las semillas mostró diferencias significativas ($\square < 0,001$) entre las distintas temperaturas de germinación. Las semillas germinadas a 8°C mostró una viabilidad media de $67,5 \pm 2,54\%$ y a 20°C $29,31 \pm 1,79\%$.

Periodo de latencia en cormos

En el análisis global de la germinación acumulada, se observó un efecto significativo de los días de germinación en tres momentos específicos: a los 21 días ($\square = 0,047$), a los 80 días ($\square < 0,001$) y a los 89 días ($\square < 0,001$). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas a los 40 y 60 días. Los mejores resultados de germinación acumulada (Figura 8) se consiguieron con el tratamiento previo de estratificación en frío durante 15 días, alcanzando un total de 47,5% de germinación acumulada y una tasa de germinación que se mantuvo prácticamente constante durante el ensayo. En contraste, los cormos que no recibieron este tratamiento mostraron una tasa de germinación notablemente inferior (30%). Este comportamiento indica que las condiciones frías favorecieron una germinación más rápida y continua, lo que se debe a la ruptura de la latencia inducida por el tratamiento en frío.

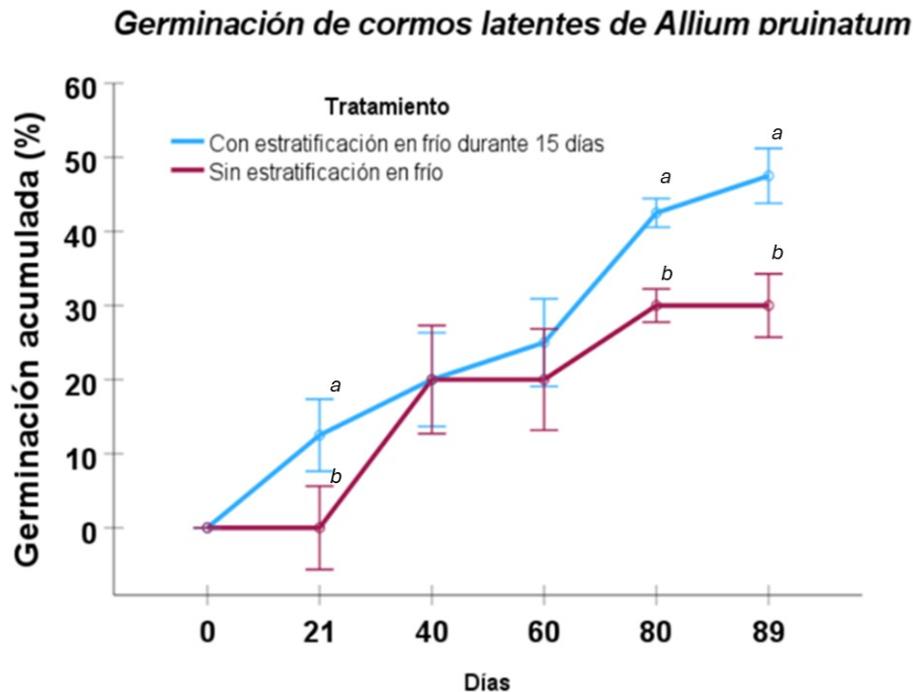


Figura 8. Germinación acumulada (%) de cormos latentes de *A. pruina* con estratificación en frío a 4°C en oscuridad durante 15 y sin estratificación en frío. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias de germinación acumulada dentro del ensayo ($p < 0,005$).

La tasa de supervivencia de los cormos germinados tras el trasplante hasta el momento es del 88%.

Desarrollo de la parte aérea de plantas *in situ* y *ex situ*

Se calculó unas correlaciones de r de Pearson (Tabla 4) para ver si existen relaciones lineales entre las variables dependientes analizadas, observándose una correlación significativa ($p < 0,01$) en la mayoría de ellas. Destaca la alta correlación de la altura con el diámetro, peso seco del tallo, peso de la inflorescencia, número de flores, número de semillas, peso y número de la semilla por flor.

Además, se han determinado los valores medios de altura (Figura 7A), diámetro (Figura 7B), peso seco del tallo (Figura 7C), peso de la inflorescencia (Figura 7D), número de flores (Figura 7E), número de semillas (Figura 7F), número de semillas por flor (Figura 7G) así como su peso (Figura 7H).

