



**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
ESCUELA DE PREGRADO**

**MEMORIA DE TÍTULO**

**EVOLUCIÓN DE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE ESPECIES  
HORTÍCOLAS SEGÚN SU TIEMPO DE CONSERVACIÓN**

**CONSTANZA CAMILA MADRID MANRÍQUEZ**

**Santiago, Chile  
2024**



**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
ESCUELA DE PREGRADO**

**MEMORIA DE TÍTULO**

**EVOLUCIÓN DE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE ESPECIES  
HORTÍACOLAS SEGÚN SU TIEMPO DE CONSERVACIÓN**

**EVOLUTION OF THE GERMINATION OF VEGETABLE CROP SEEDS  
ACCORDING TO THEIR STORAGE TIME**

**CONSTANZA CAMILA MADRID MANRÍQUEZ**

**Santiago, Chile  
2024**



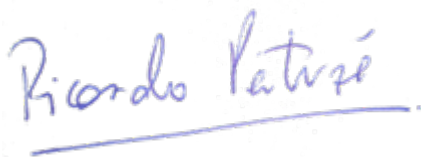

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**Memoria de Título**

**EVOLUCIÓN DE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE ESPECIES  
HORTÍCOLAS SEGÚN SU TIEMPO DE CONSERVACIÓN**

Memoria para optar al título  
Profesional de Ingeniera Agrónoma

**CONSTANZA CAMILA MADRID MANRÍQUEZ**

		Calificaciones
<b>PROFESOR GUÍA</b> Ricardo Pertuzé Concha Ingeniero Agrónomo, Ph.D.		6,6
<b>PROFESORES EVALUADORES</b> Carlos Muñoz Schick Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Ph.D.		6,5
Ian Homer Bannister Ingeniero Agrónomo, Dr.		6,2

**Santiago, Chile**  
**2024**

## AGRADECIMIENTOS

Le agradezco en primer lugar a mis papás, Maritza y Rodrigo, quienes me permitieron y dieron la oportunidad de poder estudiar y desarrollarme de la mejor manera. Me apoyaron siempre, incluso en los detalles más pequeños, dándome el espacio que necesitaba para poder lograr mis objetivos, y también entregándome su gran amor, sin el cual no podría haber llegado hasta este momento.

Le agradezco también a mi hermana, Catalina, quien me ayudó y apoyó en varias instancias para poder terminar entregas y trabajos, y quien también me brindó apoyo emocional en más de una ocasión.

Le agradezco a mis amigos y amigas, tanto de dentro como fuera de la universidad. Fueron un pilar muy importante para mí, al acompañarme en cada una de mis etapas. En muchas ocasiones fueron la única motivación para seguir en la carrera y estudiando, así que les agradezco mucho su apoyo y haberme permitido ser tan feliz y sentirme tan querida durante todos estos años. Estudiar y la vida universitaria se hizo mucho más linda con ustedes.

Agradezco igual a mis profes, por lo enseñado y el apoyo en algunas ocasiones. Destacando entre ellos a mi profe guía por la compañía, el tiempo y el recibimiento para trabajar con él.

Finalmente, me agradezco a mí, por todo lo invertido, tiempo, esfuerzo, desgaste y todo lo que significó este proceso. Por haber podido seguir adelante a pesar de los bajos o difíciles momentos. Al final uno aprende que, aunque sea complicado, se puede y uno siempre tiene en quien poder apoyarse para seguir adelante.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	2
Palabras clave .....	2
“SUMMARY” .....	3
“Key words” .....	3
INTRODUCCIÓN .....	4
Objetivos.....	6
METODOLOGÍA .....	7
Lugar de estudio .....	7
Materiales .....	7
Vegetal.....	7
Digital .....	7
Selección de especies .....	7
Análisis de germinación .....	8
Curvas de germinación .....	9
Análisis de datos.....	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
Selección de especies .....	10
Análisis de germinación .....	10
Curvas de germinación .....	11
Análisis de datos.....	16
CONCLUSIONES .....	18
BIBLIOGRAFÍA.....	20

## RESUMEN

Las semillas son el principal órgano mediante el cual las especies vegetales pueden propagarse y mantener la especie. Es por ello, que diferentes instituciones públicas y privadas cuentan con bancos de semillas para poder conservar especies y estudiar su comportamiento. Uno de ellos es el Banco de Semillas Hortícolas de la Universidad de Chile (BSHUCH), donde por más de diez años se han conservado diferentes semillas hortícolas. Dichas semillas han sido sometidas a evaluaciones de germinación acorde con el avance del periodo de conservación de cada una y los resultados fueron registrados en la base de datos del banco. Para esta memoria los datos de germinación fueron revisados y estudiados, seleccionando diez especies, cada una perteneciente a una familia botánica distinta. Se utilizaron los datos de germinación de cada una de ellas para generar curvas de pérdida de germinación, permitiendo así realizar una comparación entre las pendientes obtenidas de la regresión lineal de cada una de éstas. Se obtuvo que, contrario a estudios anteriores, *Zea mays* L. fue la especie con la mayor tasa de pérdida de germinación, mientras que *Cucumis melo* L., acorde con el comportamiento bibliográfico previo, fue la especie que mostró el mayor porcentaje de germinación luego de un largo periodo de almacenamiento. Además, tanto *Cucumis melo* L. como *Cichorium endivia* L. generaron curvas con una pendiente positiva, explicado principalmente por la poca representatividad de las muestras, ya que las semillas con que se trabaja en el BSHUCH son en su mayoría donaciones que no logran completar las cantidades óptimas indicadas por el la Asociación Internacional para el Análisis de Semillas (ISTA, por su nombre en inglés). Sin embargo, estos antecedentes dejan ver que incluso luego de diez años de almacenamiento, las semillas conservan reservas que le permiten germinar para preservar su especie con valores por sobre el 90% de germinación. Junto con ello se observó que debido a la poca cantidad de datos con los que se trabajó, sólo 2 de las especies generaron regresiones significativas, con un p-valor menor a 0,05 y 3 especies tienen un ajuste de datos con un  $R^2$  mayor a 0,7.

### Palabras clave

Banco de semillas, tasa germinativa, curva de germinación, almacenamiento prolongado.

