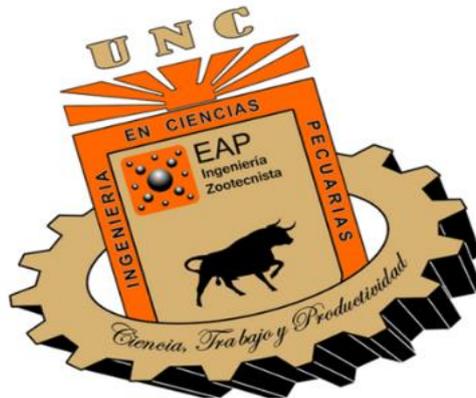




Organización de Estados Ibero-americanos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS PECUARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA ZOOTECNISTA



Tesis

**“CARACTERIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE *CRITHMUM MARITIMUM*
L. EN DIFERENTES ECOSISTEMAS COSTEROS PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE SU CULTIVO.”**

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO ZOOTECNISTA

Presentado por la Bachiller:

JEINE ROEL BUSTAMANTE FUSTAMANTE

ASESOR

DR. JUAN MANUEL MANCILLA LEYTÓN

CO - ASESOR

DR. JESÚS CAMBROLLÉ SILVA

Cajamarca-Perú 2021

Este trabajo de fin de carrera está dedicado a mis amados padres, Salvador Bustamante Díaz y Doraliza Fustamante Rodríguez, quienes, con su esfuerzo y sobre todo con su gran amor me apoyan siempre.

Espero nunca defraudarles y dar cada día lo mejor de mí, para que se sientan orgullosos de tener un hijo como yo, quiero que sepan el inmenso amor, admiración, respeto y consideración que les tengo.

Estas cortas líneas son pocas, para expresar lo que siento hacía de ellos. ¡Que el amor y armonía siempre esté presente, Dios mío!!!.

El presente Trabajo Fin de Grado ha sido desarrollado dentro del proyecto de investigación titulado “Evaluación del potencial del hinojo marino (*Crithmum maritimum* L.) como cultivo generador de múltiples productos de interés bajo diferentes condiciones ambientales (CRITHVAL)”, financiado por la Agencia Estatal de Investigación del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (Proyectos I+D+i Retos Investigación, convocatoria 2018), cuyo IP es el Dr. Jesús Cambrollé Silva (Departamento de Biología Vegetal y Ecología, Universidad de Sevilla).

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	1
1.- INTRODUCCIÓN.....	3
2.- MATERIAL Y MÉTODOS.....	6
2.1.- Especie de estudio	6
2.2.- Área de estudio	8
2.3.- Evaluación de las principales características de <i>Crithmum maritimum</i> en cada zona de estudio.....	9
2.4.- Análisis estadísticos.....	9
3.- RESULTADOS.....	10
3.1.- Producción de semillas	10
3.2.- Biometría, estado de maduración de las semillas y distancia al mar.....	12
4.- DISCUSIÓN	13
5.- CONCLUSIONES.....	16
6.- BIBLIOGRAFÍA.....	18

RESUMEN

En la actualidad, más del 20% de las tierras agrícolas irrigadas están afectadas, en mayor o menor medida, por la salinidad; según la Organización Mundial de la Salud cerca de 1,5 millones de hectáreas de suelos irrigados se pierden cada año por la salinidad. Una opción para poder aprovechar estas áreas salinas sería el uso de las plantas halófitas, las cuales son muy abundantes en todo el planeta y se especializan en vivir en suelos costeros desérticos con elevado contenido de sales. Entre las especies de halófitas potencialmente cultivables, destacan aquellas con potencial para múltiples utilidades, como *Crithmum maritimum*, comúnmente conocida como hinojo marino. Definir los rangos de tolerancia y conocer la variación del rendimiento de la planta en función de la variabilidad del medio en el que se desarrolle resultará clave para la implementación de su cultivo. Es por ello que el presente trabajo tiene como objetivo estudiar el rendimiento de *C. maritimum* en los diferentes tipos de hábitat en los que se desarrolla, mediante el análisis de variables biométricas y de producción en tres poblaciones seleccionadas a lo largo de la costa andaluza. Se han analizado un total de 3 poblaciones representativas de los principales tipos de hábitat en los que se desarrolla la especie de estudio: (i) playas de guijarros y arenales costeros con predominancia de elementos gruesos (Playa de los Muertos), (ii) acantilados y roquedos (Acantilados de Bolonia), y (iii) playas y arenales costeros con predominancia de arena fina (Playa de El Toyo). En cada población de estudio seleccionaron 5 individuos representativos para determinar distintas variables relacionadas con el rendimiento de la planta, las cuales son relativas a su crecimiento y capacidad reproductiva: distancia a la línea de pleamar, altura vegetativa, superficie ocupada, número de umbelas por individuo, número total de semillas por umbela y el porcentaje de semillas sana y depredadas. Los resultados obtenidos han evidenciado la capacidad de *C. maritimum* para desarrollarse en zonas pobres bajo condiciones ambientales hostiles. La influencia marina no parece determinar las variaciones en el rendimiento de esta especie. El hinojo marino posee elevados rendimientos productivos en cuanto al número de semillas y la cantidad de semillas no depredadas en los diferentes tipos de hábitat en los que se desarrolla. Los resultados obtenidos en el presente trabajo han de considerarse muy provisionales ya que forman parte de un proyecto de mayor envergadura (*CRITHVAL*) donde se están analizando múltiples variables bióticas y abióticas que esclarecerán el potencial de *C. maritimum* como cultivo bajo diferentes condiciones ambientales.

Palabras clave: *Crithmun maritimum*, plantas halófitas, salinidad y hábitats.

