

**Dispersión de semillas de *Dracaena draco* y posibles factores influyentes en su probabilidad de germinación.**

**Seed dispersal of *Dracaena draco* and possible influential factors on its germination probability.**



**David Pérez Pérez**

**Tutores: Marcos Báez Fumero y Aarón González Castro.**

*A mis padres y mi hermano.*

*“El amor por todas las criaturas vivientes es el más noble atributo del hombre”.*

**Charles R. Darwin (1809-1882).**

*“La creación de mil bosques está en una sola bellota”.*

**Ralph W. Emerson (1803-1882).**

## **Agradecimientos.**

En primer lugar, me gustaría agradecer a mis tutores: Marcos Báez y Aarón González, así como a Manuel Nogales, la oportunidad brindada para la realización de este trabajo. Aarón González Castro dedicó una gran parte de su tiempo a enseñarme las técnicas y metodología necesarias para la realización este trabajo, además de tener paciencia con mi falta de experiencia en este tipo de estudios. Gracias a él, he podido realizar mi labor de la forma más eficiente posible.

Por otra parte, me gustaría agradecer la ayuda que he obtenido por parte del GEEI (Grupo de Ecología y Evolución en Islas), del IPNA-CSIC. Además de haberme aceptado como un miembro más del equipo durante este curso, el personal del grupo me ha asesorado en todo momento, compartiendo todo tipo de información y materiales necesarios para este trabajo. Manuel Nogales Hidalgo, director del IPNA, me brindó la posibilidad de encontrar un área de estudio en la que desarrollar las observaciones de campo. Además, a él tengo que agradecer mi admisión en el GEEI, así como las aportaciones intelectuales que ha realizado a mi proyecto.

También, me gustaría expresar mi agradecimiento al personal de la empresa “Tagoro Medio Ambiente”, especialmente a Manuel Martín Carrillo, quien suministró el material necesario para las siembras y me ayudó en el riego de las semillas y plántulas. Gracias a su experiencia con plantas canarias y a sus consejos pude avanzar con mis experimentos de germinación.

Por último, mis agradecimientos van a mi familia y amigos, cuyo apoyo incondicional y ayuda me han servido para seguir adelante en los momentos de mayor dificultad dentro del trabajo.

A todos ellos, muchas gracias.

## **Índice**

Introducción.....	7
Objetivos e hipótesis.....	8
Material y métodos.....	10
Localidades para la toma de muestras y área de estudio y experimentación.....	10
Efecto de las características del fruto sobre la biometría de la semilla y su potencial de germinación.....	11
Efecto de las aves sobre el tipo de interacción con los frutos del drago.....	13
Efecto de la eliminación de la pulpa alrededor de la semilla.....	14
Análisis estadístico .....	15
Efecto de las características del fruto sobre la biometría de la semilla y su potencial de germinación.....	15
Efecto de las aves sobre el tipo de interacción con los frutos del drago.....	15
Efecto de la eliminación de la pulpa alrededor de la semilla.....	16
Resultados.....	16
Efecto de las características del fruto sobre las semillas y su potencial de germinación.....	16
Efecto de las aves sobre el tipo de interacción con los frutos del drago.....	21
Efecto de la eliminación de la pulpa alrededor de la semilla.....	23
Discusión.....	24
Conclusiones.....	27
Conclusions.....	28
Bibliografía.....	29

## **Resumen-Summary.**

El drago *Dracaena draco*, a pesar de ser abundante en parques y jardines, es relativamente escaso en la naturaleza. Por tanto, es de vital importancia conocer qué aspectos pueden estar limitando su regeneración en entornos naturales. En este trabajo se estudió la influencia de aspectos intrínsecos y extrínsecos a la propia especie sobre su éxito reproductivo en la etapa de dispersión de semillas. Para ello, además de caracterizar los frutos y semillas de esta especie, fueron realizados experimentos de germinación en invernadero y observaciones de frugivoría en el campo. Los frutos de pequeño tamaño (que pueden ser ingeridos enteros por pequeños passeriformes) produjeron semillas inviables, mientras que las semillas viables sólo aparecieron en los frutos grandes. Por consiguiente, la dispersión legítima de las semillas del drago recayó principalmente en el mirlo *Turdus merula* L., ave de tamaño mediano capaz de consumir frutos grandes enteros. Por su parte, los pequeños passeriformes actuaron mayoritariamente como consumidores de pulpa, sin dispersar las semillas. Actualmente, el sistema de dispersión de semillas de *D. draco* podría ser sub-óptimo debido a la escasez de interacciones con grandes frugívoros.

**Palabras clave:** aves; características del fruto; dispersión de semillas; *Dracaena draco*; frugivoría; germinación de semillas.

Despite being abundant in urban gardens, the dragon tree *Dracaena draco* is relatively scarce in nature. So, knowing the limiting factors of its natural regeneration is crucial. In this contribution, I studied the influence of intrinsic and extrinsic aspects to the species on its reproductive success at the seed dispersal stage. Beside fruits and seed characterization, germination experiments and frugivory observations were performed in greenhouse and field, respectively. Small fruits (which can be swallowed entirely by small passerines) produced non-viable seeds, while viable seeds only appeared in large fruits. Therefore, legitimate dispersal of dragon tree seeds mostly relies on the blackbird *Turdus merula*, a medium-sized bird which can swallow large fruits. On the other hand, small passerines mostly acted as pulp consumer, without dispersing seeds. Currently, the seed dispersal system of *D.draco* might be suboptimal due to the scarcity of interactions with large frugivorous.

**Keywords:** birds; fruit traits; seed dispersal; *Dracaena draco*; frugivory; seed germination.

## Introducción.

La dispersión de semillas es un proceso crucial para cerrar el ciclo vital de muchas plantas vasculares, siendo la endozoocoria (dispersión interna por medio de animales frugívoros) especialmente importante en las especies productoras de frutos carnosos (Jordano, 2000). En islas oceánicas, este tipo de dispersión constituye uno de los medios más importantes para colonizar islas desde el continente, así como desde otras islas cercanas (Nogales *et al.*, 2012). Por lo tanto, este mecanismo podría haber sido esencial para la colonización de las Islas Canarias por parte de especies vegetales con frutos carnosos. Aunque la flora de este archipiélago es bien conocida desde el punto de vista taxonómico y corológico (Del Arco Aguilar *et al.*, 2006), existen numerosos aspectos sobre su ecología funcional que aún son desconocidos. Verter luz sobre la ecología reproductiva de las especies vegetales amenazadas (p. ej. producción de frutos, dispersión de semillas y su germinación) podría favorecer la gestión y conservación de dichas especies. Un ejemplo particular dentro de la flora canaria es el drago *Dracaena draco* L., especie en la que se centra el presente trabajo.

El drago es una monocotiledónea endémica de la Macaronesia, de la que existen tres subespecies. En Canarias, la subespecie presente es *D. d. draco*, compartida con Madeira (Águedo, Almeida Pérez y González Martín, 1998). En el caso de Canarias, el drago es una especie propia de los bosques termosclerófilos y, presumiblemente, en el pasado debió formar auténticos dragonales (Fernández Palacios *et al.*, 2008), como así lo atestigua la toponimia de algunos lugares de las islas. Sin embargo, actualmente es difícil observar regeneración natural de esta especie, y muchos de los individuos adultos que se observan en la naturaleza están relegados a enclaves de difícil acceso, como riscos o barrancos, pudiendo también aparecer ejemplares solitarios de gran porte y antigüedad como el Drago de Icod, en Tenerife, o los dragos de Pino Santo y de Pino Gordo, en Gran Canaria, (Almeida Pérez, 2003). De hecho, esta especie aparece incluida en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) como especie “vulnerable”.

Teniendo en cuenta que el drago es abundante en parques y jardines, además de ser una especie históricamente emblemática desde el punto de vista etnobotánico (Gupta *et al.*, 2007), resulta llamativo que esta planta sea tan escasa en la naturaleza. Por ello, este trabajo analiza algunas de las características intrínsecas (tipos de frutos y germinación de las semillas) y extrínsecas (interacción con vertebrados frugívoros) de

su sistema de dispersión de semillas, de forma que se pueda profundizar un poco más en el conocimiento de los posibles factores que dificultan su regeneración en la naturaleza.

