



**UNIVERSIDAD DE TALCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**Cuantificación y estrategia de la dispersión de semillas de Hualcacho  
(*Echinochloa crusgalli*) en condiciones experimentales**

**MEMORIA DE TÍTULO**

**LUIS ALEJANDRO ALVARADO ZAMORA**

**TALCA- CHILE  
2019**



**UNIVERSIDAD DE TALCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**Cuantificación y estrategia de la dispersión de semillas de Hualcacho  
(*Echinochloa crusgalli*) en condiciones experimentales**

**Por  
Luis Alejandro Alvarado Zamora.**

**MEMORIA DE TITULO**

**Presentada a la  
Universidad de Talca como  
parte de los requisitos para optar al título de**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TALCA, 2019**

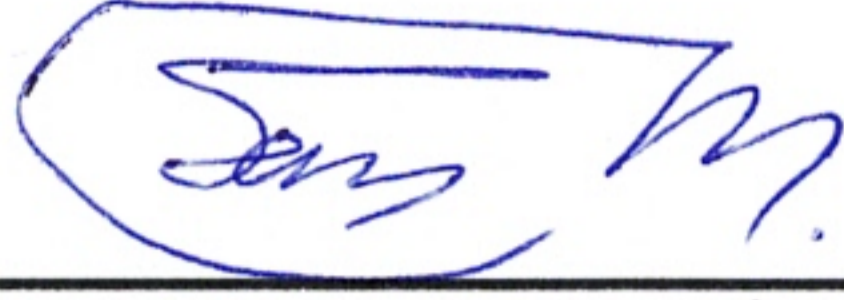
## CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



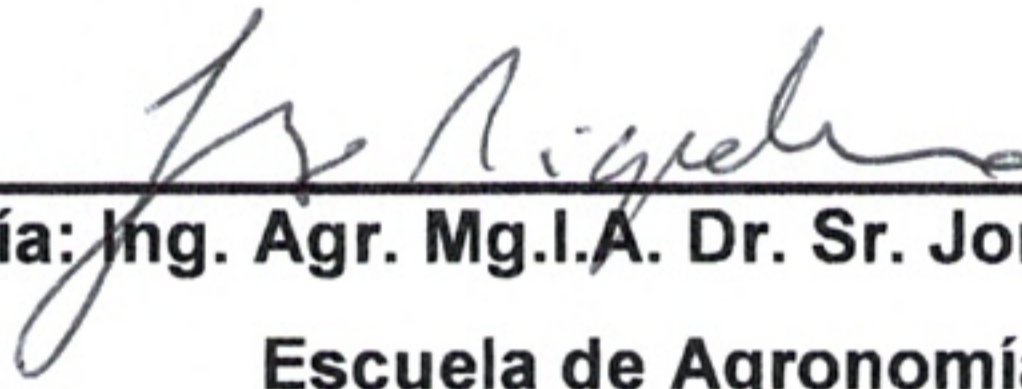
Talca, 2019

**Aprobación:**



---

**Profesor Guía: Dr. José San Martín Acevedo**  
**Instituto de Ciencias Biológicas**  
**Universidad de Talca**



---

**Profesor co-guía: Ing. Agr. Mg.I.A. Dr. Sr. Jorge Riquelme Sanhueza**  
**Escuela de Agronomía**  
**Facultad de Ciencias Agrarias**  
**Universidad de Talca**

**Fecha de presentación de la Defensa de Memoria: 08/05/2019**

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a mis padres Patricia Zamora y Eladio Alvarado, quienes me apoyaron en el proceso formativo como estudiante en la universidad. También extendo mis agradecimientos a mi abuela materna Rufina Bermúdez y mi abuelo Luis Zamora; como también a mis hermanos Matías, Gabriela y Felipe; igualmente mis tíos Ramón y Franci, quienes han sido fundamental en este proceso con su apoyo incondicional. Finalmente, no puedo dejar de mencionar a mis tíos políticos Waldo Orellana (Q.E.P.D) y Isabel Alvarado. Sin dejar de mencionar a Guillermo Orellana, amigo y compañero desde el liceo cuando comenzamos en el mundo del agro.

Durante este proceso de investigación y de trabajo en esta tesis, quiero agradecer por el apoyo constante y la paciencia tremenda que tuvo mi profesor guía José San Martín, el cual, a pesar de desaparecer por momentos debido a estar trabajando, siempre estuvo con mucha disposición para terminar aquel proceso, por lo cual le agradezco infinitamente. También quiero agradecer a mi profesor co-guía Jorge Riquelme también por la paciencia y disposición en todo momento por aceptar colaborar y ser parte de esta investigación.

También quiero agradecer a mi polola Karina Arellano que ha sido fundamental en este proceso desde que llego a mi vida; y ha sido un gran apoyo para lograr y concretar este objetivo, así como compañeros de carrera y actividades deportivas con quienes cultivamos una sana amistad al mantener con vida el Club Atlético Real Maíz que se formó para representar a agronomía.