ABSTRACT

Currently, more than 20% of irrigated agricultural land is affected, to a greater or lesser extent, by salinity; according to the World Health Organisation, about 1.5 million hectares of irrigated land are lost every year due to salinity. One option to take advantage of these saline areas would be the use of halophyte plants, which are abundant throughout the world and specialise in living in coastal desert soils with high salt content. Among the potentially cultivable halophyte species, those with potential for multiple uses, such as *Crithmum maritimum*, commonly known as sea fennel, stand out. Defining the tolerance ranges and knowing the variation in the plant's yield depending on the variability of the environment in which it grows will be key to the implementation of its cultivation. For this reason, the present work aims to study the performance of *C. maritimum* in the different types of habitat in which it grows, by analysing biometric and production variables in three populations selected along the Andalusian coast. A total of 3 populations representative of the main habitat types in which the study species occurs were analysed: (i) pebble beaches and coastal sandbanks with a predominance of coarse elements (Playa de los Muertos), (ii) cliffs and crags (Acantilados de Bolonia), and (iii) beaches and coastal sandbanks with a predominance of fine sand (Playa de El Toyo). In each study population, 5 representative individuals were selected to determine different variables related to plant performance, which are related to growth and reproductive capacity: distance to the high tide line, vegetative height, occupied surface, number of umbels per individual, total number of seeds per umbel and the percentage of healthy and depredated seeds. The results obtained have shown the ability of *C. maritimum* to develop in poor areas under hostile environmental conditions. Marine influence does not seem to determine variations in the yield of this species. Sea fennel has high productive yields in terms of the number of seeds and the amount of seeds not depredated in the different types of habitat in which it grows. The results obtained in the present work have to be considered very tentative as they are part of a larger project (CRITHVAL) where multiple biotic and abiotic variables are being analysed to clarify the potential of *C. maritimum* as a crop under different environmental conditions.

Key words: *Crithmum maritimum*, halophytes, salinity and habitats.

1.- INTRODUCCIÓN

La necesidad de producir una mayor cantidad de alimentos es uno de los principales desafíos a los que se enfrenta el sector agrícola en los últimos años, debido al incremento sustancial de la población mundial. Según FAOSTAT (2018) se prevé un crecimiento de la población mundial actual de un 30% en los próximos 35 años, llegando a 9.200 millones de individuos en el año 2050. En este sentido, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que en el año 2030, será necesario aumentar la producción agrícola en un 60% para satisfacer la demanda prevista de alimentos (Barkla, Vera-Estrella, Balderas, y Omar, 2019). Al mismo tiempo, hay que destacar que una gran cantidad de productos agrícolas se destinan para la alimentación animal, un ejemplo de ello es la soja, la cual un 70 – 75 % de la producción mundial termina como alimento ya sea para pollos, cerdos y vacas, entre otros (Union of Concerned Scientists, 2016). Todo esto implica aumentar la producción de alimentos que cubra tanto las demandas que genera el crecimiento poblacional y adicionalmente el sector pecuario.

Lograr altas producciones agrícolas para satisfacer las demandas actuales y futuras, involucra alcanzar mayores rendimientos en pequeñas áreas. En tal sentido el suelo agrícola es uno de los factores más importantes a tomar en cuenta, ya que se encuentra sujeto a una constante degradación; por ello uno de los grandes retos para poder alcanzar esta demanda, es disminuir las áreas degradadas o adecuarlas a las nuevas condiciones limitantes (Barkla et al., 2019). En las zonas áridas y semiáridas uno de los principales problemas es la salinización. Según Cheeseman (2015), el 6% de la superficie terrestre está ocupada por tierras naturalmente salinas, que nunca han sido cultivadas. En la actualidad, más del 20% de las tierras agrícolas irrigadas están afectadas, en mayor o menor medida, por la salinidad; según la OMS cerca de 1,5 millones de hectáreas de suelos irrigados se pierden cada año por la salinidad (Barkla et al., 2019).

Estás pérdidas en la producción y, por tanto, en la economía agravan la situación de inseguridad alimentaria de numerosos países (Ismail y Horie, 2017). En tal sentido si queremos contribuir con la disminución de la demanda alimenticia, será necesario plantear la utilización de tierras que se caracterizan por presentar aguas y suelos con alto grado de salinidad; por lo tanto, resulta indispensable contar con especies de plantas cultivadas tolerantes a condiciones salinas (Carretero Montero, 2002). De todo ello surge el concepto de "agricultura salina", que se puede definir como el cultivo de plantas tolerantes a la sal en suelos salinos mediante la utilización de agua salada para el riego (ver Ladeiro, 2012; Nikalje et al., 2018), y que se plantea como posible alternativa para afrontar el incremento en la demanda alimenticia (Ventura et al., 2014; Nikalje et al., 2018).

Una opción para poder aprovechar estas áreas salinas sería el uso de las plantas halófitas, las cuales son muy abundantes en todo el planeta y se especializan en vivir en suelos costeros desérticos con elevado contenido de sales (Pérez Pérez y Cepeda Gómez, 2017). En los últimos años ha crecido el interés por las halófitas para su cultivo ya que presentan una tolerancia innata a la salinidad, especialmente aquellas que permiten conseguir mayor producción con interés comercial. Entre las especies de halófitas potencialmente cultivables, destacan aquellas con potencial para múltiples utilidades, como *Crithmum maritimum*, comúnmente conocida como hinojo marino. Se trata de una halófito perenne perteneciente a la familia *Apiaceae*, típica de ecosistemas costeros mediterráneos y del Mar Negro, así como por la costa atlántica de Portugal, el sur y suroeste de Inglaterra, Gales y el sur de Irlanda (Figura 1). Suele encontrarse en acantilados, playas de guijarros y zonas arenosas. Esta especie ha despertado el interés en la comunidad científica debido a su importancia medicinal y tolerancia a la salinidad. El hinojo marino tiene una larga historia de consumo humano por su calidad nutricional como vegetal fresco y por su potencial para generar múltiples productos de interés (Atia, Barhoumi, Mokded, Abdelly, y Smaoui, 2011; Renna, 2018). La hojas y tallos de *C.*

maritimum son ricos en minerales (con altos niveles de potasio, calcio, magnesio y hierro) (Nabet et al., 2017), además de vitamina C, carotenoides, flavonoides y un elevado número de compuestos bioactivos con actividad antioxidante, antimicrobiana e insecticida, y aplicaciones en medicina, industria farmacéutica y cosmética (Cunsolo et al., 1993; Pateira et al., 1999; Ruberto et al., 2000). Además, el 45% del peso seco de sus semillas oleaginosas presentan aceites potencialmente comestibles gracias a una composición de ácidos grasos de interés (Atia et al., 2010). Cabe destacar que la composición nutricional y los diferentes compuestos de interés generados por esta especie son altamente variables, tanto en composición como en cantidad, según las características del ecosistema donde se desarrollen (véase, p.ej., Pavela et al., 2017, y referencias contenidas en el mismo).