## “SUMMARY”

Seeds are the principal organ by which plant can propagate and maintain the species. Therefore, different public and private institutions have seed banks to conserve species and study their behavior. One of them is the Vegetable Crops Seed Bank of the University of Chile (BSHUCH, for its acronym in Spanish), where different vegetable crops seeds have been preserved for over ten years. These seeds have been subjected to germination tests during their conservation period and its results have been recorded in the bank's database. The germination data was reviewed and studied for this work, and ten species were selected, each belonging to a different botanical family. The germination data of each of them was used to generate germination loss curves, thus allowing a comparison to be made between the slopes obtained from the linear regression of each. It was found that, contrary to previous studies, *Zea mays* L. was the species with the highest rate of germination loss. At the same time, *Cucumis melo* L. reflected the previous bibliographic behavior retaining a high percentage of germination after a long period of storage. Furthermore, as *Cucumis melo* L. and *Cichorium endivia* L. generated curves with a positive slope, explained mainly by the low representativeness of the samples, since the seeds used in the BSHUCH are mostly donations that don't complete the optimal quantities indicated by International Seeds Testing Association (ISTA). However, the results showed that even after ten years of storage, the seeds retain reserves that allow them to germinate to preserve their species with values above 90% germination. It was observed that due to the small amount of data that was worked with, only 2 of the species generated significant regressions, with a p-value less than 0.05, and 3 species have a data fit with an  $R^2$  greater than 0.7.

## “Key words”

Seeds bank, germination rate, germination curve, long storage.

## INTRODUCCIÓN

Las semillas son la forma de propagación sexual de las plantas y la más común en la mayoría de las especies de interés agrícola (Pita y Pérez, 1998), donde para lograr una adecuada propagación a través de semillas, éstas deben ser capaces de germinar. El proceso de germinación comienza con la imbibición de las semillas hasta la elongación del embrión, generando una ruptura en la testa a causa de la salida de la radícula (Bewley *et al.*, 2013; Carrera *et al.*, 2020) para la posterior emergencia de la planta (Matilla, 2008). Este proceso se encuentra regulado por factores externos como temperatura y humedad (Suárez y Melgarejo, 2010), así como también interacciones físicas y hormonales dentro de la semilla (Reed *et al.*, 2022). Su importancia radica en que constituye el inicio del desarrollo de una nueva planta gracias a las reservas presentes en la semilla, hasta que la plántula complete el desarrollo de su sistema fotosintético (Matilla, 2008), permitiendo de esta forma multiplicar y conservar la especie (Suárez y Melgarejo, 2010) al repetir el ciclo.

La conservación de semillas es muy importante para poder preservar diferentes especies y variedades de plantas en el tiempo (Pañitrur *et al.*, 2020; Guidi *et al.*, 2022). Entre los motivos recurrentes para realizar la conservación se encuentran el almacenamiento a corto plazo, entre periodos de cosecha, u otros con motivos de interés económico, donde se busca la comercialización de la semilla en el momento de mayor rentabilidad. Otros tienen objetivos a más largo plazo, para preservar semillas con alto valor genético que se deseen conservar o algunas cuya latencia se requiere que se prolongue y se no rompa naturalmente (Doria, 2010; Di Saco *et al.* 2020).

La conservación a largo plazo es generalmente realizada en bancos de germoplasma o laboratorios de semillas (Solberg *et al.*, 2020) con diversos objetivos. En Chile existen numerosas entidades que cuentan con estos bancos, tales como INIA y CONAF que se encargan de la conservación de especies agrícolas, nativas y/o endémicas (CONAF, 2018; León y Way, 2004; Pañitrur *et al.*, 2020), SAG quien se encarga de realizar análisis de calidad, pureza y germinación a las semillas (SAG, s.f.), y diferentes universidades a lo largo del país, quienes almacenan las semillas con fines académicos para la realización de diversos estudios (Universidad de Concepción s.f.; BSHUCH, s.f.).

Ahora bien, para poder mantener la viabilidad de las semillas en el tiempo y que su conservación cumpla con el objetivo deseado de preservar su capacidad germinativa (Doria, 2010), es importante atender las condiciones en las cuales se realiza el almacenamiento según las necesidades de cada especie. Por ello es importante considerar, en primer lugar, que existen diferencias entre las semillas según su comportamiento durante el almacenamiento, clasificándose éstas en ortodoxas y recalcitrantes (Vásquez-Yanes y Toledo, 1989).

Las semillas ortodoxas tienden a ser pequeñas y son liberadas de la planta madre con un contenido de humedad no mayor al 20%. Junto con ello, son características de especies que deben permanecer un tiempo en el suelo a modo de sobrevivencia, tal como las especies de

desarrollo anual en regiones con estaciones climáticas marcadas (Vásquez-Yanes y Toledo, 1989). Por lo que su almacenamiento es posible realizarlo en condiciones de bajo contenido de humedad y baja temperatura (Pita y Pérez, 1998), pudiendo conservarse algunas especies incluso a temperaturas bajo cero grados Celsius (El Regionalista, 2023; Di Saco *et al.* 2020) cuando éstas presentan contenidos de humedad bajo el 5% sobre su peso húmedo (Ellis y Roberts, 1980; Vásquez-Yanes y Toledo, 1989).

Por otro lado, las semillas recalcitrantes tienden a ser grandes y son liberadas con un alto contenido de humedad, el cual puede llegar a ser mayor al 50%. Estas semillas corresponden principalmente a especies leñosas que se desarrollan en ambientes húmedos como bosques templados caducifolios o la selva tropical húmeda, donde las semillas se encuentran protegidas por la vegetación presente en el suelo, lo cual permite moderar las variaciones de temperatura y humedad (Vásquez-Yanes y Toledo, 1989). Debido a estas condiciones, el almacenamiento de este tipo de semillas es más complejo y limitado en el tiempo, ya que es necesario conservarlas en un ambiente húmedo que permita evitar su desecación, así como también mantener una baja temperatura para impedir la germinación y el desarrollo de microorganismos, procurando que no se ocasionen daños por frío que pudieran dañar las semillas (Doria, 2010).

Pese a lo anterior, aunque a la semilla se le proporcionen las condiciones adecuadas para su almacenamiento y conservación, nunca se podrá mantener por completo la viabilidad y germinación, puesto que las semillas envejecen de forma paulatina (Bawley *et al.*, 2013), y dependiendo de la longevidad característica de cada especie, será el tiempo que se puedan almacenar (Pita y Pérez, 1998), siendo mayor la longevidad cuanto menor sea la actividad metabólica (Doria, 2010). En este punto es que se pueden observar diferencias entre especies en cuanto a su respuesta germinativa luego de un periodo de almacenamiento al presentar distintas características propias, tales como un diferente tamaño, viabilidad inicial o madurez, entre otros factores (Amir y Afzal, 2020). Por ejemplo, *Raphanus sativus* L. (rábano) luego de 21 meses de almacenamiento comienza a presentar una disminución en su germinación correspondiente a una pérdida del 5%, mientras que especies como *Brassica oleracea* L. var. *botrytis* (coliflor), en este mismo periodo de tiempo puede ver reducida su germinación en un 79%, e incluso en un 100%, en el caso de *Abelmoschus esculentus* L. (okra) (Saxena *et al.*, 1987). Existiendo, por ejemplo, revisiones como la de Solberg *et al.* (2020) en que se pueden clasificar diferentes especies según su longevidad evaluando cuán largo es el periodo de tiempo que éstas conservan un 50% de su germinación.