## **Objetivos e hipótesis**

Actualmente, se sabe que los frutos del drago (relativamente grandes) son consumidos por lacértidos del género *Gallotia* (González-Castro, 2013; Valido, 1999) y que, presumiblemente, la paloma rabiche *Columba junoniae* Hartert, podría ser un dispersor legítimo de sus semillas (Romero Rodríguez, 2014). No obstante, se sabe muy poco sobre cómo el tamaño de sus frutos puede determinar el carácter legítimo o ilegítimo de las interacciones frugívoras con el grueso de aves paseriformes –de pequeña y mediana talla– presentes en Canarias. Considerando que las poblaciones de algunas especies de gran tamaño, tanto de aves como de lacértidos, que podrían ser buenos agentes dispersantes del drago han experimentado una importante regresión (casi extinción, en algunos casos), es de vital importancia conocer el papel de las aves paseriformes a la hora de facilitar la regeneración natural de esta planta. Para ello, en el presente trabajo se plantean los siguientes objetivos concretos:

### **1. Conocer cómo afecta el tamaño del fruto a las características de las semillas y a su potencial de germinación, así como al vigor de las plántulas.**

Es sabido que en plantas endozoócoras existe una relación positiva entre el tamaño de los frutos y la biometría (peso y tamaño) de las semillas que contienen (Dennis *et al.*, 2007), así como la probabilidad de germinación de éstas (Gautier-Hion *et al.*, 1985; Manonmani y Vanangamudi, 2001). Por lo tanto, la hipótesis de partida es que los frutos de mayor tamaño tendrán semillas más grandes y pesadas, así como con una mayor probabilidad de germinación que los frutos de menor tamaño. Además, es esperable que las semillas de mayor tamaño favorezcan una mayor tasa de crecimiento de las plántulas, confiriéndoles a estas últimas un mayor vigor que las semillas pequeñas.



## 2. Evaluar si el tamaño de las aves frugívoras tiene algún efecto sobre el tipo de interacción con los frutos del drago.

Los animales frugívoros pueden clasificarse como: 1) dispersores de semillas, que tragan el fruto entero y defecan o regurgitan las semillas intactas; 2) consumidores de pulpa, que picotean los frutos para alimentarse de la pulpa, dejando caer las semillas debajo de la planta madre; y 3) dispersores ocasionales de semillas que, aunque consumidores de pulpa, en ocasiones transportan el fruto lejos de la planta madre para luego consumir su pulpa. En cualquier caso, que un frugívoro actúe de una forma u otra suele depender de restricciones ecomorfológicas como la anchura del pico en su base (Wheelwright, 1985; Herrera, 1995; Jordano y Schupp, 2000). Debido a que los frutos del drago tienden a ser bastante grandes, la hipótesis de partida es que cuanto menor sea el tamaño del ave frugívora, mayor será la probabilidad de que ésta actúe como un consumidor de pulpa, sin dispersar legítimamente las semillas (Fig. 1). No obstante, dada la variabilidad del tamaño de los frutos del drago, no es descartable que algunas pequeñas aves consumidoras de pulpa puedan dispersar legítimamente las semillas contenidas en los frutos de menor tamaño.

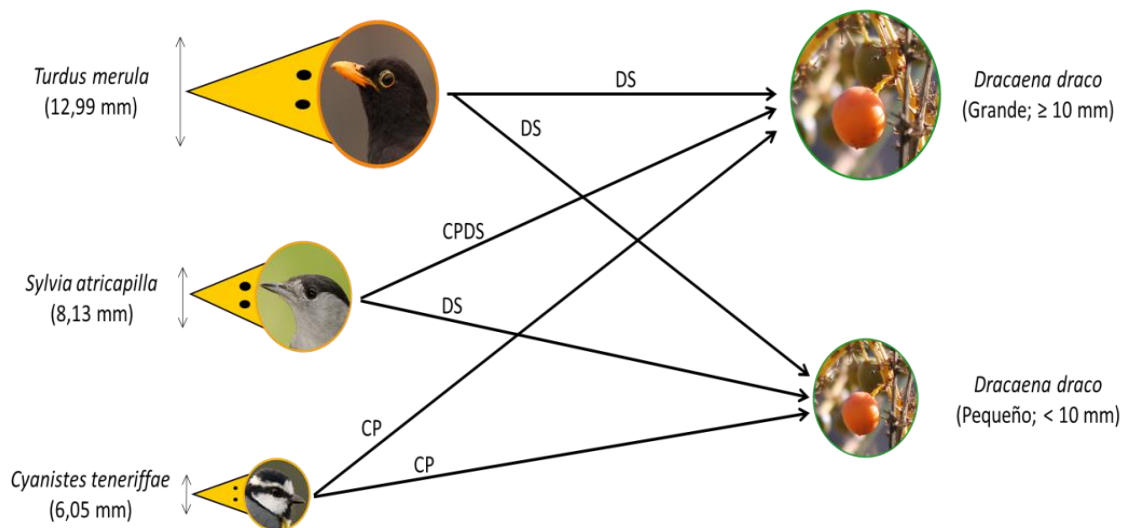


Figura 1. La hipótesis de partida relaciona la anchura mandibular (mm) del ave frugívora y el diámetro del fruto (mm) con la capacidad del ave para actuar como dispersor de semillas (DS), consumidor de pulpa y dispersor ocasional de semillas (CPDS) o como únicamente consumidor de pulpa (CP). Entre paréntesis se expresa la anchura mandibular media de las aves y el tamaño de los frutos clasificados como grandes y pequeños. Créditos de fotografías: aves por Beneharo Rodríguez; fruto de drago por Aarón González.

### **3. Evaluar si la eliminación de la pulpa alrededor de la semilla puede suponer alguna ventaja para su germinación.**

Como se ha comentado en el párrafo anterior, hay ocasiones en que las aves consumidoras de pulpa pueden transportar el fruto lejos de la planta madre para consumir la pulpa, lo que da lugar a una dispersión de semillas sin tratamiento digestivo. En este caso, el principal fenómeno directo al que se ve expuesta la semilla es al de la eliminación de la pulpa que le rodea. Hay especies vegetales en las que la pulpa del fruto puede actuar como un inhibidor de la germinación (Gautier-Hion *et al.*, 1985; Robertson *et al.*, 2006), por lo que otro de beneficio adicional de la endozoocoria es que las semillas, al quedar desprovistas de pulpa a su alrededor, puedan germinar más rápidamente y en mayor proporción. Por lo tanto, si este fuese el caso de las semillas del drago, podríamos concluir que los dispersores ocasionales pueden beneficiar, con cierta frecuencia, a esta especie llevando las semillas lejos de la planta madre, a la vez que eliminan la pulpa que inhibiría su germinación.

## **Material y métodos.**

### **Localidades para la toma de muestras y área de estudio y experimentación.**

Los frutos fueron colectados en distintas plantas madres repartidas por parques y jardines situados en los municipios de San Cristóbal de La Laguna y Tegueste (Tenerife); a excepción de una de las plantas madre, la cual se localizaba en Gáldar (Gran Canaria).

La fase de caracterización y almacenamiento de las muestras colectadas se realizó en los laboratorios del Grupo de Ecología y Evolución en Islas, en el IPNA-CSIC. Los experimentos de germinación y observación de interacciones frugívoras se llevaron a cabo en las instalaciones de la empresa “Tagoro Medio Ambiente”, situada en el municipio de Tacoronte (UTM: 28R 362650m E/ 3154947m N, 250m s.n.m.). La precipitación media anual en el área de estudio es de 250-450 mm, y la temperatura media anual varía entre 15-19 °C (Fernández-Palacios *et al.*, 2008).

La vegetación es la propia del matorral termófilo, con especies como *Rhamnus crenulata* Aiton, *Rubus ulmifolius* Schott, o *Rubia fruticosa* Aiton, además de diversas especies en producción por parte de la empresa "Tagoro Medio Ambiente". Una de esas especies en producción era el drago, cuyos ejemplares en fructificación fueron utilizados para las observaciones de campo. Entre las aves frugívoras, cabe destacar la presencia de *Turdus merula* Linnaeus, 1758, *Sylvia atricapilla* (Linnaeus, 1758), *Cyanistes teneriffae* (Lesson, 1831), *S. conspicillata* Temmink, 1820 y *S. melanocephala* (Gmelin, 1789) (Fig. 2).



Figura 2. Algunas de las especies de passeriformes presentes en el área de estudio: *Sylvia atricapilla* (A; © Ron Knight), *Cyanistes teneriffae* (B; © Arnaldo de la Rosa), *Sylvia conspicillata* (C; © Juan C. Adam) y *Sylvia melanocephala* (D; © ehalf3miguel).

### **Efecto de las características del fruto sobre la biometría de la semilla y su potencial de germinación.**

Para evaluar la relación entre el tamaño del fruto y las características biométricas de las semillas, así como su potencial de germinación, se procedió a la recolección de frutos de distintas plantas madres, tal y como se ha explicado previamente. El tamaño de muestra estuvo limitado por la disponibilidad de frutos en el momento del comienzo del estudio. En total se colectaron 706 frutos procedentes de 13 plantas madre (una media de 54

frutos por planta madre) localizadas en los lugares antes mencionados. Los frutos de cada planta madre fueron almacenados independientemente, de forma que en todo momento se pudo tener controlado el origen de cada fruto y semilla.