Figura 1.- Distribución de *Crithmum maritimum*. Fte. Botella, 2017.

Aunque el hinojo marino presenta un gran potencial, actualmente está infrautilizada a nivel comercial (Renna, 2018). Definir los rangos de tolerancia y conocer la variación del rendimiento de la planta en función de la variabilidad del medio en el que se desarrolle resultará clave para la implementación de su cultivo. El presente trabajo tiene como objetivo estudiar el rendimiento de *C. maritimum* en los diferentes tipos de hábitat en los que se desarrolla, mediante el análisis de variables biométricas y de producción en tres poblaciones seleccionadas a lo largo de la costa andaluza.

2.- MATERIAL Y MÉTODOS

2.1.- Especie de estudio

El hinojo marino (*Crithmum maritimum* L.) es una planta halófila perenne facultativa, perteneciente a la familia *Apiaceae* típica de ecosistemas costeros en países del Mediterráneo, del Atlántico y del Pacífico (Atia, Barhoumi, Mokded, Abdelly, et al., 2011; Houta, Akrou, Najja, Neffati, y Amri, 2015; Renna, 2018; Sarrou et al., 2019). Se trata de un arbusto pequeño que puede llegar a medir unos 50 centímetros aproximadamente, posee una raíz algo leñosa, un tallo carnoso, grueso, regio y asurcado, con numerosas ramas en las cuales se encuentran las hojas; estas son carnosas, estrechas con forma alargada y en su extremo poseen un ápice agudo en forma de espina; el sabor de sus hojas es parecido al del apio, en algunos lugares se le asocia con el sabor del espárrago; además posee numerosas flores de unos 2 mm de diámetro, las cuales se encuentran formando grupos con tonalidades poco vistosas de un color blanquecino o verde pálido (Guerrero, Torija, & Martínez, 2015; Málaga, n.d.). Su época de floración es al final del verano y los primeros meses de otoño; este proceso es indispensable para la propagación de esta planta a lo largo del litoral marino (Málaga, n.d.). Los frutos son de forma ovoide de un color amarillento- blanquecino, rico en lípidos aproximadamente en un 44% en

peso seco, de los cuales la mayor parte está compuesto de ácido oleico (78,6% del total de ácidos grasos) (Atia, Barhoumi, Mokded, & Abdelly, 2011) (Figura 2).