Un estudio sobre la germinación de semillas luego de diversos periodos de almacenamiento permite analizar la longevidad y el potencial de conservación de la viabilidad de éstas. Por ello, la forma en que se realiza el análisis de la germinación se ha estandarizado para la mayoría de las especies vegetales en la Asociación Internacional para el Análisis de Semillas (ISTA, por su nombre en inglés). De esta manera, siguiendo los protocolos del ISTA (2017), es posible obtener el porcentaje de germinación que tiene una especie en un determinado momento y, al contrastarlo con datos obtenidos anteriormente, poder evaluar a través de curvas de germinación cómo han cambiado estos valores en el tiempo y cuál ha sido la pérdida de germinación que han presentado las semillas durante su almacenamiento,

pudiendo con esta información, determinar si este tiempo fue adecuado o no, si es necesario hacer reposiciones de semillas para no perder la información genética que se ha estado conservando, o si es posible seguir almacenándolas por un mayor periodo de tiempo para su preservación o estudio.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar la pérdida de germinación en el tiempo de distintas especies de hortalizas presentes en el BSHUCH.

### **Objetivos específicos**

Comparar la pérdida de germinación en el tiempo entre especies hortícolas.

Identificar posibles factores involucrados en la pérdida de germinación de diferentes especies hortícolas.

## **METODOLOGÍA**

### **Lugar de estudio**

El estudio fue realizado durante el año 2023, en el Laboratorio de semillas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, ubicado en la comuna de La Pintana, Santiago, Chile.

### **Materiales**

#### **Vegetal**

Se utilizaron semillas de diferentes especies de hortalizas conservadas en el Banco de Semillas Hortícolas de la Universidad de Chile (BSHUCH) desde el año 2012. Las semillas, desde su ingreso al banco, han sido almacenadas en iguales condiciones ambientales, pero los periodos de conservación han sido diferentes ya que han ingresado al banco en distintos momentos. Las semillas se han almacenado dispuestas dentro de bolsas de papel, en contenedores plásticos, los cuales cuentan con gel de sílice, el cual permite disminuir la humedad y, además, estos contenedores se encuentran al interior de una cámara de frío, la cual mantiene una temperatura ambiente de 4 – 5°C para la conservación de las semillas.

#### **Digital**

Se utilizó la base de datos del BSHUCH para obtener información que ha sido registrada durante los años de almacenaje sobre las semillas que ahí se encuentran. Esta base de datos permite obtener información como el año de ingreso de las semillas, el porcentaje de germinación que éstas presentaron en diferentes periodos de evaluación, el número de evaluaciones de germinación que se realizaron a cada una de las muestras, entre otros.

### **Selección de especies**

Se establecieron como objeto de estudio semillas de diferentes especies de hortalizas conservadas en el Banco de Semillas Hortícolas de la Universidad de Chile (BSHUCH). Para la selección de las diferentes especies hortícolas, se escogieron aquellas especies que permitieron elaborar curvas de germinación en base a los valores de germinación obtenidos durante su periodo de almacenaje o conservación.

Para escoger las especies fue necesario revisar la base de datos del BSHUCH que contiene la información de ingreso y germinación de las semillas, buscando aquellas que aportaban más información al estudio. Si bien la base de datos del BSHUCH contiene 833 accesiones registradas, sólo aquellas que presentaban análisis de germinación en al menos 3 momentos de su conservación pudieron ser utilizadas. Esto quiere decir, que las semillas debían contar con 3 evaluaciones de germinación desde su ingreso al banco hasta el año 2023, momento en que se realizó el estudio.

Entre aquellas semillas que contaban con información de germinación al ingreso, en un punto intermedio y en una fecha reciente (2023), se seleccionaron 10 especies, cada una perteneciente a una familia botánica diferente. En algunas de estas especies se contó con más de una accesión significativa, por lo que en esos casos se trabajó con las medias muestrales y respectivo error estándar. De esta forma, se trabajó la construcción de curvas de germinación con un total de 18 muestras de semillas.

### **Análisis de germinación**

Una vez seleccionadas las especies con las cuales se decidió trabajar, se revisó la última evaluación del porcentaje de germinación, y en aquellas que no contaban con la información en los últimos 12 meses, fue necesario realizar la evaluación de su germinación en el laboratorio de semillas. Para ello, en primer lugar, se revisó físicamente la cantidad de semillas presentes en el almacenaje y su estado.

Posteriormente, el análisis de germinación fue realizado acercándose lo más posible a las normas y protocolos ISTA indicadas en el capítulo 5 de las Reglas Internacionales para el Análisis de Semillas (ISTA, 2017), siguiendo las indicaciones de sustrato, temperatura y tiempo de evaluación, datos que son particulares para cada especie e indicados específicamente por ISTA en cada caso.

Este procedimiento consistió en seleccionar las especies que se sometieron a evaluación, y en cada una de ellas, la selección de semillas con las que se trabajó se realizó de forma aleatoria. Para cada una se identificó los requerimientos de sustrato indicados por ISTA y posteriormente, sobre placas Petri se dispone el sustrato indicado para la especie (entre papel y sobre papel), donde se ubican las semillas entregando un espacio homogéneo entre cada una. Una vez realizado esto, el sustrato es humedecido y las placas cerradas, procediendo a almacenarlas en cámaras de germinación a 25°C durante el tiempo indicado para la especie en las normas mencionadas anteriormente.

## Curvas de germinación

Luego de obtenida toda la información respecto de la germinación de cada una de las muestras seleccionadas, se construyeron cuadros resumen con los cuales se obtuvo los valores de media muestral, desviación estándar y error experimental mediante el software estadístico Infostat. Con estos valores se realizó una regresión lineal donde se revisó el cumplimiento de los supuestos de homogeneidad, distribución y normalidad. Esta regresión se realizó mediante el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_{ij}$$

donde:

$Y_{ij}$ : Variable dependiente

$X_i$ : Variable independiente

$\beta_0$ : Parámetro ordenada al origen

$\beta_1$ : Parámetro de la pendiente

$\varepsilon_{ij}$ : Error experimental

De esta forma, se generaron las curvas de germinación en el tiempo, donde a través de su pendiente, fue posible realizar una comparación entre ellas, así como también el análisis de cada uno de los puntos que construyen esta curva, permitiendo determinar las diferencias entre las especies mediante análisis observacionales.