Para la caracterización morfológica se utilizaron 210 frutos de entre todos los colectados. En primer lugar, los frutos se categorizaron en “grandes” (diámetro máximo mayor o igual a 10 mm) y “pequeños” (diámetro máximo inferior a 10 mm). Este criterio se utilizó en función del tamaño de fruto estimado que las aves pueden ingerir según la anchura de las comisuras de su pico. Los frutos pequeños (<10 mm) podrían ser ingeridos tanto por pequeños paseriformes como por aves de talla mediana y grande, mientras que los frutos grandes ( $\geq 10$  mm) sólo pueden ser consumidos por aves de tamaño mediano o grande. Aunque la mayor anchura de comisura entre pequeños paseriformes frugívoros –correspondiente a *S. atricapilla*– es de  $8,13 \pm 0,72$  mm (media  $\pm$  desviación típica; A. González Castro, com. pers.), se optó por usar los 10 mm como valor límite para ser conservativo ya que, con frecuencia, las aves pueden tragar frutos ligeramente mayores de lo que cabría esperar por el ancho de sus comisuras.

Para cada fruto, además de registrar su diámetro máximo y mínimo, se registró el número de semillas que contenía, así como el peso y diámetro de las mismas. Posteriormente, esas semillas fueron utilizadas en experimentos de germinación. Las semillas, al igual que los frutos, fueron almacenadas individualmente a fin de poder identificar en todo momento la planta madre y el fruto de origen de las mismas. Las características biométricas de frutos y semillas fueron tomadas mediante un calibrador digital “STAINLESS HARDENED™” (con una precisión de  $\pm 0,01$  mm; Fig. 3) y mediante una balanza electrónica “Cassio Plus METTLER TOLEDO™” (con precisión de  $\pm 0,01$  mg).

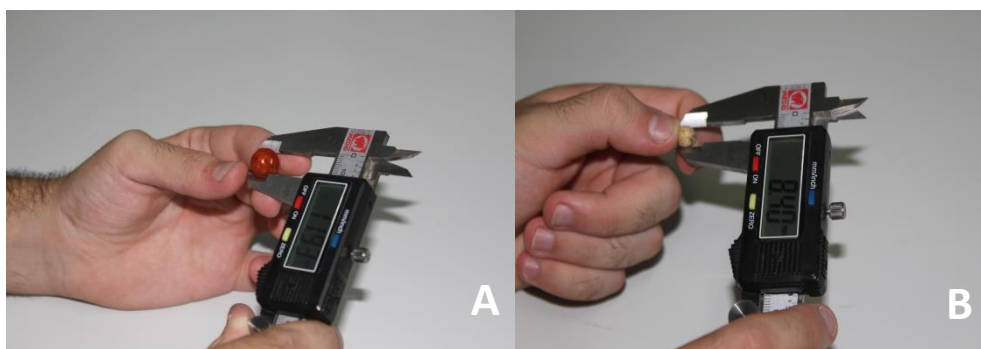


Figura 3. Medición del diámetro del fruto (A) y de la semilla (B).

Una vez que las semillas de cada fruto fueron caracterizadas, se sometieron a un experimento de germinación en invernadero. Para este experimento se utilizaron bandejas multipocillos, en las que cada semilla era sembrada individualmente a una profundidad de 1-2 cm, con un sustrato consistente en una mezcla de arcilla, humus y picón pulverizado, extraída de la propia zona de estudio. El experimento de germinación se realizó entre los días 4 de octubre de 2017 y 26 de marzo de 2018, coincidiendo con el período de lluvias habitual en Canarias. Las bandejas fueron regadas cada tres días, mientras que cada cinco días se revisó la germinación de plántulas (anotando la fecha en que emergía un nuevo individuo) y se procedía a tomar medidas de altura (desde la base hasta el ápice del tallo) y grosor (a una altura aproximada de un tercio desde la base del tallo) de las plántulas previamente emergidas. Una vez se terminó el experimento, se seleccionaron las medidas finales e iniciales registradas de cada plántula. Posteriormente, se calculó la tasa de crecimiento como la diferencia entre la medida final e inicial dividida por el número de días transcurridos entre ambas medidas.

### **Efecto de las aves sobre el tipo de interacción con los frutos del drago.**

Para esta parte del estudio se realizaron censos de visitantes frugívoros a las plantas de *D. draco*. En la ya mencionada arboleda de dragos del área de estudio, solo fructificaron 6 individuos. Por lo tanto, fueron éstos en los que se realizaron los censos de frugivoría. Los censos fueron realizados entre las 8:00 y las 10:00 de la mañana, de tres a cinco veces por semana desde principios de octubre de 2017 hasta principios de marzo de 2018, momento en que se había agotado la cosecha de frutos. El censo sobre cada planta individual tenía una duración aproximada de 15 minutos, tras el cual se procedía a un nuevo censo en una nueva planta. En total, fueron acumuladas 67 horas de observación.

Los censos fueron realizados con prismáticos a una distancia prudencial de unos 20 metros para no interferir en la actividad normal de las aves en las inmediaciones de los dragos. En cada censo, se registró el tiempo transcurrido y el número de frutos que la planta focal tenía disponibles para ser consumidos. Además, fueron anotadas todas las visitas efectuadas por las diversas especies de aves frugívoras, así como el tipo de interacción con los frutos. En cuanto al tipo de aves que interactuaron con los frutos, se establecieron dos categorías: '*Turdus merula*' (paseriforme de tamaño mediano que puede ingerir frutos de *D. draco* enteros, independientemente del tamaño de éstos) y

‘pequeños paseriformes’ (en la que se incluyen a todas las especies de aves cuyo ancho de comisuras les impide tragar frutos de 10 mm o mayores). Por otra parte, cada interacción se categorizó como ‘legítima’ o ‘ilegítima’. Como interacción de dispersión legítima se consideró el hecho de que el animal tragase el fruto entero o lo transportase lejos de la planta madre para posteriormente consumir su pulpa. Por su parte, se consideró como interacción ilegítima a toda aquella en la que el animal picoteaba el fruto para consumir la pulpa en la misma planta madre, sin favorecer en modo alguno su dispersión.

Además, en cada censo y para cada tipo de frugívoro (*T. merula* o pequeños paseriformes), se registró la frecuencia estandarizada de interacción como el número de veces que se producía una interacción (independientemente del tipo de ésta) dividido por el producto del número de frutos disponibles y los minutos de duración del censo. Esta medida permitió homogeneizar los datos, ya que la probabilidad de observar una interacción sería mayor en aquellas plantas observadas durante más tiempo o que tuviesen una mayor cantidad de frutos disponibles.

Debido a que el número de dragos disponibles en el área de estudio resultó bajo ( $n= 6$ ), para estimar la frecuencia relativa de interacciones legítimas e ilegítimas se usaron datos obtenidos “fuera de censo”, tanto en el área de estudio como en observaciones independientes sobre otras plantas de drago en otros lugares de Canarias.

### **Efecto de la eliminación de la pulpa alrededor de la semilla.**

Como se ha comentado en el apartado de ‘Objetivos e hipótesis’, los animales consumidores de pulpa pueden suponer un beneficio para la planta cuando se llevan los frutos y consumen la pulpa lejos de la planta madre, produciendo así una dispersión de la semilla sin tratamiento digestivo de la misma. Para determinar si el hecho de eliminar la pulpa puede suponer una ventaja para la semilla, se realizó otro experimento de germinación en invernadero con la misma metodología y condiciones que el experimento mencionado anteriormente. En este caso, se usaron dos tipos de tratamientos: uno ‘con pulpa’ ( $n=125$ , con una media de 12-13 frutos por planta madre), en el que se sembraron directamente los frutos de *D. draco*, y otro ‘sin pulpa’ ( $n=371$ , con una media de 34 frutos por planta madre) en el que se sembraron semillas a las que la pulpa se le retiró manualmente. El riego de las bandejas y la revisión de plántulas emergidas se realizó igual que en el experimento anteriormente mencionado, con la

salvedad de que, en este caso, no fue necesario medir el crecimiento de las plántulas, sino el porcentaje y velocidad de germinación.

### **Análisis estadístico**

Para la totalidad de análisis estadísticos realizados se usó el programa R; y los detalles de cada análisis se muestran a continuación.

### **Efecto de las características del fruto sobre la semilla y su potencial de germinación.**

Para probar si el tipo de fruto (grande o pequeño) influía sobre el número de semillas, así como sobre el diámetro máximo y el peso de éstas, se realizaron Modelos Lineales Generalizados Mixtos (GLMM). En dichos modelos se estableció la planta madre de origen como variable independiente con efectos aleatorios y el tipo de fruto como una variable independiente de efectos fijos. Cuando la variable respuesta fue el número de semillas por fruto, el GLMM fue ajustado con una distribución Poisson de los errores, mientras que, para el diámetro y peso de las semillas, los GLMMs fueron ajustados con una distribución normal de los errores.