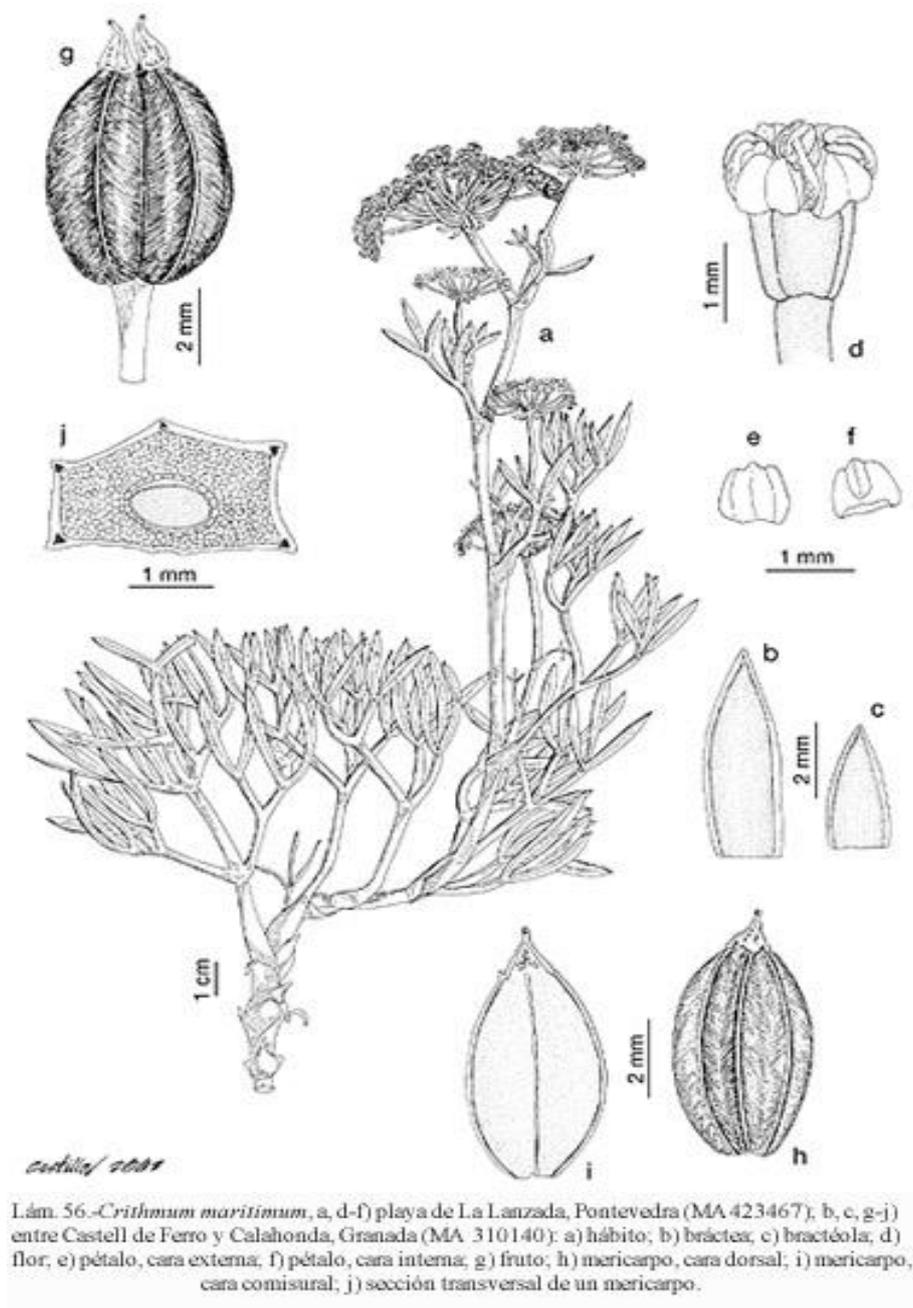


Figura 2. Principales características fenotípicas de *Crithmum maritimum* L. Fuente: Flora Vascular de Andalucía.

El nombre de “hinojo marino” está relacionado con el gran parecido al hinojo común (*Foeniculum vulgare*), tanto en sus flores como en su aroma particular. En España suele ser consumido en las provincias de Gerona y Alicante, Islas Baleares (Mallorca y Menorca) y las Islas Canarias (Gomera y Tenerife) (figura 3).



Figura 3.- Mapa de zonas de usos tradicionales de *Crithmum maritimum* L. en España Fte. Tardío, Dávila, & Aceituno-Mat, 2019.

2.2.- Área de estudio

De las 12 poblaciones a lo largo de la costa sur de la Península Ibérica que se van evaluar en el proyecto “*Evaluación del potencial del hinojo marino (Crithmum maritimum L.) como cultivo generador de múltiples productos de interés bajo diferentes condiciones ambientales (CRITHVAL)*”, en el presente Trabajo Fin de Grado, debido a la limitación de tiempo, se han analizado un total de 3 poblaciones: Acantilados de Bolonia (Cádiz), Playa de los Muertos (Almería) y Playa de El Toyo (Almería). Estas 3 poblaciones son representativas de los principales tipos de hábitat en los que se desarrolla la especie de estudio: (i) playas de guijarros y arenales costeros con predominancia de elementos gruesos (Playa de los Muertos),

(ii) acantilados y roquedos (Acantilados de Bolonia), y (iii) playas y arenales costeros con predominancia de arena fina (Playa de El Toyo) (Van der Maarel, 1993; Packham et al., 2001; Atia et al., 2011).

2.3.- Evaluación de las principales características de *Crithmum maritimum* en cada zona de estudio

En cada población de estudio, descrita en el apartado anterior, se han determinado distintas variables relacionadas con el rendimiento de la planta, las cuales son relativas a su crecimiento y capacidad reproductiva. Para ello, en cada población, se eligieron 5 individuos reproductores al azar. En cada uno de ellos se midió la distancia a la línea de pleamar, su altura vegetativa máxima y se determinó la superficie ocupada por el individuo.

En cada uno de estos individuos se recolectaron un total de 7 umbelas con frutos maduros, elegidas al azar, las cuales fueron transportadas al laboratorio para cuantificar el número total de semillas por umbela y el porcentaje de semillas sanas y depredadas. Asimismo, se cuantificaron en campo los porcentajes de semillas maduras por individuo y el número de umbelas por planta, con el fin de obtener la producción total de semillas por planta en cada una de las poblaciones seleccionadas.

2.4.- Análisis estadísticos

Los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el paquete informático IBM SPSS Statistics 23. Las diferentes variables se analizaron mediante test de comparación de medias (ANOVA) para determinar la existencia de diferencias entre las poblaciones de estudio. Con el objetivo de explorar las posibles correlaciones entre las diferentes variables se realizaron análisis de correlación de Pearson y Spearman. Antes de iniciar los análisis, se comprobó que los datos fueran normales utilizando el test de Shapiro-Wilk.

3.- RESULTADOS

3.1.- Producción de semillas.

La producción está directamente relacionada con la mayor o menor cantidad de semillas definidas por las diferencias estadísticas que presentan algunas poblaciones. Los resultados de los métodos estadísticos revelaron que tanto el número de semillas totales como el número de semillas sanas presentes por planta fueron significativamente mayores en la población de Bolonia con respecto a las poblaciones de El Toyo y Los Muertos respectivamente (ANOVA, Tukey Test, $p \leq 0,05$) (Figura 4). Asimismo, tras calcular el porcentaje de semillas sanas presentes por planta en cada una de las poblaciones se observó que la población de Los Muertos presentó un porcentaje más elevado (63,34%) que las otras dos poblaciones (Bolonia 58,27% y El Toyo 48,33%), no siendo significativas estas diferencias ($p \geq 0,05$). Por otro lado, se halló que las variables de estudio número de semillas totales y semillas sanas por planta estaban correlacionadas significativamente entre sí (Pearson, $r = 0,955$, $p \leq 0,01$).