## Análisis de datos

Para cada especie seleccionada, se analizaron los valores de  $R^2$  y la significancia de la regresión lineal generada, con el fin de conocer la capacidad predictiva que tenga la regresión, así como también la forma en la que el modelo logra o no ajustarse a los datos con los cuales fue construida.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Selección de especies

De la revisión de las 833 accesiones de la base de datos del BSHUCH, se encontraron 312 registros que presentaban un potencial para generar curvas de germinación con al menos 3 evaluaciones de germinación durante su conservación. De estos 312 registros, sólo 49 contaban con información sobre la germinación inicial de las semillas al momento de ingresar al banco. Finalmente, de estos últimos registros se seleccionaron 18 muestras correspondientes a 10 especies representativas de distintas familias (Cuadro 1). Estas especies se seleccionaron por sobre otras de la misma familia ya que existía más información con la cual poder trabajar, como el número de registros por especie, así como también mayor amplitud entre los años en los cuales se realizaron las evaluaciones de germinación.

**Cuadro 1.** Especies seleccionadas para estudio de germinación en el tiempo.

ESPECIE	NOMBRE VULGAR	FAMILIA	AÑO INGRESO	NÚMERO MUESTRAS
<i>Allium cepa</i> L.	Cebolla	Amaryllidaceae	2013	3
<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cicla</i> Koch	Acelga	Amaranthaceae	2013	3
<i>Cichorium endivia</i> L.	Achicoria	Asteraceae	2013	2
<i>Cucumis melo</i> L.	Melón	Cucurbitaceae	2013	1
<i>Daucus carota</i> L.	Zanahoria	Apiaceae	2013	2
<i>Lathyrus sativus</i> L.	Chícharo	Fabaceae	2013	1
<i>Nasturtium officinale</i> L.	Berro	Brassicaceae	2013	2
<i>Ocimum basilicum</i> L.	Albahaca	Lamiaceae	2013	1
<i>Solanum lycopersicum</i> L.	Tomate	Solanaceae	2013-2014	2
<i>Zea mays</i> L.	Maíz	Poaceae	2013	1

### Análisis de germinación

De las especies presentadas anteriormente, *Cucumis melo* L., *Ocimum basilicum* L. y *Solanum lycopersicum* L. no presentaban información sobre germinación en los últimos 12 meses. La cantidad de semillas existentes en el banco para estas especies fueron 8, 93 y 77 respectivamente, asociadas cada una a su respectivo registro en la base de datos. Debido a

que esta cantidad es menor a las 400 recomendadas en las normas ISTA (2017) sobre la cantidad de semillas a utilizar, no pudo ser considerada esta indicación para el estudio.

Las condiciones de sustrato, temperatura y periodo de evaluación que se utilizaron para el análisis de las especies mencionadas anteriormente, así como el resto de las especies seleccionadas, se presentan en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Requerimientos para la evaluación de germinación de las especies seleccionadas.

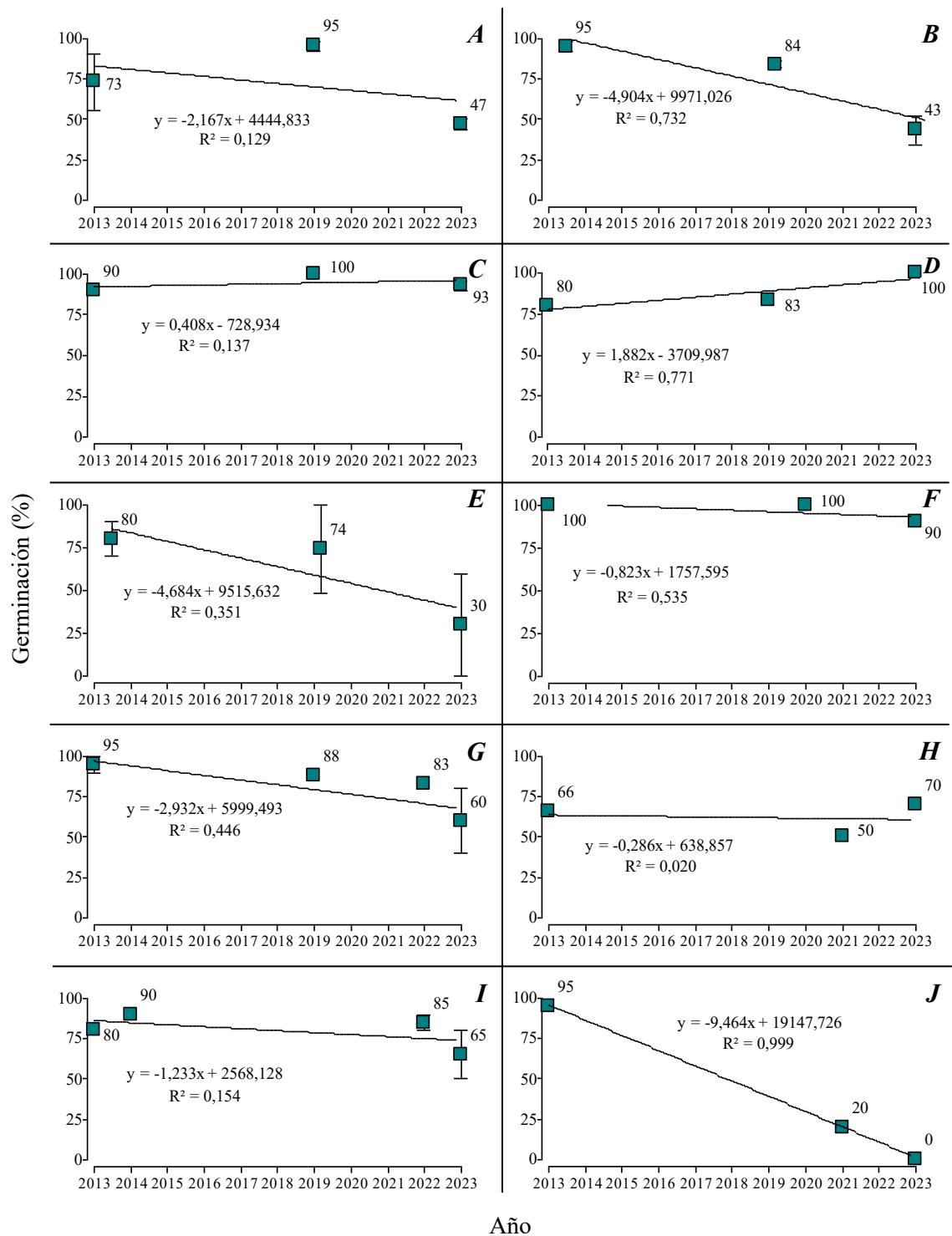
ESPECIE	SUSTRATO	TEMPERATURA (°C)	PERIODO DE EVALUACIÓN (días)
<i>Allium cepa</i> L.	TP	25	12
<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cicla</i> Koch	TP	25	14
<i>Cichorium endivia</i> L.	TP	25	14
<i>Cucumis melo</i> L.	TP	25	8
<i>Daucus carota</i> L.	TP	25	14
<i>Lathyrus sativus</i> L.	BP	25	14
<i>Nasturtium officinale</i> L.	TP	25	14
<i>Ocimum basilicum</i> L.	TP	25	14
<i>Solanum lycopersicum</i> L.	TP	25	14
<i>Zea mays</i> L.	BP	25	7

Nota. TP: sobre papel (Top Paper), BP: entre papel (Between Paper). Fuente: Elaborado con datos de ISTA (2017).