Para evaluar si el tipo de fruto (grande o pequeño) tenía efecto sobre el potencial de germinación de las semillas que contenía, se procedió a realizar un GLMM en el que la variable respuesta fue la presencia o ausencia de germinación. Por lo tanto, el modelo fue ajustado con una distribución binomial de los errores, el tipo de frutos constituyó la variable independiente de efectos fijos y la planta madre fue la variable de efectos aleatorios.

Para determinar si las características biométricas de la semilla (diámetro máximo y peso) influían sobre la tasa de crecimiento de la plántula, tanto en altura como en grosor, se realizaron sendas regresiones lineales múltiples, donde las dos variables independientes fueron el diámetro máximo y el peso de la semilla.

### **Efecto de las aves sobre el tipo de interacción con los frutos del drago.**

Para determinar si existía diferencia en las frecuencias de visita entre *Turdus merula* y los pequeños paseriformes, se realizó un GLMM con distribución normal de los errores, en el que el tipo de dispersor se estableció como variable independiente de efectos fijos, la planta focal de cada censo fue considerada como variable independiente de efectos aleatorios y la tasa de visitas estandarizada fue la variable respuesta. Por otro lado, para

determinar si *T. merula* y los pequeños paseriformes diferían en cuanto al tipo de interacción (legítima o ilegítima) se realizó un test de la *G* (también conocido como test de Razón de Verosimilitudes).

### **Efecto de la eliminación de la pulpa alrededor de la semilla.**

Para comprobar si la pulpa del fruto disminuía el porcentaje de germinación de las semillas, se efectuó un GLMM con distribución de errores binomial en el que la presencia/ausencia de pulpa fue la variable independiente de efectos fijos, la planta madre de origen se estableció como variable de efectos aleatorios y en el que la presencia/ausencia de germinación constituyó la variable respuesta. Finalmente, para ver si las velocidades de germinación diferían significativamente entre semillas sembradas con pulpa y semillas sembradas sin pulpa, se utilizó un test de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras.

## **Resultados.**

### **Efecto de las características del fruto sobre las semillas y su potencial de germinación.**

Se observó que los frutos grandes y pequeños no diferían significativamente en cuanto al número de semillas que contenían ( $\chi^2=1,034$ ; *g.l.*=1; *p*= 0,309; Fig. 4). Sin embargo, el tipo de fruto influyó significativamente en el diámetro máximo de las semillas que contenían ( $\chi^2= 107,69$ ; *g.l.*= 1; *p*< 0,001; Fig. 5), y en el peso de las mismas ( $\chi^2= 16,21$ ; *g.l.*= 1; *p*< 0,001; Fig. 6), de forma que los frutos grandes tendían a producir semillas más grandes y pesadas que los frutos pequeños.



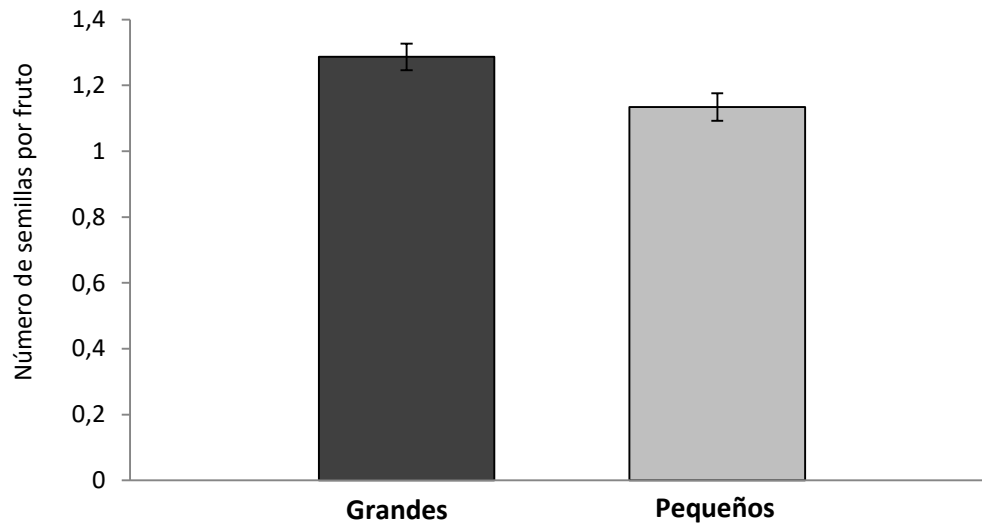


Figura 4. Comparativa del número de semillas (media  $\pm$  Error Típico) contenidas en frutos grandes (gris oscuro) y frutos pequeños (gris claro).

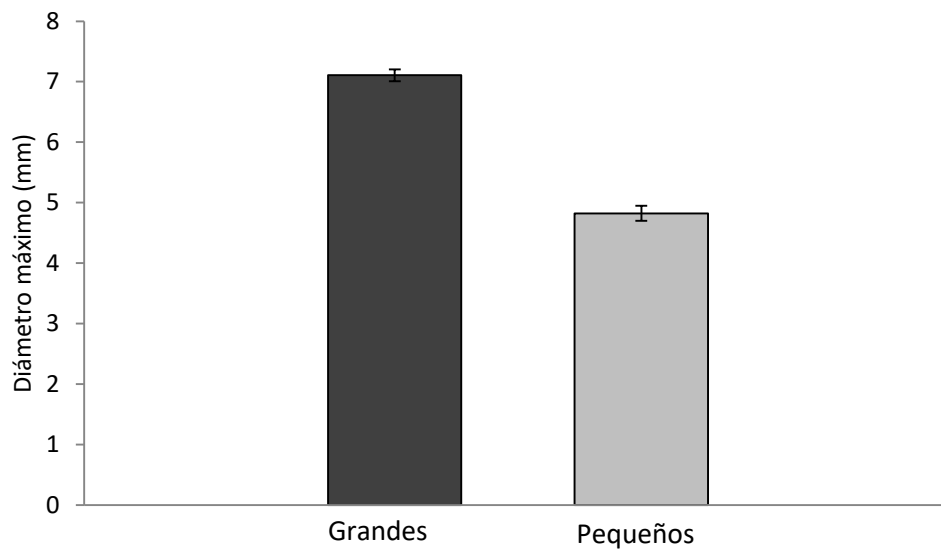


Figura 5. Comparación del diámetro máximo (media  $\pm$  ET) de las semillas contenidas en frutos grandes (gris oscuro) y en frutos pequeños (gris claro).

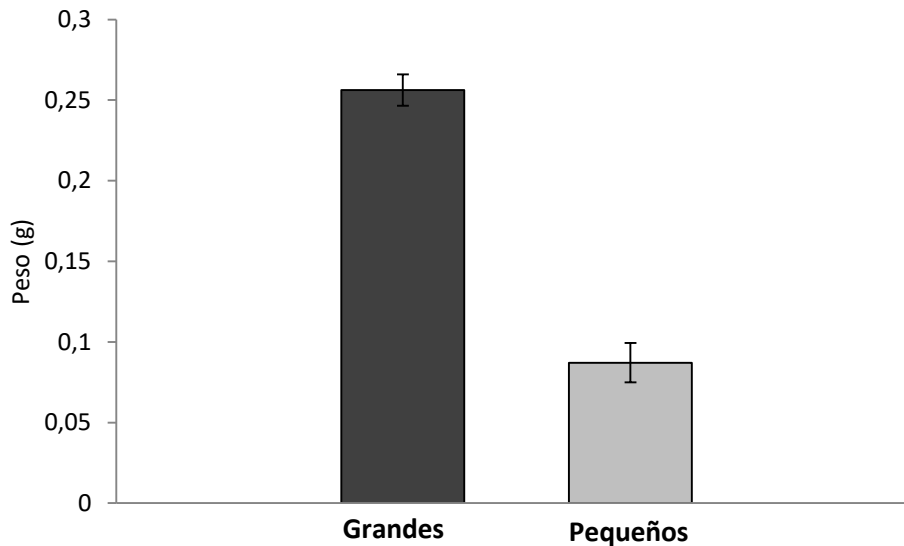


Figura 6. Comparación del peso (media  $\pm$  ET) de las semillas contenidas en frutos grandes (gris oscuro) y en frutos pequeños (gris claro).

En cuanto al efecto del tipo de fruto sobre el potencial de germinación, se observó que de las 143 semillas procedentes de frutos grandes germinó el 32,94%, mientras que de las 67 semillas procedentes de frutos pequeños solo germinó el 0,75%, siendo esa diferencia significativa ( $\chi^2 = 50,46$ ;  $g.l = 1$ ;  $p < 0,001$ ; Fig. 7).