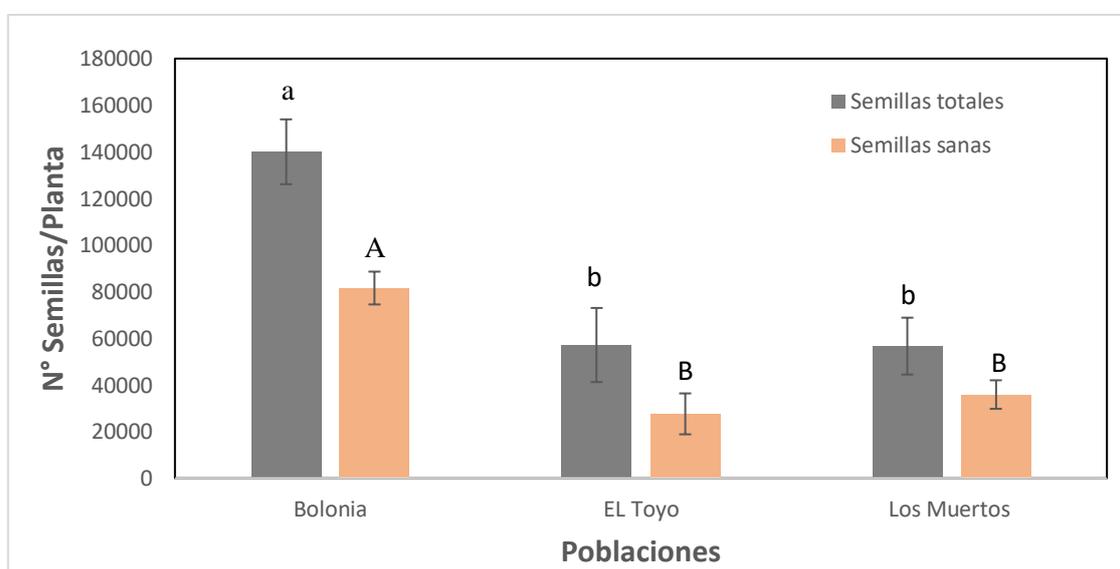


Figura 4. *Numero de semillas totales y sanas por plata en las tres poblaciones de estudio. $n=5 \pm$ error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).*

En la Figura 5 se representa la cantidad de semillas promedio por umbela de los diferentes hábitats de estudio. Los resultados obtenidos indicaron que el número de semillas en la población de Bolonia fue significativamente mayor comparado con las poblaciones del El Toyo y Los Muertos (ANOVA, Tukey Test, $p \leq 0.05$), siendo estas últimas similares, no encontrándose diferencias significativas entre ambas ($p \geq 0.05$). Además, se realizó la prueba de correlación para esta variable, arrojando correlación significativa con las variables número total de semillas por planta ($r=0,741$) y número de semillas sanas por planta ($r=0,827$), ambos analizados con el Test de Pearson ($p \leq 0,01$).

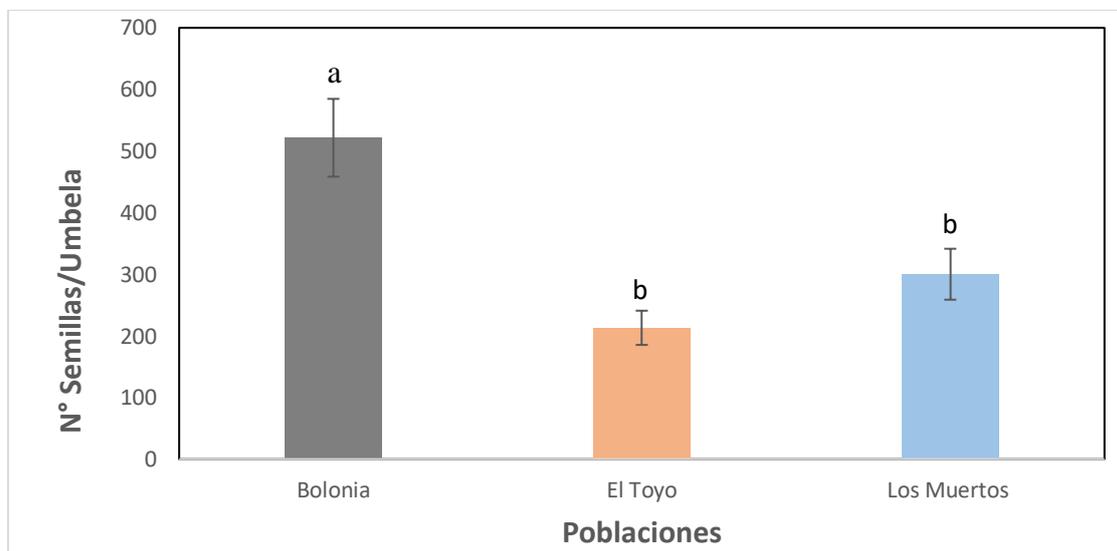


Figura 5. Número de semillas por umbela en las tres poblaciones en estudio. $n=35 \pm$ error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Las umbelas que se contabilizaron por cada planta al momento del muestreo en campo no presentaron diferencias estadísticas en las diferentes poblaciones de estudio (ANOVA, Tukey Test, $p \geq 0,05$) (Figura 6). Sin embargo, si se encontró una ligera diferencia en la población de Los Muertos respecto a la de Bolonia y El Toyo. Por otra parte, el número de umbelas presentes en cada planta estuvo correlacionado significativamente con el número total de semillas por planta (Pearson, $r=0,592$; $p \leq 0,05$).