Los resultados muestran una diferencia significativa sobre el crecimiento en altura ($\square = 0,033$), diámetro ($\square < 0,001$), peso de la inflorescencia ($\square = 0,010$), número de flores ($\square = 0,004$) y peso de una semilla por flor ($\square = 0,022$) entre las plantas conservadas *in situ* y *ex situ*. No se observan diferencias notables sobre el peso del tallo, número de semillas y número de semillas por flor.

Las plantas cultivadas *ex situ* presentan una altura media de $37,32 \pm 1,45$ cm, un diámetro promedio de $1,44 \pm 0,040$ mm y una producción media de $39,47 \pm 3,071$ flores. Por otro lado, las plantas cultivadas *in situ* crecen un 12% más en altura, aunque con un diámetro menor. Además, producen un número menor de flores ($26,2 \pm 3,071$) pero las semillas obtenidas son de mayor tamaño, con una diferencia de peso por semilla y flor del 70%. Estas diferencias indican que las condiciones ambientales y de crecimiento influyen de manera distinta en el desarrollo de las plantas, afectando tanto su tamaño como su producción reproductiva. Sin



embargo, es importante destacar que no se han encontrado diferencias significativas en cuanto a la polinización de esta especie entre ambas condiciones de conservación.

*Tabla 4. Correlación de Pearson entre las variables altura, diámetro, peso seco del tallo, peso de la inflorescencia, número de flores, número de semillas, peso de la semilla por flor. ** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).*

Altura	2	3	4	5	6	7		
2. Diámetro	r				,511**			
3. Peso seco del tallo	r	,741**				,680**		
4. Peso de la inflorescencia	r	,428**	,451**			,770**		
5. Número de flores	r	,492**	,469**	,810**			,880**	
6. Número de Semillas	r	,374**	0,2	,489**	,723**		,661**	
7. Peso semilla por flor	r	0,051	-0,048	-0,064	-0,009	-0,054	0,129	
8. Número de semilla por flor	r	0,215	0,012	0,114	,333**	0,197	,779**	0,205