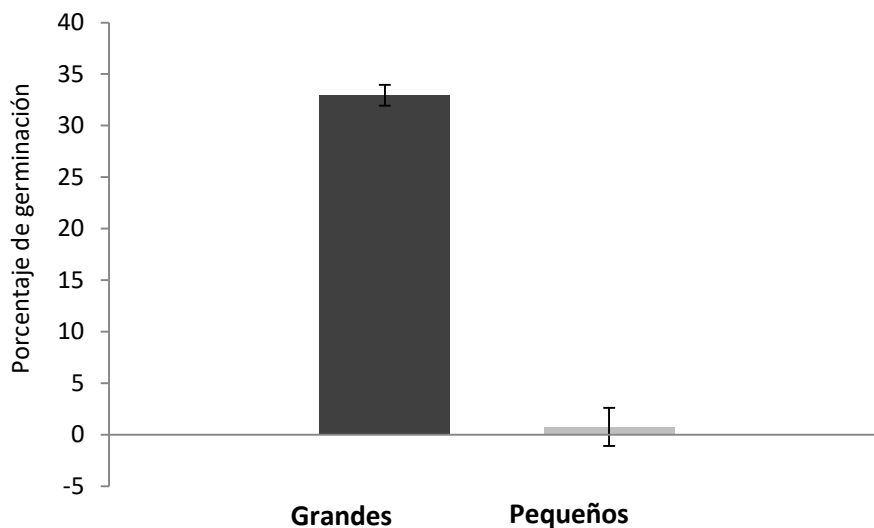


Figura 7. Porcentaje de germinación de semillas (media  $\pm$  ET) procedentes de frutos grandes (gris oscuro) y de frutos pequeños (gris claro).

En lo que se refiere a la tasa de crecimiento de las plántulas, se observó que el crecimiento en altura fue de  $0,711 \pm 0,024$  mm/día (media  $\pm$  ET), mientras que el crecimiento en grosor fue de  $0,042 \pm 0,001$  mm/día. Empezando por la influencia del diámetro y del peso de las semillas sobre el crecimiento en grosor, se observó que ambas variables tuvieron una influencia positiva y significativa, aunque el peso de las semillas ( $F= 2,908$ ;  $g.l.= 1$ ;  $p < 0,01$ ; Fig. 8) resultó más influyente que el diámetro máximo de las mismas ( $F= 2,101$ ;  $g.l.= 1$ ;  $p < 0,05$ ; Fig. 9). De forma similar, la altura de las plántulas se vio afectada positiva y significativamente, tanto por el peso de las semillas ( $F= 5,225$ ;  $g.l.= 1$ ;  $p < 0,05$ ; Fig. 10) como por el diámetro máximo de las mismas ( $F= 4,416$ ;  $g.l.= 1$ ;  $p < 0,05$ ; Fig. 11).

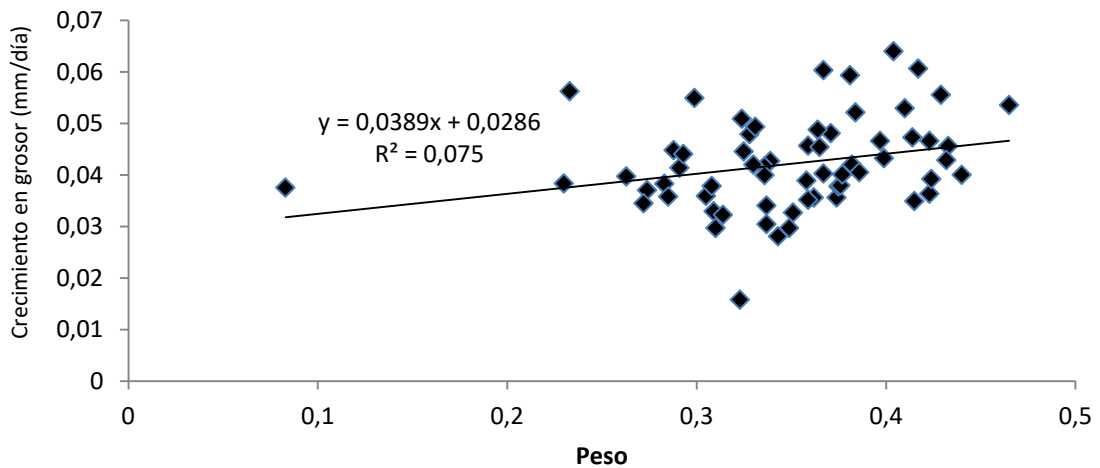


Figura 8. Relación entre la tasa de crecimiento en grosor de las plántulas y el peso de las semillas. Se muestran la ecuación y ajuste ( $R^2$ ) del modelo.

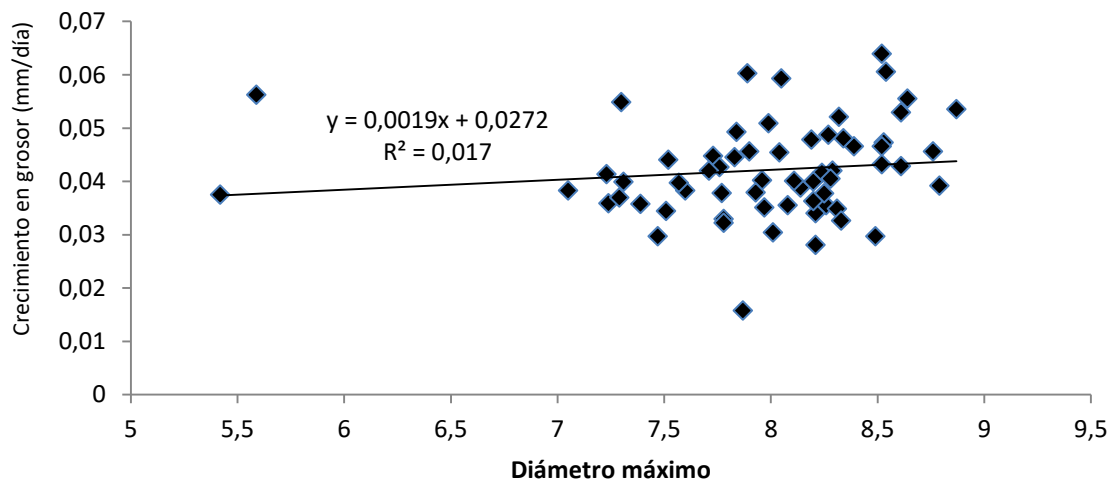


Figura 9. Relación entre la tasa de crecimiento en grosor de las plántulas y el diámetro máximo de las semillas. Se muestran la ecuación y ajuste ( $R^2$ ) del modelo.

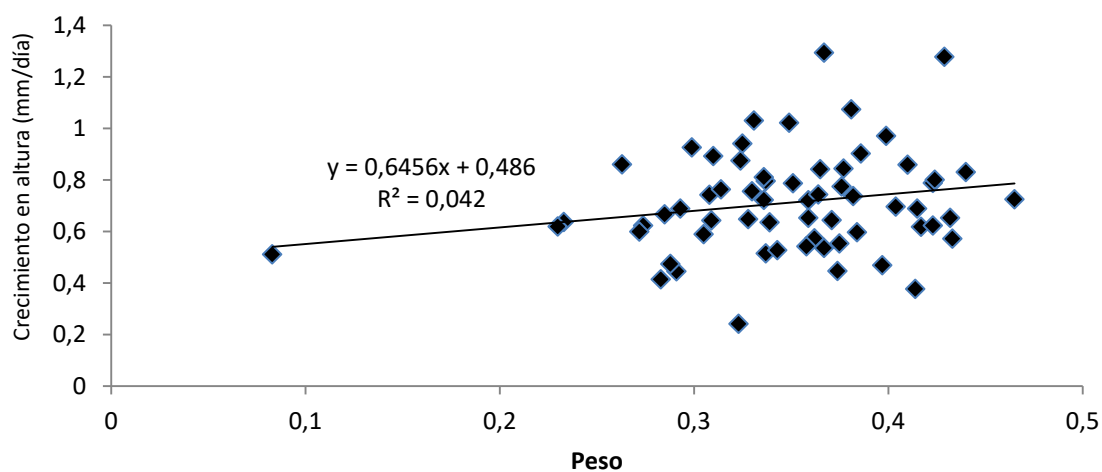


Figura 10. Relación entre la tasa de crecimiento en altura de las plántulas y el peso de las semillas. Se muestran la ecuación y ajuste ( $R^2$ ) del modelo.