Luego de establecer las semillas y completado el periodo de evaluación correspondiente para cada especie, se completó la data de información de porcentajes de germinación en las especies evaluadas procediendo a la generación de las curvas.

### Curvas de germinación

En la Figura 1 se presenta la curva de germinación generada para cada una de las especies seleccionadas en el estudio. Cada una de ellas se observa además con su respectiva regresión y amplitud de datos. A su vez, es posible observar en el Cuadro 3, las pendientes de las curvas de germinación de las semillas en un orden decreciente al pasar los 10 años de almacenamiento, indicando así la tasa de pérdida de germinación y, por consiguiente, su disminución anual. En este último caso, un menor valor en la pendiente (más negativo) indica una mayor tasa de pérdida de germinación.



**Figura 1.** Curva de degradación de germinación en el tiempo de las especies A: *Allium cepa* L.; B: *Beta vulgaris* var. *cicla* Koch; C: *Cichorium endivia* L.; D: *Cucumis melo* L.; E: *Daucus carota* L.; F: *Lathyrus sativus* L.; G: *Nasturtium officinale* L.; H: *Ocimum basilicum* L.; I: *Solanum lycopersicum* L.; J: *Zea mays* L.

**Cuadro 3.** Tasa de pérdida de germinación por especie.

ESPECIE	PENDIENTE	R <sup>2</sup>	p-valor	PÉRDIDA DE GERMINACIÓN ANUAL (%)
<i>Cucumis melo</i> L.	1,882	0,771	0,318	0
<i>Cichorium endivia</i> L.	0,408	0,137	0,471	0
<i>Ocimum basilicum</i> L.	-0,286	0,020	0,909	0,29
<i>Lathyrus sativus</i> L.	-0,823	0,535	0,478	0,82
<i>Solanum lycopersicum</i> L.	-1,233	0,154	0,442	1,23
<i>Allium cepa</i> L.	-2,167	0,129	0,343	2,17
<i>Nasturtium officinale</i> L.	-2,932	0,446	0,147	2,93
<i>Daucus carota</i> L.	-4,684	0,351	0,215	4,68
<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cicla</i> Koch	-4,904	0,732	0,003	4,90
<i>Zea mays</i> L.	-9,464	0,999	0,007	9,46

Es así como se puede observar que la especie con una mayor tasa de pérdida de germinación es *Zea mays* L., donde luego de 10 años de almacenamiento perdió por completo su capacidad de germinar logrando una pendiente de -9,464. Sin embargo, Solberg *et al.* (2020) indican en su revisión que, a temperatura ambiente, esta es una especie de larga vida en almacenamiento, pudiendo conservar el 50% de la germinación luego de 10 años. Por otro lado, Guzzon *et al.* (2021) señalan que la longevidad que presenta esta especie es variable, pudiendo conservar incluso un 50% de su capacidad germinativa luego de 60 años de almacenamiento cuando la temperatura es de -18°C. Utilizar esta temperatura en conjunto con una disminución de su humedad permite aumentar incluso hasta 2 o 3 veces el tiempo de conservación (Solberg *et al.*, 2020). Esta amplia diferencia y contraste entre los resultados obtenidos y los registros previos se puede explicar ya que fue sólo 1 muestra la utilizada para este estudio, correspondiente a la variedad Paccho, donde se utilizaron en promedio sólo 10 semillas en la germinación, por lo que no logra ser representativa de la especie.

En el caso contrario, *Cucumis melo* L. fue la especie que presentó una menor pérdida de germinación, presentando incluso una pendiente positiva, por ello la comparación con la revisión bibliográfica se realizó con el promedio de los 3 momentos de evaluación de su germinación, el cual fue de un 88%, lo que se relaciona con estudios anteriores (Roos y Davidson, 1992; Solberg *et al.*, 2020), donde se pudo conservar incluso un 96% de germinación luego de 30 años de almacenamiento (Pérez y Pita, 2001). En ese sentido, pese a haberse estudiado sólo una muestra de semillas como en el caso anterior, correspondiente a la variedad Honey Dew, ésta sí logra representar el comportamiento observado anteriormente en la especie.

Respecto a las demás especies, aquellas en las que se cuenta con información previa sobre almacenamientos prolongados, se presenta un orden relativamente similar al obtenido en este estudio, predominando *Solanum lycopersicum* con una tasa de pérdida de germinación menor que *Beta vulgaris*, *Daucus carota* y *Allium cepa* (Solberg *et al.*, 2020). De éstas se puede mencionar, por ejemplo, que *Solanum lycopersicum* L. puede en ocasiones conservar incluso sobre un 85% de germinación luego de un almacenamiento prolongado (Guidi *et al.*, 2022), valor cercano al obtenido en este estudio cuando se evaluó la germinación de la especie luego de 9 años de almacenamiento.

Acorde a los resultados obtenidos para las especies estudiadas (Figura 1), éstas se pueden clasificar en 3 grupos (Cuadro 4). Por una parte, aquellas que conservan una germinación mayor al 85%, valor límite recomendable para la reposición de semillas y así poder asegurar una adecuada conservación de su especie en el tiempo (Caicheo, 2008). Luego aquellas especies cuya germinación luego de 10 años de almacenamiento fue mayor o igual al 50%. Y finalmente, aquellas que presentan una germinación menor al 50%.

**Cuadro 4.** Clasificación de especies según la conservación de su germinación en el tiempo.

GERMINACIÓN CONSERVADA LUEGO DE ALMACENAMIENTO	ESPECIE
≥ 85%	<i>Cucumis melo</i> L. <i>Cichorium endivia</i> L. <i>Lathyrus sativus</i> L.
≥ 50%	<i>Ocimum basilicum</i> L. <i>Solanum lycopersicum</i> L. <i>Nasturtium officinale</i> L.
< 50%	<i>Allium cepa</i> L. <i>Daucus carota</i> L. <i>Beta vulgaris</i> var. <i>cicla</i> Koch <i>Zea mays</i> L.