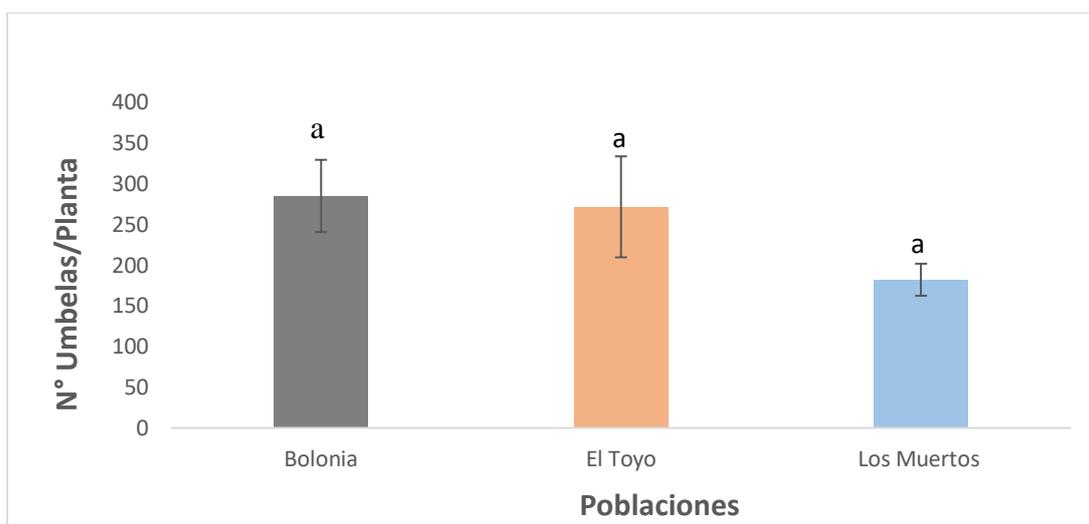


Figura 6. *Numero de umbelas por planta en las poblaciones en estudio. $n=5 \pm$ error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p<0.05$).*

3.2.- Biometría, estado de maduración de las semillas y distancia al mar.

Para las variables analizadas porcentaje de semillas maduras, superficie del individuo y altura vegetativa no se registraron diferencias significativas entre las distintas poblaciones de estudio en el (ANOVA, Tukey Test, $p \geq 0,05$, en todos los casos) (Tabla 1). Por otra parte, la distancia de las plantas al mar presentó diferencias significativas, siendo mayores los valores en la población de Los Muertos respecto a las poblaciones de Bolonia y El Toyo (ANOVA, Tukey Test, $p \leq 0,05$). Asimismo, no se hallaron correlaciones significativas entre las diferentes variables de estudio (Pearson, $p \geq 0,05$ en todos los casos) (Tabla 1).

Tabla 1. *Porcentaje de semillas maduras, superficie de la mancha, altura vegetativa y distancia al mar en las tres poblaciones de estudio. $n=5 \pm$ error estándar. Para cada columna, letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).*

Poblaciones	Semillas Maduras (%)	Superficie (m2)	Altura Vegetativa (m)	Distancia al Mar (m)
Bolonia	77,00 \pm 7,52 a	4,78 \pm 0,95 a	0,33 \pm 0,02 a	15,20 \pm 1,60 b
El Toyo	78,60 \pm 11,60 a	2,63 \pm 0,36 a	0,33 \pm 0,02 a	23,02 \pm 3,26 b
Los Muertos	71,00 \pm 8,28 a	2,84 \pm 0,71 a	0,34 \pm 0,01 a	56,50 \pm 2,99 a

4.- DISCUSIÓN

El presente estudio evaluó el rendimiento de *Crithmum maritimum*, en base a diferentes variables biométricas y reproductivas, en distintos tipos de hábitat: playas de guijarros y arenales costeros con predominancia de elementos gruesos (Playa de los Muertos), acantilados y roquedos (Acantilados de Bolonia), y playas con predominancia de arena fina (Playa de El Toyo). Nuestros resultados evidenciaron diferencias en la cantidad de semillas por umbela, el número total de semillas y el número de semillas sanas por individuo entre las diferentes poblaciones estudiadas. Además, en el caso de la distancia de los individuos a la línea de pleamar también se hallaron diferencias significativas entre las poblaciones de estudio. Sin embargo, no se encontró correlación alguna entre dicha variable y las relacionadas con el rendimiento de la planta, a pesar de que la influencia marina suele afectar en gran medida a la estructura y función de las poblaciones vegetales en este tipo de ecosistemas (Van der Maarel, 1993; Packham et al., 2001). En tal sentido, dado el limitado número de individuos estudiados en este trabajo, conviene reseñar que se requieren análisis adicionales para confirmar si la distancia de la población al mar puede afectar al rendimiento de las plantas. La variación en la producción de semillas posiblemente está relacionada con las diferencias ecológicas que se dan en cada una de los hábitats de acuerdo a la distribución geográfica de esta especie.

Mucho se ha investigado para conocer las potencialidades nutritivas, cosméticas y farmacológicas de esta especie, pero poco o nada se conoce de su rendimiento productivo en los diferentes tipos de hábitat en los que se desarrolla; dicha información puede ser determinante para conocer qué factores afectan, por ejemplo, a la producción de semillas de cara a la implementación de su cultivo. La producción de semillas por planta fue significativamente mayor en acantilados que en playas arenosas y de guijarros (Playa de los Muertos). Esto podría deberse a un mayor número de umbelas por planta, sin embargo, este

estudio reveló que la producción de semillas está estrechamente relacionada con el tamaño de las umbelas, y por ende con el número de semillas que contienen, lo cual conlleva a una mayor producción de los individuos que se encuentran en acantilados y roquedos (Acantilados de Bolonia). Estas diferencias en el tamaño y producción de las umbelas podrían deberse a la influencia directa o indirecta de factores abióticos que serán analizados en el proyecto *CRITHVAL* (en el que se encuadra el presente trabajo), pero que por limitaciones temporales no ha sido posible incluir en esta memoria. Hay que tener en cuenta que las condiciones abióticas en este tipo de ecosistemas costeros son muy restrictivas y altamente variables; así, estas plantas tienen que hacer frente a escasez de recursos hídricos, altas temperaturas, fuertes vientos, y elevados valores de salinidad del suelo, entre otras condiciones (López Valiente, 2015), factores que podrían estar determinando las diferencias detectadas en la producción de semillas en las diferentes poblaciones estudiadas.