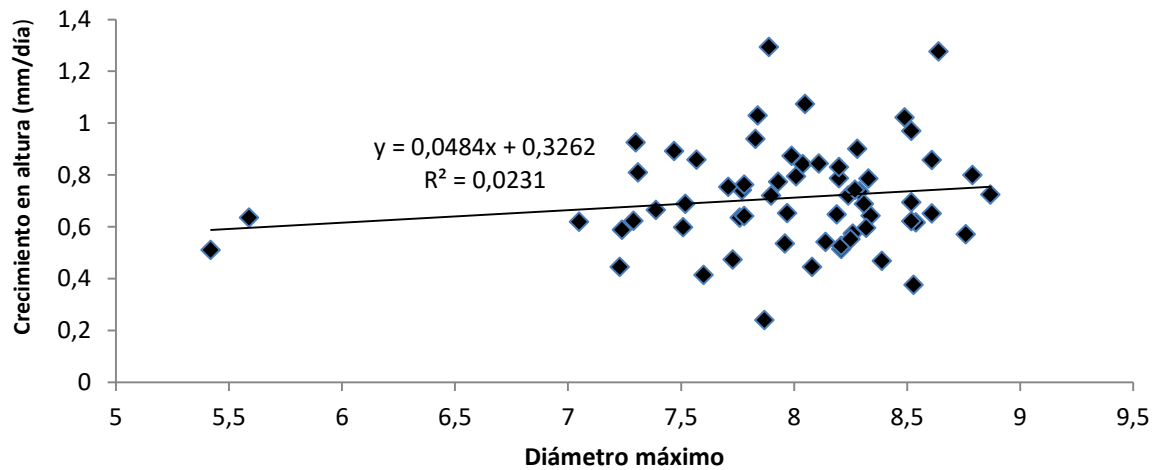


Figura 11. Relación entre la tasa de crecimiento en altura de las plántulas y el diámetro máximo de las semillas. Se muestran la ecuación y ajuste ( $R^2$ ) del modelo.

### **Efecto de las aves sobre el tipo de interacción con los frutos del drago.**

Durante los censos, en los que se avistaron 159 interacciones de frugivoría, la mayoría de las interacciones correspondieron con *Turdus merula* (64,15%), y el resto se repartieron entre *Sylvia atricapilla* (24,52%), *Sylvia melanocephala* (4,4%), *Sylvia conspicillata* (3,14%) y *Cyanistes teneriffae* (3,77%), por lo que los passeriformes pequeños representaron un 35,85% de todas las interacciones observadas. No obstante, al considerar las frecuencias de interacción estandarizadas por el número de frutos y la duración de los censos, se observó que no hubo diferencias significativas entre pequeños passeriformes y *T. merula* en lo que respecta a las frecuencias de interacción ( $\chi^2 = 3,123$ ;  $g.l. = 1$ ;  $p = 0,077$ ; Fig. 12).

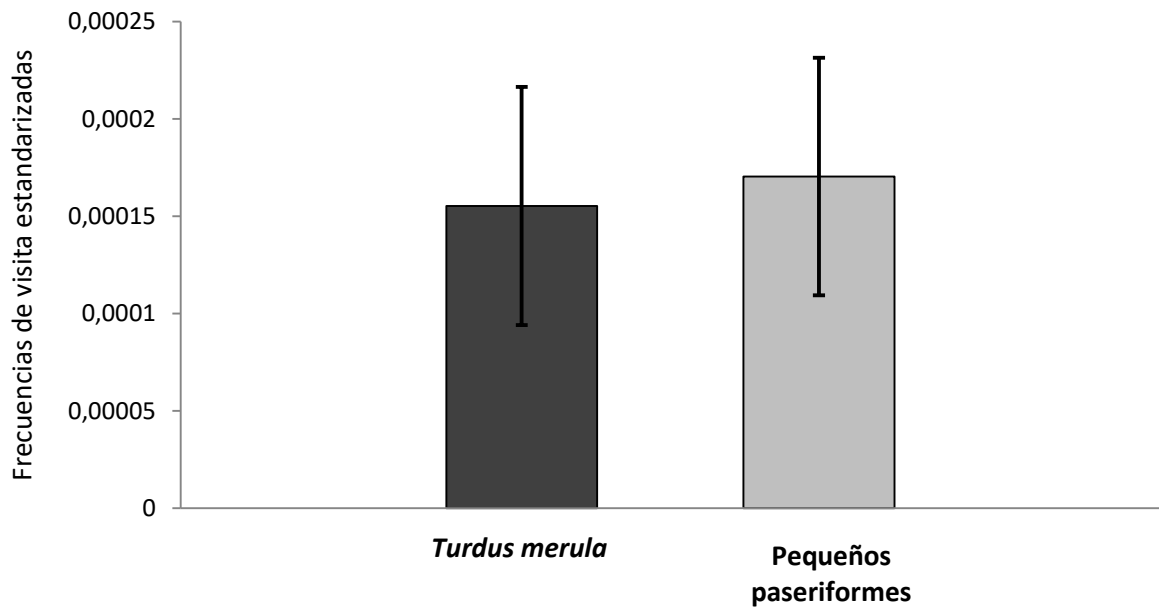


Figura 12. Frecuencias de interacción estandarizadas (media  $\pm$  ET) registradas para *Turdus merula* (gris oscuro) y pequeños passeriformes (gris claro).

En cuanto al tipo de interacción, se observó que la mayoría de las interacciones legítimas fueron efectuadas por *Turdus merula* (97,97%), mientras que la mayoría de las interacciones ilegítimas (97,98%) fueron realizadas por pequeños passeriformes, siendo este patrón estadísticamente significativo ( $G= 6,1893$ ;  $g.l.= 1$ ;  $p < 0,001$ ; Fig. 13).

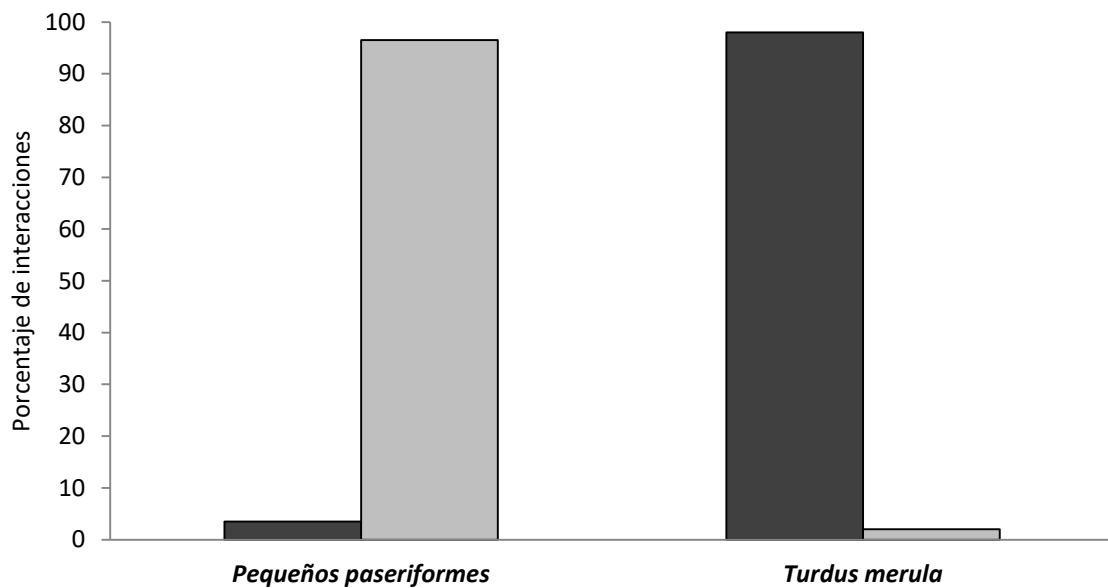


Figura 13. Porcentaje de interacciones legítimas (gris oscuro) e ilegítimas (gris claro) registradas para los distintos tipos de frugívoros.

### Efecto de la eliminación de la pulpa alrededor de la semilla.

De las 371 semillas que se sembraron sin pulpa germinó el 42,14 %, mientras que de las 125 semillas que fueron sembradas con pulpa germinó el 19,18%; siendo esta diferencia estadísticamente significativa ( $\chi^2= 22,148$ ; *g.l.*= 1;  $p < 0,001$ ; Fig. 14). Finalmente, las semillas sembradas sin pulpa germinaron significativamente más rápido que las semillas sembradas con pulpa ( $Z= 0,85294$ ;  $p < 0,001$ ; Fig. 15).