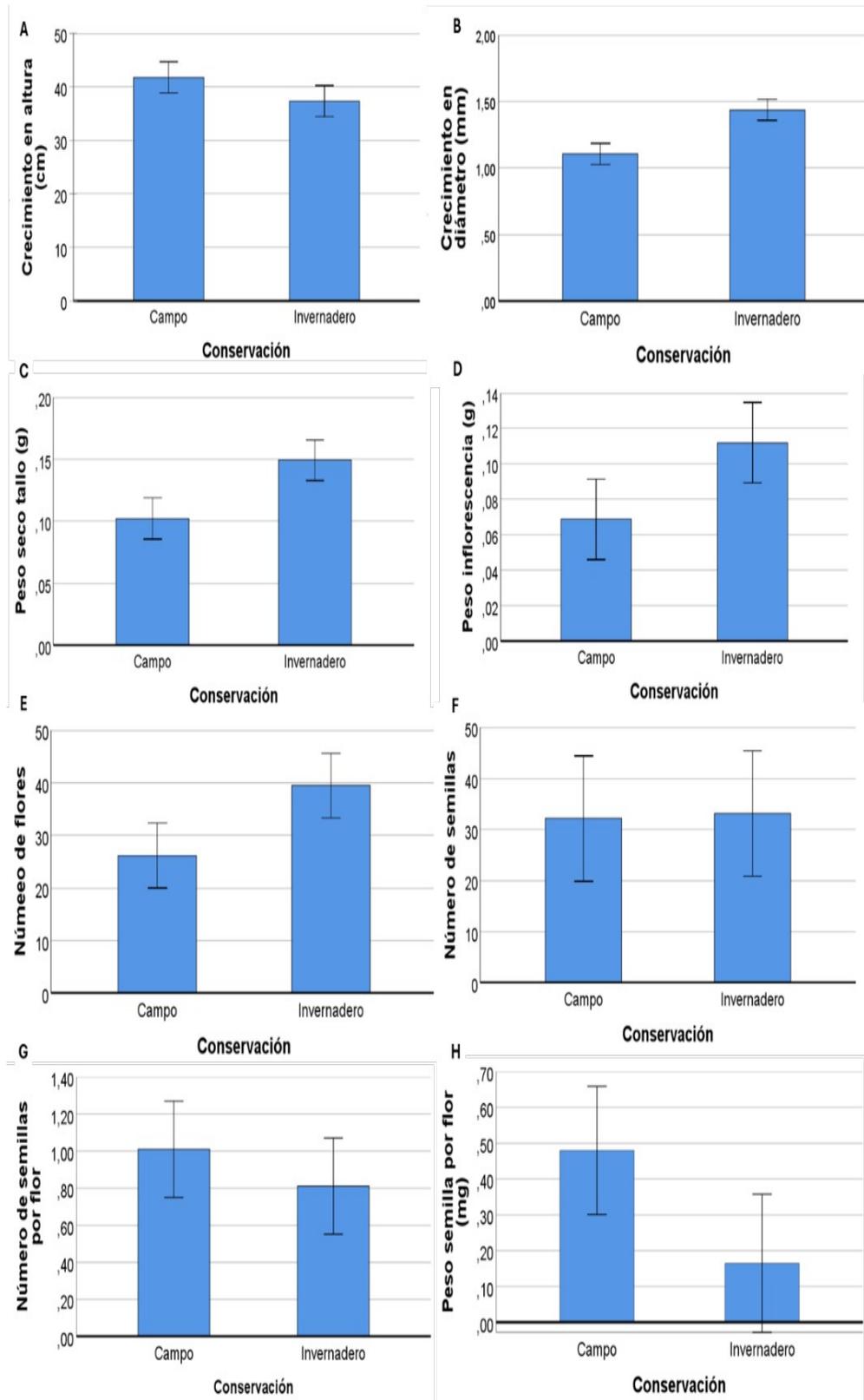


Figura 9. Comparación de altura (A), diámetro (B), peso seco del tallo (C), peso de la inflorescencia (D), número de flores (E), número de semillas (F), número de semilla por flor (G) y peso de semilla por flor (H) de plantas conservadas in situ (campo) y ex situ (invernadero).

5. Discusión

En el transcurso de un año, se ha observado una importante supervivencia de bulbos principales (73%), bulbos secundarios (51%) y cormos (37%). Estos produjeron 16 bulbos nuevos (15 producción de bulbos y 1 producción de cormos) y 112 cormos nuevos (101 producción de bulbos y 11 producción de cormos) de *Allium pruinautum*. Además, 6 cormos y 15 bulbos se encontraban vivos, pero no habían germinado, permaneciendo en un estado latente. Este periodo de latencia indica que una parte de los bulbos y cormos no se activó en las condiciones de invernadero, probablemente debido a factores ambientales o fisiológicos que inhibieron su desarrollo. La latencia es una estrategia adaptativa de la planta, permitiendo que los bulbos y cormos se conserven hasta que las condiciones sean más favorables para su crecimiento y germinación. Un total de 45 bulbos (bulbos principales) ha alcanzado la etapa de floración. A pesar de la pérdida de bulbos principales debido a la mortalidad (26,82%), se ha logrado generar 4 plantas más con inflorescencias de las que había el año anterior en las macetas. La combinación de una parte de los bulbos y cormos que germinaron y produjeron inflorescencias, junto con aquellos que permanecieron en latencia, indica que *Allium pruinautum* tiene una estrategia reproductiva flexible y resiliente. Los bulbos y cormos latentes podrían actuar como una reserva de propagación para futuros ciclos, aumentando la estabilidad de la población a largo plazo, incluso si las condiciones no son ideales para la germinación en un año determinado.

Las variaciones observadas en la germinación entre las diferentes temperaturas apuntan a un efecto significativo de estas en la viabilidad y velocidad de germinación. A 8°C se obtuvo un porcentaje medio de germinación y viabilidad del 64% y 67% respectivamente. Sin embargo, la viabilidad de las semillas a 20°C fue del 29%, germinando tan solo un 1%. El 28% restante son semillas viables que no han germinado ya que se encuentran en un estado de latencia debido a que esta temperatura no parece ser la más adecuada para la germinación. Los resultados obtenidos nos indica que las semillas de esta especie superan la latencia y germinan preferentemente durante el invierno, cuando las temperaturas son más bajas ($\approx 8^{\circ}\text{C}$) y las condiciones son más favorables para activar los procesos fisiológicos involucrados en la germinación.