Ahora bien, es importante recordar que la velocidad con que cada especie pierde su capacidad para germinar tiene múltiples factores, tanto propios de la semilla como externos. En primer lugar, nos encontramos con las características propias de la especie, las cuales pueden variar dentro de una misma familia, y que determinan el potencial de viabilidad de la semilla (Harrington, 1972), siendo por ejemplo algunas semillas de leguminosas capaces de permanecer viables por más de 100 años gracias a su dura cubierta seminal (Doria, 2010; Pérez y Pita, 2001), mientras que otras como la semilla de soya, perteneciente a la misma familia, presenta una baja longevidad (Solberg *et al.*, 2020), o algunas semillas de cereales capaces de conservar por un largo periodo de tiempo su contenido de almidón gracias a que

tienen un metabolismo más lento, lo que les permite mantener su capacidad germinativa por más tiempo (Pérez y Pita, 2001).

Sin embargo, pese al potencial correspondiente a cada especie, éste será mayor en madurez fisiológica de la semilla (Pérez *et al.*, 2008). Así, a medida que avanza el tiempo y aumenta el periodo de conservación de la semilla, los procesos fisiológicos disminuyen producto del consumo de reservas al interior de la semilla (Doria, 2010), generando a su vez que la capacidad germinativa disminuya (Gutiérrez *et al.*, 2007). Se ha observado, por ejemplo, que *Physalis ixocarpa* Brot (llamado tomate de cáscara en México, su país de origen) almacenados a iguales condiciones, pierden en promedio 8,7% de germinación anualmente, explicado por la disminución de reservas y energía disponible (Pérez *et al.*, 2008) propias del paso del tiempo.

Por otra parte, se presenta como un factor en la conservación de la germinación, el estado de la semilla al momento de almacenarse, tanto físico como fisiológico, ya que éstas pudieran presentar daños mecánicos o deterioro (Valle *et al.*, 2017) a causa de una inadecuada manipulación, pero también pudieran no estar del todo maduras producto de una apresurada cosecha, ocasionando un deterioro y pérdida de viabilidad más rápido (Amir y Afzal, 2020), o presentar desbalances hormonales, estructurales o en sus reservas (Solberg *et al.*, 2020). *Zea mays* L. por ejemplo, requiere un alto contenido de proteínas y carbohidratos al interior de la semilla para poder germinar, lo cual depende tanto del tamaño de la semilla como de la calidad de sus componentes (Escobar *et al.*, 2021).

En el caso de las semillas con las cuales se trabajó en este estudio, se desconocen las condiciones de almacenaje previo a que ingresaran al BSHUCH, esto asociado no sólo a la manipulación que éstas tuvieron, sino que también a los cuidados que recibieron, las condiciones en las cuales fueron cosechadas y, por consiguiente, los daños físicos que pudieran presentar, generando que la variable “tiempo de almacenamiento” no sólo se vea afectada por los meses o años que trascurren, sino que también porque las semillas presenten una menor viabilidad incluso desde antes de conservarse en el BSHUCH. Por ello, desde la cosecha y durante todo el tiempo que se requiera trasladar y conservar la semilla, ésta debe ser manipulada con especial cuidado, evitando así que el material pueda sufrir golpes, caídas o algún otro deterioro indeseado en el proceso.

Y como último punto influyente en la capacidad germinativa, se encuentran las condiciones de almacenamiento en que se encuentra la semilla, lo cual hace referencia en primera instancia a la temperatura, el factor de mayor importancia, pero también a la humedad, o gases (Amir y Afzal, 2020), donde si las condiciones son óptimas, puede aumentarse hasta en 4 veces el tiempo de conservación, permitiendo así una disminución paulatina de la germinación (Solberg *et al.*, 2020), esto gracias a que existe una disminución de la actividad metabólica dentro de la semilla, generando un deterioro más lento (Pérez y Pita, 2001). La disminución de la actividad metabólica permite conservar las reservas por más tiempo para el correcto desarrollo del embrión (Amir y Afzal, 2020). Para el caso particular de este estudio, como son conservadas semillas de diferentes especies en una misma cámara, la temperatura que se utiliza es de 4-5°C junto con la utilización de gel de sílice para disminuir

la humedad, la cual permite disminuir el metabolismo de las semillas, pero no al mínimo como sería posible si se ajustara por especie.

Pese lo anterior, se debe mencionar respecto a los resultados que tanto *Cucumis melo* L. como *Cichorium endivia* L., presentaron una pendiente positiva en la regresión generada, contrario a lo esperado producto del comportamiento metabólico de semillas durante el almacenamiento como se mencionó anteriormente. Esto se relaciona con la poca representatividad que puedan tener los análisis de germinación debido a que las muestras con las que se trabajó en las evaluaciones cuentan con un bajo número de semillas debido a que el origen de las semillas es en su mayoría producto de donaciones de personas naturales (Pertuzé y Nauto, 2023), las cuales no consideran grandes lotes de semillas. Si bien en la mayoría de los casos no se cuenta con el registro del número de semillas que se utilizaron al momento de realizar las pruebas de germinación, se sabe que fue una cantidad menor a la indicada por ISTA (2017), así como también se realizó un menor número de repeticiones. Lo anterior genera imprecisiones en los valores obtenidos de germinación en cada una de las evaluaciones y que, en ocasiones, producto de la aleatorización se seleccionen semillas menos viables o en otros casos, semillas con el mayor potencial de germinación, pudiendo ser esto influenciado por el vigor inicial de la semilla, el cual influye directamente en la posterior viabilidad luego del almacenamiento (Navarro *et al.*, 2015).

Sin embargo, los resultados obtenidos para *Cucumis melo* L. y *Cichorium endivia* L., (figuras 1D y 1C), se pueden interpretar como que estas especies mantienen su germinación luego de un periodo de 10 años de almacenamiento, sin existir mayores pérdidas en su viabilidad y capacidad germinativa.

### Análisis de datos

Al observar en el Cuadro 3, tanto la pendiente de la regresión como la pérdida de germinación anual son relevantes de observar, así como los valores  $R^2$  y su significancia para cada una de las especies. De estos valores se puede desprender que sólo 2 de las especies, *Beta vulgaris* var. *cicla* Koch y *Zea mays* L., presentaron una significancia menor al 5%, lo cual indica que este modelo permite predecir, en base a los años entre los cuales se construyó esta regresión, el porcentaje de germinación de las especies. Para las 8 especies restantes, la significancia fue mayor al 5%, desprendiendo de esta información que los modelos no logran predecir, en base a los años, el porcentaje de germinación para cada una de las especies.