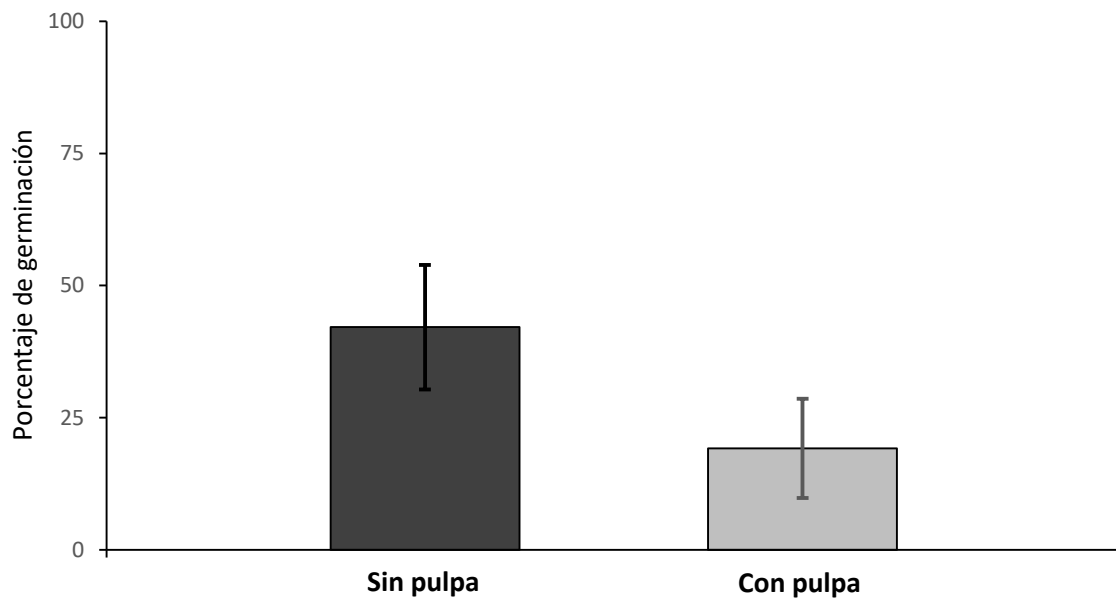


Figura 14. Porcentaje de germinación (media  $\pm$  ET) de las semillas sembradas sin pulpa (gris oscuro) y con pulpa (gris claro).

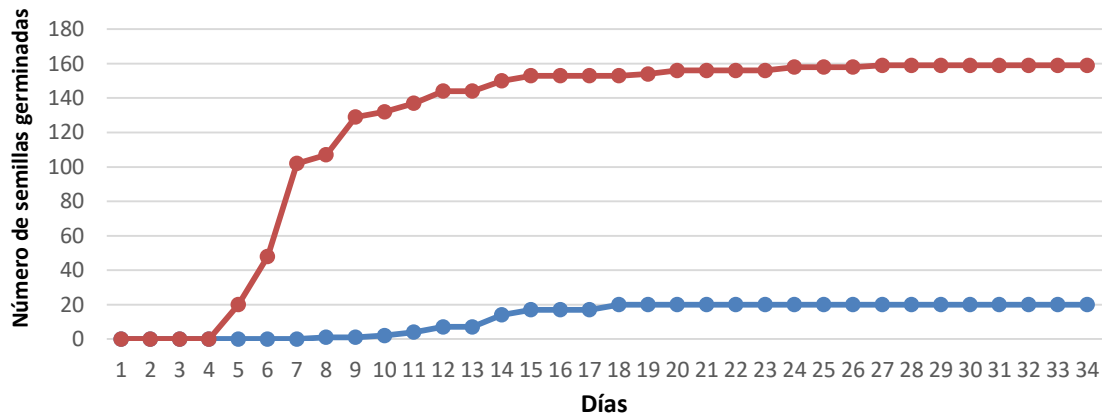


Figura 15. Frecuencia acumulada de plántulas emergidas a lo largo de los días de experimentación (eje X) para las semillas sembradas sin pulpa (línea roja) y las sembradas con pulpa (línea azul).

## Discusión.

En este trabajo se ha indagado sobre diversos factores que podrían estar limitando el reclutamiento de *D. draco* en la naturaleza. Acorde con los resultados obtenidos, es posible que el estado actual del sistema de dispersión de semillas con que cuenta la planta pueda ayudar a entender, al menos parcialmente, su estado de conservación. No obstante, no es descartable que otros factores adicionales, no considerados en este estudio, puedan estar influyendo en la situación de vulnerabilidad de esta planta.

Los resultados mostraron que las semillas más pesadas y grandes dieron lugar a plántulas que crecieron más rápidamente –más vigorosas– (Figs. 8-11). Aunque esa relación fue muy débil (como así lo atestiguan los bajos valores de  $R^2$  de los modelos), lo cierto es que fue significativa. Esa debilidad de los modelos puede deberse a que pudieron existir una serie de factores no controlados que afectaron también al crecimiento de las plántulas, como puede ser que el agua de riego no llegase por igual –aunque se intentase– a todos los pocillos de germinación. En cualquier caso, el patrón observado tiene especiales implicaciones para las plantas en lugares donde el déficit hídrico puede ser considerable, como suele ocurrir en zonas del bosque termoesclerófilo, ya que las plántulas deben adquirir vigor suficiente antes de afrontar la época más calurosa y seca (Traveset y Verdú, 2002).

Por otro lado, las semillas contenidas en los frutos categorizados como grandes, fueron más grandes y pesadas que las semillas de frutos pequeños, además de tener una



mayor proporción de germinación. De hecho, la mayoría de las semillas de frutos pequeños tenían antes de su siembra un aspecto gelatinoso que hacía pensar que realmente eran abortos, más que semillas totalmente desarrolladas; hecho que quedó constatado con los experimentos de germinación. En un principio, se podría pensar que las semillas de frutos pequeños correspondían, en realidad, a frutos colectados antes de que éstos completasen su maduración. Sin embargo, todos los frutos estaban totalmente maduros y listos para su consumo en el momento de su recolección, como así lo atestiguó el hecho de que ya habían adquirido la coloración propia de la madurez y que algunas aves fueron registradas consumiendo dichos frutos.

La incógnita que surge es la de por qué unas plantas madres tienden a producir frutos grandes con semillas viables, mientras otras producen frutos pequeños y con semillas inviables. Para explicar este fenómeno, son posibles, al menos, dos razones complementarias y no excluyentes. Por un lado, existe la posibilidad de que las poblaciones de *D. draco* en Canarias hayan experimentado un cuello de botella genético; lo cual podría haber llevado a una pérdida de diversidad genética y, en consecuencia, podría dar lugar a plantas infértiles o de escasa capacidad reproductora (Frankham, Ballou y Briscoe, 2002). Por otra parte, es posible que la situación de los dragos, casi restringida a zonas públicas ajardinadas, haya dado lugar a un mayor aislamiento genético o incluso, a un déficit de polinizadores. Esto, además de explicar el patrón observado entre plantas madres, puede ayudar a entender el porcentaje relativamente bajo de germinación observado en el experimento con semillas sembradas sin pulpa –42,14%–, aquel en el que se obtuvieron los mejores resultados.

Por otra parte, en lo que respecta a frugivoría, se observó que el tamaño de las aves determinó en gran medida el tipo de interacción. El hecho de que las aves de mayor tamaño son capaces de ingerir los frutos enteros y dar lugar a una dispersión legítima de las semillas ha sido observado tanto en el bosque termoesclerófilo (González-Castro, 2013) como en otros ecosistemas a nivel mundial (p. ej. Wheelwright, 1985; Herrera, 1995; Jordano y Schupp, 2000). En el caso del drago, el mirlo *T. merula* fue la especie que tuvo una mayor frecuencia de interacciones legítimas (casi el 100%). Entre los pequeños passeriformes, la única especie que ha sido registrada interactuando legítimamente con frutos de drago es la curruca capirotada *S. atricapilla* (aproximadamente un 5% de sus interacciones). Esta última especie ha sido registrada ingiriendo frutos enteros de drago sólo en dos ocasiones (A. González, com. pers.). El

resto de sus interacciones legítimas consisten en el transporte de frutos a cierta distancia de la planta madre para posteriormente consumir la pulpa de los mismos.

Si se ensamblan todas las piezas del sistema de dispersión de semillas del drago, se puede concluir que el mirlo es el passeriforme que más frecuentemente interactúa con los frutos de esta planta de una forma legítima, ya que puede ingerir enteros todos los frutos y dispersar sus semillas; incluyendo a los frutos grandes –los únicos que producen semillas viables y capaces de germinar–. Además, los resultados apuntan a que cuanto mayor sea el fruto, mayor será la semilla dispersada y, por lo tanto, mayor será su probabilidad de germinación, así como el vigor de la plántula que dicha semilla genere.

Por el contrario, las únicas veces que la curruca capirotada –el mayor de los pequeños passeriformes– ingiera frutos de drago enteros, estaríamos hablando, muy posiblemente, de dispersión “basura”, ya que lo más probable es que se trate de frutos pequeños (diámetro <10 mm) cuyas semillas serán inviables. No obstante, los experimentos de germinación de semillas con pulpa y sin pulpa sugieren que la curruca capirotada podría dispersar legítimamente semillas grandes de drago en las pocas ocasiones que sea capaz de manipular frutos grandes para llevarlos a cierta distancia de la planta madre. En este caso, brindará a la planta el doble beneficio de eliminar la pulpa alrededor de la semilla, evitando la inhibición de la germinación (Gautier-Hion *et al.*, 1985; Robertson *et al.*, 2006), así como alejar a la semilla de la planta madre, donde las probabilidades de morir son mayores (Janzen, 1970).