Los cormos latentes sometidos a estratificación en frío (KAMENETSKY ET AL., 2000) mostraron un porcentaje más elevado de germinación comparado con los cormos sembrados directamente a temperatura ambiente. En ambos casos, los cormos, germinaron después de haber permanecido en latencia durante un año, lo que resalta la efectividad de la estratificación en frío para superar la dormancia prolongada y estimular la germinación después de un largo periodo de inactividad. Estos resultados subrayan la importancia de los bancos de cormos como herramienta para la conservación y propagación de *Allium pruinautum*. La efectividad de la estratificación en frío, además de ser es una técnica crucial para asegurar con mayor velocidad de germinación de los cormos y facilitar su regeneración cuando sea necesario, pone de manifiesto la estrategia de la especie de germinación de sus órganos vegetativos después de un periodo frío (diciembre-enero), no inmediatamente después de las primeras lluvias. De este modo, la germinación dependiente de la temperatura es una estrategia clave en la gestión eficiente de bancos de cormos y semillas.

Por otro lado, esta especie se conserva adecuadamente en condiciones controladas de invernadero y los procesos de polinización son igualmente eficaces



en comparación con su hábitat natural, lo que asegura su capacidad reproductiva. Las plantas cultivadas *ex situ* presentan menor altura, mayor diámetro y mayor número de flores que contienen semillas más pequeñas en comparación con las cultivadas en su entorno natural. En este contexto, si se considera la propagación a largo plazo sería recomendable optimizar las condiciones de cultivo ajustando factores como la luz, temperatura, humedad o nutrientes para asegurar con mayor porcentaje de éxito la viabilidad de estas semillas. Estas mejoras deberían ser consideradas en futuras investigaciones y en el manejo de cultivos de *Allium pruinautum*.

6. Conclusiones

Las plantas *Allium pruinautum* demuestran una estrategia reproductiva adaptativa y resiliente, mostrando una destacada capacidad de regeneración tanto a través de bulbos como de cormos, incluyendo aquellos que permanecen en estado latente.

La germinación y superación de la latencia de las semillas de esta especie se ve favorecida por temperaturas bajas, lo que indica que prefiere condiciones más frías para iniciar su desarrollo, especialmente en invierno.

La estratificación en frío favorece la activación de cormos latentes, destacándose como una herramienta clave para asegurar con mayor probabilidad la viabilidad y propagación a largo plazo.

Los bancos de cormos y semillas de esta especie son una estrategia complementaria esencial, garantizando en mayor medida la conservación y la restauración de la especie en el futuro.

La conservación de esta especie y los procesos de polinización son eficientes y funcionales en condiciones controladas de invernadero.

7. Bibliografía

ARAGÓN, M.A. 2013. Flora silvestre chiclanera. <https://florasilvestrechiclanera.blogspot.com/2013/07/allium-pruinautum.html>.

AEDO, C. 2006. Is *Allium ebusitanum* (Alliaceae) an endemic species from Ibiza? *Anales del Jardín Botánico de Madrid* Vol. 63(2): 121-130.

AEDO, C. 2013. *Allium* L. En: RICO, E., CRESPO, M.B., QUINTANAR, A., HERRERO, A. y AEDO, C. (eds.). *Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid. Flora ibérica* 20: 220-273

AZEEZ, A., ZHAO, Y.C., SINGH, R.K., YORDANOV, Y.S., DASH, M., MISKOLCZI, P., STOJKOVIC, K., STRAUSS, S.H., BHALERAO, R.P, BUSOV, V.B. 2021. Early bud-break 1 and Early bud-break 3 control resumption of poplar growth after winter dormancy. *Nat Commun* 12(1): 1123

BEWLEY, J.D.,BLACK, M. 1994. *Seeds: Physiology of Development and Germination* Plenum Press,New York, USA.

BOLETÍN OFICIAL DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA. 2012a. Decreto 23/2012, de 14 de febrero, por el que se regula la conservación y uso sostenible de la flora y fauna silvestre y sus hábitats. BOJA núm. 60, 27/03/2012.

BOLETÍN OFICIAL DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA, 2012b. Acuerdo de 13 de marzo de 2012, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueban los planes de recuperación y conservación de determinadas especies silvestres y hábitats protegidos. BOJA núm. 60, 27/03/2012.