La depredación de semillas es determinante para la viabilidad de cualquier población silvestre. Es por ello que se determinó el número de semillas sanas y depredadas para su posterior análisis, encontrándose diferencias significativas respecto a la cantidad de semillas sanas en los distintos tipos de hábitat. La población localizada en los acantilados de Bolonia obtuvo la mayor cantidad de semillas sanas con respecto a las playas de Los Muertos y El Toyo. Asimismo, se determinó el porcentaje de semillas sanas respecto a la producción total en cada población, encontrándose el mayor porcentaje de semillas sanas en la playa de Los Muertos, pero sin evidenciar diferencias significativas respecto a las otras dos poblaciones. La cantidad de semillas sanas podría estar relacionada con la exposición a la rigurosidad de las condiciones ambientales descritas con anterioridad, acompañados del tipo de sustrato y la acción mecánica presente en las playas de guijarros (Los Muertos) (López Valiente, 2015), los cuales podrían

mitigar de una u otra forma la presencia de especies depredadoras de semillas en los hábitats estudiados.

En la población de acantilado se registró una mayor producción de semillas sanas que en los demás tipos de hábitat, lo que corrobora que esta especie puede sobrevivir y lograr una buena producción en ambientes hostiles, con un alto grado de verticalidad, alteración y fracturación de la roca, viviendo en las hendiduras rellenas de materia orgánica traída por el viento o procedente del mar. Además, la elevada producción en este tipo de hábitat indica que esta planta soporta el spray salino, que es un elemento que puede generar importantes disminuciones en el rendimiento de las plantas de este tipo de ecosistemas (Lopez-Bedoya y Pérez-Alberti, 2009). Todo esto evidencia que es una planta que se puede adaptar a condiciones muy pobres y severas, pudiendo cultivarse por tanto en suelos degradados y en suelos marginales en los que es inviable producir a partir de cultivos tradicionales (Qadir et al., 2008).

Los resultados obtenidos en el presente trabajo han de considerarse muy provisionales ya que como ha sido descrito, este estudio forma parte de un proyecto de mayor envergadura (proyecto *CRITHVAL*, financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades), en el que se está llevando a cabo un estudio exhaustivo de 100 individuos de 12 poblaciones a lo largo de toda la costa de la Península Ibérica. En dicho proyecto se están analizando múltiples variables bióticas y abióticas, como la textura, el contenido nutricional y el pH del suelo, la salinidad, la influencia del spray salino, entre otras, que esclarecerán la relación con el rendimiento del hinojo marino, su calidad nutricional y su capacidad para generar diferentes productos de interés.

5.- CONCLUSIONES

Crithmun maritimum posee elevados rendimientos productivos en cuanto al número de semillas y la cantidad de semillas no depredadas en los diferentes tipos de hábitat en los que se desarrolla. Es capaz de generar una producción elevada de semillas sanas incluso en hábitats de acantilados y roquedos, en los que las condiciones abióticas son especialmente severas. La influencia marina, valorada en nuestro estudio en función de la distancia a la línea de pleamar, parece no determinar las variaciones en el rendimiento de la planta, por lo que sería esperable que sea la variabilidad en las condiciones edáficas las que estén determinando el mayor o menor rendimiento productivo de la misma en los diferentes ecosistemas estudiados. Este trabajo evidencia la capacidad de la especie para desarrollarse en zonas pobres bajo condiciones ambientales hostiles, donde otras especies difícilmente pueden prosperar. *C. maritimum* puede considerarse como una alternativa de cultivo para países con condiciones climáticas severas, en los que haya grandes superficies de suelos degradados e improductivos. Conocer los efectos de la variación de factores ambientales clave para el desarrollo de su cultivo (como la temperatura, la humedad del suelo, la salinidad o la riqueza nutricional del medio) en el rendimiento de *C. maritimum*, así como determinar los efectos de la variación de los citados factores ambientales sobre la composición nutricional de la planta, puede resultar de gran utilidad para evaluar el potencial de la especie como cultivo bajo diferentes condiciones ambientales.

Agradecimientos

Quisiera agradecer primeramente a Dios por darme la vida y la salud, a mis amados padres, a todos los familiares que me brindaron su apoyo incondicional, amigos y compañeros de la universidad que colaboraron para que este objetivo se vuelva realidad.

“Muchísimas gracias, estaré eternamente agradecido”.

Además, a mis docentes y amigos de la Universidad Nacional de Cajamarca, quienes compartieron sus enseñanzas y experiencias durante cinco años, sobre todo por las anécdotas y momentos inolvidables.

A mis asesores y amigos, el Dr. Juan Manuel Mancilla Leytón y Dr. Jesús Cambrollé Silva, además a los docentes y amigos, el Dr. Manuel D., Dra. Yolanda M., Dr. Pedro G., Dr. Teodoro M. y Dr. José Luis, docentes de la Universidad de Sevilla y Huelva, a mi amigo Alberto, a todos ellos gracias por apoyarme y darme la mano para poder presentar este Trabajo de Fin de Grado, Y a muchos más que con sus consejos hicieron que pueda llegar hasta esta etapa de mi vida profesional.

Es oportuno agradecer a los coordinadores del Programa de Intercambio y Movilidad Académica (PIMA), el Dr. Manuel D. P. (Sevilla-España) y el Dr. Luis Humberto A. P. (Cajamarca-Perú). A la Organización de Estados Iberoamericanos

para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) y la Junta de Andalucía.

Que gracias a su trabajo y gestión se lleva a cabo este tan anhelado sueño y el de muchos estudiantes más.