Actualmente, el drago cuenta con otros dispersores como son los lacértidos del género *Gallotia*, incluyendo tanto a especies de gran tamaño (González-Castro, 2013) como las de pequeño tamaño (Valido, 1999). No obstante, estas interacciones parecen ser muy poco frecuentes. Por ejemplo, en el área de estudio sólo se encontró una semilla de drago en un único excremento de *G. galloti*, de entre los más de 190 excrementos inspeccionados. En el pasado, es posible que la planta contase con otros agentes dispersantes de mayor tamaño, como podrían ser los lagartos gigantes que actualmente se encuentran al borde de la extinción (Valido, 1999), o aves de gran tamaño, como el cuervo *Corvus corax* Linnaeus, 1758 (Nogales, Hernández y Valdés, 1999) o la paloma rabiche *C. junoniae* (Romero Rodríguez, 2014), que podrían consumir legítimamente los frutos más grandes del drago y dispersar sus semillas. De hecho, Romero Rodríguez

(2014) demostró, con ejemplares de paloma rabiche en cautividad, que esta ave puede ingerir frutos de drago y regurgitar sus semillas en un estado óptimo para la germinación. Actualmente, tanto la regresión de la propia planta, como de estos animales frugívoros, podría haber causado la extinción virtual de estas interacciones mutualistas.

Por tanto, los datos de este estudio sugieren que actualmente el sistema de dispersión de semillas de *D. draco* podría ser un sistema subóptimo si se compara con lo que pudo haber sido en el pasado. En cualquier caso, es posible que éste no sea el único problema de conservación al que actualmente se enfrenta el drago (herbivoría, pérdida de diversidad genética, falta de polinizadores, etc.).

## **Conclusiones.**

- El crecimiento y vigor de las plántulas de *Dracaena draco* depende de características de las semillas, tales como su peso o tamaño.
- Los frutos de mayor tamaño –aquellos que solo pueden ser ingeridos enteros por frugívoros medianos o grandes– son los únicos que producen semillas viables y capaces de garantizar la germinación y cierto vigor a las plántulas de *Dracaena draco*.
- Entre los passeriformes, *Turdus merula* –de mediano tamaño– es el único que interactúa de forma legítima con las semillas de *Dracaena draco* en casi la totalidad de las ocasiones, mientras que la mayoría de las interacciones por parte de los pequeños passeriformes son de carácter ilegítimo.
- Las semillas sin pulpa germinan en mayor proporción y más rápidamente que las semillas con pulpa. Por lo tanto, el efecto beneficioso de *Sylvia atricapilla* para *Dracaena draco* se limita a la eliminación de la pulpa de alrededor de las semillas cuando esta ave transporta frutos a cierta distancia de la planta madre para consumir posteriormente la pulpa.
- Actualmente, el sistema de dispersión de semillas de *Dracaena draco* parece ser subóptimo. Sería deseable profundizar en el conocimiento sobre cómo los agentes dispersantes –potenciales y actuales– pueden afectar al potencial de germinación de sus semillas.

- Además, sería muy pertinente la realización de estudios encaminados a dilucidar los efectos de la herbivoría y la posible falta de diversidad genética sobre la regeneración natural de la especie, además de comprender mejor su sistema de polinización.

## **Conclusions.**

- The growth and vigor of dragon tree seedlings depends on seeds traits, such as their weight and size.
- The large fruits –those that just can be ingested entirely by medium- and large-sized frugivores- are the only ones that produce viable seeds and capable of guaranteeing the germination and some vigor in *Dracaena draco* seedlings.
- Between the passerines, *Turdus merula* –medium size- is the only one which interacts legitimately with *Dracaena draco* seeds in almost all interactions, while the most of interactions by little passerines are illegitimate.
- Seeds without pulp germinate in higher proportion and more quickly than the seeds with pulp. Therefore, the beneficial effect of *Sylvia atricapilla* for *Dracaena draco* is limited to eliminate the pulp around the seed when this bird transport fruits to some distant from the parent tree for eating the pulp later.
- Currently, the seed dispersal system of *Dracaena draco* seems to be suboptimal. It would be desirable to deepen in the knowledge about how dispersal agents – potential and current– can affect the germination potential of its seeds.
- Also, it would be relevant conducting studies directed to elucidate the herbivory effect and the possible lack of genetic diversity over natural regeneration of the species, in addition to its pollination system.

## Bibliografía.

- **Águedo, M., Almeida Pérez, R. y González Martín, M.** 1998. A new species of the wild dragon tree, *Dracaena* (Dracaenaceae) from Gran Canaria and its taxonomic and biogeographic implications. *Botanical Journal of the Linnean Society*. **128**: 291-314.
- **Almeida Pérez, R.** 2003. Sobre la presencia de *Dracaena draco* L. en Gran Canaria (Islas Canarias): aportación corológica, estado actual y significación biogeográfica. *Bot. Macaronésica* **24**: 17-38.
- **Del Arco Aguilar, M.J., Wildpret de la Torre, W. Pérez de Paz, P.L., Rodríguez Delgado, O., Acebes Ginovés, J.R. et al.** 2006. Mapa de Vegetación de Canarias. GRAFCAN. Santa Cruz de Tenerife.
- **Dennis, A.J., Schupp, E.W., Green, R.A., y Westcott, D.A.** 2007. Seed dispersal: theory and its application in a changing world. CABI Head Office. Oxfordshire.
- **Fernández-Palacios, J.M., Otto, R., Domingo Delgado, J., Ramón Arévalo, J., Naranjo, A., et al.** 2008. Los Bosques Termófilos de Canarias. Proyecto LIFE04/NAT/ES/000064. Excmo. Cabildo Insular de Tenerife. S/C de Tenerife.
- **Frankham, R., Ballou, J. D. y Briscoe, D. A.** 2002. Introduction to Conservation Genetics Cambridge University Press. Cambridge.
- **Gautier-Hion, A., Duplantier, J.M., Quris, R., Feer, F., Sourd, C., et al.** 1985. Fruit characters as a basis of fruit choice and seed dispersal in a tropical forest vertebrate community. *Oecología (Berlín)*. **65**: 324-337.
- **González-Castro, A.** 2013. Estructura y funcionamiento de sistemas de dispersión de semillas en un ecosistema Mediterráneo en condiciones de insularidad: el bosque termófilo de Canarias. Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna.
- **Gupta, D., Bleakey, B. y Gupta, R.K.** 2007. Dragon's blood: Botany, chemistry and therapeutic uses. *Journal of Ethnopharmacology*. **115**: 361-380.
- **Herrera, C.M.** 1995. Plant-Vertebrate seed dispersal systems in the Mediterranean: Ecological, Evolutionary, and Historical Determinants. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **26**: 705-727.
- **Janzen, D.H.** 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *The American Naturalist*. **104**: 501-528.
- **Jordano, P.** 2000. Fruits and frugivory. *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. 2<sup>nd</sup> edition: 125-166.
- **Jordano, P. y Schupp, E.W.** 2000. Seed disperser effectiveness: the quantity component and patterns of seed rain for *Prunus mahaleb*. *Ecological Monographs*. **70**: 591-615.
- **Manonmani, V. y Vanangamudi, K.** 2001. Influence of degree of fruit, maturity on seed germination, seedling vigour and storability of sandal (*Santalum album*). *Journal of Tropical Forest Science*. **13**: 415-422.
- **Nogales, M., Heleno, R., Traveset, A. y Vargas, P.** 2012. Evidence for overlooked mechanisms of long-distance seed dispersal to and between oceanic islands. *New Phytologist*. **194**: 313-317.
- **Nogales, M., Hernández, E.C. y Valdés, F.** 1999. Seed dispersal by common ravens *Corvus corax* among island habitats (Canarian Archipelago). *Écoscience*. **6**: 56-61.
- **Robertson, A.W., Trass, A., Ladley, J.J. y Kelly, D.** 2006. Assessing the benefits of frugivory for seed germination: the importance of deinhibition effect. *Functional Ecology* 2006. **20**: 58-66.
- **Romero Rodríguez, J.** 2014. Interacciones frugívoras de *Coumba junoniae* Hartert 1916 (Columbidae): experimentación en cautividad (Gran Canaria). Trabajo de Fin de Grado (TFG). Universidad de La Laguna.
- **Traveset, A. y Verdú, M. A.** 2002. Meta-analysis of the Effect of Gut Treatment on Seed Germination. P. 339-350 *En: Levey, D.J., Silva, W.R. y Galetti, M., Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation*. CABI Publishing. Oxfordshire.
- **Valido, A.,** 1999. Ecología de la dispersión de semillas por lagartos endémicos canarios (g. *Gallotia*, Lacertidae). Tesis doctoral. Departamento de Biología Animal (Zoología). Universidad de La Laguna.
- **Wheelwright, N.T.** 1985. Fruit size, gape width, and the diets of fruit-eating birds. *Ecology*. **66**: 808-818.