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO. 2011. Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y



- del Catálogo Español de Especies Amenazadas. BOE núm, 46, 23/02/2011.
- CROCKER, W., BARTON, L.V. 1975. *Physiology of Seeds* Chronica Botanica, Waltham.
- CUADRA, C. 1993. Germinación, latencia y dormición de las semillas. Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario. n. 3/92. ISBN 84-341-0782-1.
- DELUCCHI, G Y HURRELL, J. 2014. *Flora del Valle de Lerma: Alliaceae* 11(20).
- FERNÁNDEZ ZAMUDIO, M.R. 2014. Valoración de la presencia de especies de flora amenazada en relación al Proyecto CEUS. Equipo de Seguimiento de Procesos Naturales de la Estación Biológica de Doñana-EBD-CSIC, Sevilla. Doc. ined. 4 pp.
- FAO. *A Guide to Forest Seed Handling*; FAO Forestry Paper, 20/2; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy, 1985; ISBN 92-5-102291-7.
- HARTMANN, H. Y KESTER, D. 1977. *Propagación de plantas. Principios y Prácticas*. Continental. México. 810 pp.
- HARTMANN, H. Y KESTER, D. 1988. *Propagación de Plantas*. México D.F. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. 760 pp. Kemp, 1975
- KAMENETSKY, R., & GUTTERMAN, Y. 2000. Germination strategies of some *Allium* species of the subgenus *Melanocrommyum* from arid zone of Central Asia. *Journal of Arid Environments*, 45(1), 61–71.
- KUMAR NAVEEN P., RAJU S. V. D. 2007. Dormancy in gladiolus: the cause and remedy – A review. *Agricultural Reviews*. 28(4).
- PASTOR, J. & VALDÉS, B. 1983. Revisión de género *Allium* (Liliaceae) en la Península Ibérica y Baleares. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla.
- PATIÑO, F.; DE LA GARZA, P.; VILLAGOMEZ, Y.; TALAVERA, I. y CAMACHO, F. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. México D.F. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Subsecretaría Forestal. Boletín Divulgativo N° 63. 181 pp.
- QUESADA MORENO, J.M., MORALES RUÍZ, A., BUTLER SIERRA, I., MONTEAGUDO SÁNCHEZ DE MOVELLÁN, F.J. 2018. *Allium pruina* Link ex Spreng. (Liliaceae), novedad corológica para la Reserva Natural Laguna de El Portil (Huelva, Andalucía, España). *Acta Botanica Malacitana* 43. 151-152.
- RAHN, K. 1998. Alliaceae. En K. Kubitzki (ed.) *Berlin, Springer. The Families and Genera of Vascular Plants III*: 70-78.
- SOCIEDAD ESPAÑOLA DE BIOLOGÍA DE LA CONSERVACIÓN DE PLANTAS & TRAGSATEC. 2010. Lista roja de la flora vascular española. Actualización con los datos de la Adenda 2010 al Atlas y Libro Rojo de la flora vascular amenazada. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas, TRAGSATEC. Madrid.
- STOKES, P. 1965 *Temperature and seed dormancy* W. Ruhland (Ed.), *Encyclopedia of Plant Physiology*, 15/2, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg and New York, pp.746-803.
- TSUKAMOTO, Y. 1974 *Acta Hort.* 43(2): 393-404.
- WILLKOMM, H.M. 1885. *Ill. Fl. Hispan.* Tomo 1. Librería de E. Schweizertbart (E.



Koch). Stuttgart.

WU, J., SENG, S., SUI, J., VONAPARTIS, E., LUO, X., GONG, B., LIU, C., WU, C., LIU, C., ZHANG, F. 2015. *Gladiolus hybridus* ABSCISIC ACID INSENSITIVE 5 (GhABI5) is an important transcription factor in ABA signaling that can enhance *Gladiolus* corm dormancy and *Arabidopsis* seed dormancy. *Front Plant Sci* 6: 960.

Zhang, YZ., Yuan, J., Zhang, L., Chen, C., Wang, Y., Zhang, G., Peng, L., Xie, S.S., Jiang, J., Zhu, J.K. 2020. Coupling of H3K27me3 recognition with transcriptional repression through the BAH-PHD-CPL2 complex in *Arabidopsis*. *Nat Commun* 11(1): 6212.