Por otra parte, respecto del  $R^2$  obtenido para las regresiones, son 3 las especies cuyos modelos se ajustan de mejor forma a los datos con valores por sobre 0,7. Estas especies son *Cucumis melo* L., *Beta vulgaris* var. *cicla* Koch y *Zea mays* L., siendo esta última la que obtuvo un mejor ajuste con un valor de 0,999. Por el contrario, fueron 4 especies (*Cichorium endivia* L., *Ocimum basilicum* L., *Solanum lycopersicum* L. y *Allium cepa* L.) las que obtuvieron valores de  $R^2$  menores a 0,2. Incluso en *Ocimum basilicum* L. el valor de  $R^2$  fue de 0,02, indicando que el modelo no logra ajustarse a los datos con los cuales se construyó.

Entre estos indicadores sólo existe relación en *Beta vulgaris* var. *cicla* Koch, *Zea mays* L. y *Ocimum basilicum* L.. Es así como se observa que los menor valores de p-valor son también de los mayores valores de  $R^2$ , indicando estos como los modelos con mejor ajuste y predicción de datos. Por el contrario, el menor valor de  $R^2$  es el cual tiene un mayor valor de p-valor, siendo el modelo con la predicción de valores más baja, dificultando así lograr conclusiones certeras para esta especie con estos resultados. En el resto de las especies no existen correlaciones claras entre ambos indicadores.

Estos resultados se explican por la baja cantidad de datos con los que se dispuso para poder generar el modelo, donde existe una baja cantidad de muestras por especie (entre 1 y 3), y junto con ello, durante los 10 años de almacenamiento estudiados, se realizaron análisis de germinación en sólo 3 momentos, siendo 2 de ellos el momento inicial, al ingresar al banco de semillas, y el final, al realizarse este estudio. Junto con ello, también se relaciona la poca cantidad de semillas con que se trabajó en cada una de las evaluaciones como se mencionó anteriormente, lo cual genera en ocasiones inconsistencias en el comportamiento de las especies respecto a información bibliográfica previa. Por lo cual, necesariamente para mejorar los valores de  $R^2$  es necesario incrementar la cantidad de semillas y muestras utilizadas.

## CONCLUSIONES

Se puede concluir entonces, que cada especie presenta un nivel diferente de pérdida de germinación asociado a las características propias de la semilla, esto puede ser el vigor inicial, la cantidad de reservas presentes en su interior, el metabolismo y cómo éste influye en la degradación de reservas, así como también las barreras físicas naturales de la semilla, como lo es el grosor de la cubierta seminal. Por ello, es que una manipulación adecuada de las semillas, incluso desde su cosecha, es vital para poder conservarlas tanto como su potencial de viabilidad lo permita.

En la misma línea, es la degradación de las reservas presentes en la semilla uno de los factores que afecta la pérdida de germinación, donde algunas especies podrán conservar estas reservas por más tiempo debido a que presentan un metabolismo más lento, es decir, tienen una menor respiración y, por lo tanto, un menor gasto energético dentro de la semilla, lo cual permite mantener los compuestos, conservando así su capacidad germinativa. Siendo *Cucumis melo* L. de las especies con una mayor capacidad para conservar su germinación luego de un periodo prolongado de almacenamiento

Es imprescindible además conocer la o las semillas con las que se trabaja para así entregar a la semilla durante el almacenamiento las condiciones adecuadas tanto de temperatura, humedad, gases, luz, entre otros, pudiendo conservar su viabilidad el mayor tiempo posible sin incurrir en deterioros perjudiciales, sino que, por el contrario, poder extender su capacidad germinativa más allá de lo que le permite la conservación en condiciones ambientales. Además, se debe conocer si estas semillas presentan o no dormancia, puesto que en esos casos se requieren gestiones adicionales que permitan gatillar la germinación. Sin embargo, cuando el almacenamiento de semillas considera múltiples especies, es posible disminuir la actividad metabólica mediante control de temperatura, mas no lograr el potencial de esta gestión, pues se debe resguardar el estado de todas las especies.

Junto con ello, se debe procurar durante todo el proceso en que se conservan las semillas, no descuidar el número de individuos disponibles para trabajar. Esto ya que el principal motivo de almacenar las semillas en el tiempo es poder preservar la especie de interés. Por ello, en caso de ser necesario, se debe realizar una reposición de individuos mediante nuevas recolecciones o por multiplicación de semillas, lo cual es recomendable que se realice cuando se ha superado una pérdida del 15% de la germinación y así la información genética que se encuentra almacenada y deseamos conservar no se pierda por deterioros naturales y fisiológicos en la semilla.

Es así como contar con una base de datos con información completa y actualizada es de un valor tan importante como contar con las muestras para realizar los estudios, detallando las gestiones que se realicen con ellas, en qué momentos y su condición, conociendo de esta forma su historial y así poder homogeneizar procesos y que, junto al uso de metodologías estandarizadas (ya sea a nivel local o internacional), la comparación entre los estudios sea

significativa y atingente, generando modelos que se ajusten a los datos con los cuales se trabaja y que permitan predecir resultados, buscando siempre tener la mayor cantidad de datos posibles para trabajar.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amir, M. and Afzal, I. (2020). Seed storage and longevity: Mechanism, types and management. En A. Kumar (Ed.), *Advances in seed production and management* (pp. 451-468). Springer. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-4198-8\\_21](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-4198-8_21)
- Bewley, J., Bradford, K., Hilhorst, H. and Nonogaki, H. (2013). *Seeds: Physiology of development, germination y dormancy, 3rd edition*. Springer.
- BSHUCH (Banco de semillas hortícolas de la Universidad de Chile). (s.f.). *El banco de semillas*. <https://www.hortalizas.uchile.cl/banco-de-semillas/>
- Caicheo, A. (2008). *Almacenamiento y algunos protocolos de rutina para la mantención de semilla* (Tesis de pregrado). Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile [http://www.umag.cl/biblioteca/tesis/caicheo\\_barrientos\\_2008.pdf](http://www.umag.cl/biblioteca/tesis/caicheo_barrientos_2008.pdf)
- Carrera, G., Calleja, J., Pernas, M., Gómez, L. y Oñate, L. (2020). An updated overview on the regulation of seed germination. *Plants*, 9(6), 1-41. <https://www.mdpi.com/2223-7747/9/6/703>
- CONAF (Corporación Nacional Forestal). (2018, abril). *Crean banco de semillas y laboratorio para conservar flora nativa de Juan Fernández*. <https://www.conaf.cl/crean-banco-de-semillas-y-laboratorio-para-conservar-flora-nativa-de-juan-fernandez/>
- Di Saco, A., Way, M., León, P., Suarez, C. y Díaz, J. (2020). Almacenamiento de las semillas en A. Ruedo y A. Días (Eds.), *Manual de recolección, procesamiento y conservación de semillas de plantas silvestres* (pp. 54-59). <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/35579>
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: Su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos tropicales*, 31(1), 74-85. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v31n1/ctr11110.pdf>.
- El Regionalista. (2023, diciembre). *A 20 grados bajo cero se preservan miles de semillas en Vicuña*. <https://elregionalista.cl/a-20-grados-bajo-cero-se-preservan-miles-de-semillas-en-vicuana/>
- Ellis, R. and Roberts, E. (1980). The influence of temperature and moisture on seed viability period in barley (*Hordeum distichum* L.). *Annals of botany*, 45(1), 31-37. <https://www.jstor.org/stable/42756668>