6.- BIBLIOGRAFÍA

- Atia, A., Barhoumi, Z., Mokded, R., Abdelly, C., & Smaoui, A. (2011). Environmental eco-physiology and economical potential of the halophyte *Crithmum maritimum* L. (Apiaceae). *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(16), 3564–3571.
- Atia, A., Debez, A., Barhoumi, Z., Pacini, E., Abdelly, C., & Smaoui, A. (2010). The mericarp of the halophyte *Crithmum maritimum* (Apiaceae): Structural features, germination, and salt distribution. *Biologia*, 65(3), 489–495. <https://doi.org/10.2478/s11756-010-0036-4>
- Barkla, B. J., Vera-Estrella, R., Balderas, E., & Omar, P. (2019). Mecanismos de tolerancia a la salinidad en plantas. *Biotecnología*, 14(March 2014), 263–272. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Omar_Pantoja/publication/237419076_Mecanismos_de_tolerancia_a_la_salinidad_en_plantas/links/0deec532bc8ca65bca000000/Mecanismos-de-tolerancia-a-la-salinidad-en-plantas.pdf
- Botella, J. V. (2017, April). Fragantes ibéricas; el hinojo marino. Espores. Retrieved from <https://espores.org/es/plantas/fragants-iberiques-el-fenoll-mari.html>
- Carretero Montero, C. L. (2002). Tolerancia a la salinidad de plantas de Mandioca. Instituto de Recursos Naturales Y Agrobiología de Sevilla y Universidad de Sevilla Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola.
- Cheeseman (2015). The evolution of halophytes, glycophytes and crops, and its implications for food security under saline conditions.
- Cunsolo et al. (1993). Bioactive metabolites from Sicilian Marine Fennel, *Crithmum maritimum*. *J Nat Prod* 56, 1598-1600.
- FAOSTAT (2018) Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>;
- Guerrero, J. L. G., Torija, M. E., & Martínez, J. J. G. (2015). Composición nutricional del hinojo marino (*Crithmum maritimum* L.), (March), 1–30.

- Houta, O., Akrouit, A., Najja, H., Neffati, M., & Amri, H. (2015). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of essential oil from *Crithmum maritimum* cultivated in Tunisia. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 18(6), 1459–1466. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2013.764209>
- Ismail y Horie (2017). Genomics, physiology, and molecular breeding approaches for improving salt tolerance. *Annu Rev Plant Biol* 68, 405-434.
- Ladeiro, B. (2012). Saline Agriculture in the 21st Century: Using Salt Contaminated Resources to Cope Food Requirements. *Journal of Botany*, 2012, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2012/310705>
- Lopez-Bedoya, J. L., & Pérez-Alberti, A. (2009). 1230 Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas. En: VV.AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid, España.
- López Valiente, C. (2015, April). Cerca del mar. Espores. Retrieved from <https://espores.org/es/conservacion/prop-de-la-mar-i.html>
- Málaga, D. de. (n.d.). Hinojo marino. Retrieved October 3, 2019, from http://www.malaga.es/es/turismo/naturaleza/lis_cd-9994/hinojo-marino-perejil-crithmum-maritimum.
- Mariana, C. P. (2017, May). Síndrome de la domesticación en plantas. *Centro de Investigacion Cientifica de Yucatán, A.C.*, 9, 79–83.
- Massimiliano Renna et al. (2017). Sea fennel (*Crithmum maritimum* L.): from underutilized crop to new dried product for food use. *Genet Resour Crop Evol* 64:205–216 DOI 10.1007/s10722-016-0472-2.
- Martín, J. (2015). El hinojo marino encurtido. Espores. Retrieved from <https://espores.org/es/plantas/el-fenoll-mari-adobat.html>
- Nabet, N., Boudries, H., Chougui, N., Loupassaki, S., Souagui, S., Burló, F., ... Larbat, R.

- (2017). Biological activities and secondary compound composition from *Crithmum maritimum* aerial parts. *International Journal of Food Properties*, 20(8), 1843–1855. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1222541>
- Nikalje et al. (2018). Halophytes in biosaline agriculture: Mechanism, utilization, and value addition. *Land Degrad Dev* 29, 1081-1095.
- Packham et al (2001) Westbury Academic & Scientific Publishing, Yorkshire
- Pateira et al. (1999). Two chemotypes of *Crithmum maritimum* L. from Portugal. *Flavour Frag J* 14, 333-343.
- Pavela, R., Maggi, F., Lupidi, G., Cianfaglione, K., Dauvergne, X., Bruno, M., & Benelli, G. (2017). Eficacia de los aceites esenciales de hinojo de mar (*Crithmum maritimum* L., Apiaceae) contra *Culex quinquefasciatus* Say y *Spodoptera littoralis* (Boisd.). *Cultivos y Productos Industriales*, 109, 603–610. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.09.013>
- Pérez Pérez, Y., & Cepeda Gómez, D. (2017, April). Los halófitos como fuente de productos farmacéuticos y compuestos alimenticios. *Facultad de Biología, Universidad Complutense de Madrid.*, 3–4. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/315751127_Plantas_halofitas_como_fuente_de_productos_farmaceuticos_y_compuestos_alimenticios
- Qadir, M., Tubeileh, A., Akhtar, J., Larbi, A., Minhas, P. ., & Khan, M. A. (2008). Productivity enhancement of salt-affected environments through crop diversification. *Land Degradation and Development*, 9, 429–453.
- Renna, M. (2018). Reviewing the prospects of sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) as emerging vegetable crop. *Plants*, 7(4). <https://doi.org/10.3390/plants7040092>
- Ruberto et al. (2000). Antioxidant and antimicrobial activity of *Foeniculum vulgare* and *Crithmum maritimum* essential oils. *Planta Med* 66, 687-693.

- Sarrou, E., Siomos, A. S., Riccadona, S., Aktsoylou, D. C., Tsouvaltzi, P., Angeli, A., ... Martens, S. (2019). Improvement of sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) nutritional value through iodine biofortification in a hydroponic floating system. *Food Chemistry*, 296(March), 150–159. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.190>
- Tardío, J., Dávila, P., & Aceituno-Mat, L. (2019). Hinojo marino (*Crithmum maritimum*). In A. y M. A. Ministerio de Agricultura y Pesca (Ed.), *Inventario Español de los Conocimientos Tradicionales relacionados con la Biodiversidad* (2nd ed., pp. 370–372). Madrid.
- Union of Concerned Scientists. (2016). What's driving deforestation? Union of Concerned Scientists. Retrieved from <https://www.ucsusa.org/resources/whats-driving-deforestation>
- Van der Maarel (1993) Elsevier Scientific Publishing, Países Bajos
- Ventura et al. (2014). The development of halophyte-based agriculture: past and present. *Ann Bot* 115, 529-540.