- Escobar, J., Ramírez, O., Cinsteros, P., Gutierrez, R., Maldonado, M y Valenzuela, J. (2021). Viabilidad y germinación en semillas de maíz criollo del estado de Guerrero. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(2), 1-10. <https://era.ujat.mx/index.php/rera/article/view/2963>
- Guidi, G., Amado, R., Lecot, J., Deladino, L. and Schneider, A. (2022). Longevity of preserved *Solanum lycopersicum* L. seeds: physicochemical characteristics. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 28(2), 505-516. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12298-022-01157-9>
- Gutiérrez, G., Virgen, J. y Arellano, J. (2007). Germinación y crecimiento inicial de semillas de maíz con envejecimiento natural. *Agromía Mesoamérica*, 18(2), 163-170. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/5046/4853>
- Guzzon, F., Gianella, M., Velazquez, J., Sánchez, C. and Costich, D. (2021). Seed longevity of maize conserved under germplasm bank conditions for up to 60 years. *Annals of botany*, 127(6), 775-785. <https://academic.oup.com/aob/article/127/6/775/6134530?login=false>
- Harrington, J. (1972). Seed storage and longevity. En T. T. Kozlowski. (Ed.), *Seed biology* (pp. 145-245). Wisconsin, Estados Unidos: Academic Press <https://www.sciencedirect.com/book/9780123956057/insects-and-seed-collection-storage-testing-and-certification>
- ISTA (International seed testing association) (2017). *Reglas internacionales para el análisis de las semillas 2017*.
- León, P. y Way, M. (2004). Conservando semillas para el futuro. *Tierra adentro*, 57, 32-35. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6104/NR31413.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Matilla, A. (2008). Desarrollo y germinación de las semillas. En J. Azcón-Bieto y M. Talón (Eds.), *Fundamentos de fisiología* (pp. 537-558). <https://www.researchgate.net/Desarrollo-y-germinacion-de-las-semillas.pdf>
- Navarro, M., Febles, G. and Herrera, R. (2015). Vigor: essential element for seed quality. *Cuban journal of agricultural science*, 49(4), 447-458 <http://scielo.sld.cu/pdf/cjas/v49n4/cjas03415.pdf>
- Pañitrur, C., Ibáñez, S., León, M., Martínez, K. and Sandoval, A. (2020). Conservation of native plants in the seed base Bank of Chile. *Conservation Science and Practice*, 2(11), 1-10. <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/csp2.292>

- Pérez, I., Ayala, O., González, V., Carrillo, J., Peña, A. y García, G. (2008). Indicadores morfológicos y fisiológicos del deterioro de semillas de tomate de cáscara. *Agrociencia*, 42(8), 891-901. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v42n8/v42n8a4.pdf>
- Pérez, F. y Pita, J. (2001). Viabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas. *Hojas divulgadoras*, 2112, 1-16. <https://www.coiaclc.es/wp-content/uploads/2016/05/Viabilidad.pdf>
- Pertuzé, R. y Nauto, J. (2023). Banco de semillas hortícolas de la Universidad de Chile. Versión 1.0. Universidad de Chile. <https://gbif-chile.mma.gob.cl/ipt/resource?r=bshuch#anchor-downloads>
- Pita, J. y Pérez, F. (1998). *Germinación de semillas*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación [MAPA]. [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1998\\_2090.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1998_2090.pdf).
- Reed, R., Bradford, K. and Khanday, I. (2022). Seed germination and vigor: ensuring crop sustainability in a changing climate. *Heredity*, 128, 450-459. <https://www.nature.com/articles/s41437-022-00497-2>
- Roos, E. and Davidson, D. (1992). Record longevities of vegetable seeds in storage. *HortScience*, 27(5), 393-396. <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/27/5/article-p393.xml>
- SAG (Servicio Agrícola y Ganadero). (s.f.). *Laboratorio de semillas*. <https://www.sag.cl/ambitos-de-accion/laboratorio-de-semillas>
- Saxena, O., Singh, G., Pakeeraiah, T. and Pandey, N. (1987). Seed deterioration studies in some vegetable seeds. *Acta horticultrae*, 215, 39-44. [https://www.actahort.org/books/215/215\\_5.htm](https://www.actahort.org/books/215/215_5.htm)
- Solberg, S., Yndgaard, F., Andreasen, C., von Bothmer, R., Loskutov, I. and Asdal, A. (2020). Long-Term storage and longevity of orthodox seeds: A systematic review. *Plant Science*, 11, 1-14. <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2020.01007/full>
- Suárez, D. y Melgarejo, L. (2010). Biología y germinación de semillas. En L. Melgarejo (Ed.), *Experiments in plant physiology* (pp. 13-24). Universidad Nacional de Colombia. [https://dlwqtxts1xzle7.cloudfront.net/32172810/03\\_Cap01\\_Biologia\\_y\\_germinacion\\_de\\_semillas.pdf](https://dlwqtxts1xzle7.cloudfront.net/32172810/03_Cap01_Biologia_y_germinacion_de_semillas.pdf).
- Universidad de Concepción. (s.f.). *Laboratorio de semillas*. <http://www.forestal.udec.cl/inicio/laboratorios/laboratorio-de-semillas/>

- Valle, R., Covarrubias, J., Ramírez, G., Aguirre, C., Iturriaga, G. y Raya, J. (2017). Efecto del osmocondicionamiento sobre la germinación del maíz tipo palomero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(2), 307-319. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v8n2/2007-0934-remexca-8-02-307.pdf>
- Vásquez-Yanes, C. y Toledo, J. (1989). El almacenamiento de semillas en la conservación de especies vegetales: Problemas y aplicaciones. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 49, 61-69. <https://www.botanicalsciences.com.mx/botanicalSciences/article/1366/1016>