Finalmente extendo mis agradecimientos a los profesores que contribuyeron en mi formación profesional.

## RESUMEN

*Echinochloa crusgalli*, Hualcacho, Poaceae es reconocida en Chile como una de las malezas agresivas en los cultivos de arroz, *Oryza sativa*, de la zona central. Para los agricultores demanda estrategias de cultivos y control químico incrementando el uso de insumo y costos del cultivo.

Para explicar el patrón de distribución espacial de *E. crusgalli* en condiciones experimentales de laboratorio se evaluó la influencia morfológica de tamaño y peso de las semillas, altura de caída a 0,5, 1,0 y 2,0 m, influencia del viento a 0,5, 1,0 y 2,0 m y tiempo de flotabilidad de los granos en agua en reposo.

La contribución de granos por panoja es de 702 con tamaños promedios de 9,77 mm. Por otro lado, la dimensión de las glumas es 3,42 mm, la arista 5,95 mm y cariósipide 1,92 mm. El peso promedio fue de 1,7 mg.

La dispersión y alejamiento de los granos de la planta madre aumenta con alturas de 1,0 y 2,0 y a menor distancia de 0,5 m de la fuente emisora de viento Se observa que no hay influencia de la arista.

Finalmente, en agua en reposo las espiguillas se mantienen a flote 15 días iniciándose el hundimiento que culmina a los 30 días y depositarse en el fondo.

Se concluye que las variables importantes que contribuyen a aumentar el espaciamiento de las poblaciones y ocupación del espacio son el pequeño tamaño y peso de los granos, así como la altura de caída e intensidad del viento. Así mismo, el tiempo de flotabilidad igualmente contribuiría a la dispersión con posterior precipitación formando parte del banco de semillas y sobrevivir por largo tiempo en el suelo.

## ABTRACT

*Echinochloa crusgalli*, Hualcacho, Poaceae is recognised as one of the aggressive weeds in rice crops, *Oryza sativa* in the central zone of Chile, therefore demanding crop strategies and chemical control with increased inputs and costs.

In order to explain the spatial distribution pattern of *E. crusgalli* under experimental laboratory conditions, the morphological influence of seed size and weight was evaluated, along with the fall height to 0.5, 1.0 and 2.0 m, as well as the influence of the wind to 0.5, 1.0 and 2.0 m and the time of buoyancy of the grains in resting water.

The average sizes of the grains as spikelets were 9.77 mm while for the glumes it was of 3.42 mm, 5.95 mm for the edge and 1.92 mm for the caryopsis. The average weight was 1.7 mgr. The distancing of spikelets as a dispersion method increases with heights of 1.0 and 2.0 and a smaller distance from the wind source (0.5 m). It is observed that there is no influence of the edge.

Finally, in the resting water, the spikelets stay afloat for 15 days, beginning the subsidence that culminates at 30 days.

It is therefore concluded that the important variables that contribute to the increase in the spacing of populations and occupation of space are explained by the small size and weight of the spikelets, as well as the height of fall and the intensity of the wind. Likewise, the buoyancy time would contribute to increase the distance of separation and survival of the grains in nature.

## Índice

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	12
1.1 Hipótesis .....	13
1.2 Objetivos General .....	13
1.3 Objetivos Específicos .....	13
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	14
2.1 Generalidades del cultivo del Arroz .....	14
2.1.1 Antecedentes de los volúmenes de producción de arroz, <i>Oryza sativa</i> .....	14
2.1.2 Situación nacional del cultivo del arroz en Chile .....	14
2.1.3 Requerimientos de Cultivo .....	15
2.1.3 Clima .....	15
2.1.4 Consideraciones en la preparación de suelo para el cultivo del arroz .....	15
2.2 Posición sistemática y morfología de <i>Oryza sativa</i> y <i>Echinochloa crusgalli</i> .....	18
2.2.1 Descripción morfológica de la Familia Poaceae .....	18
2.2.2 Descripción morfológica de la <i>Oryza sativa</i> .....	21
2.2.3 Descripción morfológica de <i>Echinochloa</i> .....	22
2.2.4 Descripción morfo-botánica de <i>Echinochloa crusgalli</i> .....	25
2.3 Dispersión de la cariósipide .....	27
2.4 Impacto y control de <i>Echinochloa crusgalli</i> en el cultivo del arroz .....	28
2.5 Ecología de <i>Echinochloa crusgalli</i> .....	29
2.5.1 Hábitat .....	29
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	30
3.1 Colecta de muestras de panojas .....	30
3.2 Preparación de las muestras .....	30
3.3 Disposición de los materiales para el ensayo .....	30
3.4 Equipo Instrumental utilizado .....	31
3.5 Caracterización del material vegetal para el ensayo .....	31
3.5.1 Cuantificación de las espículas y peso de las muestras de semillas .....	32
3.5.2 Peso seco .....	32
3.5.3 Medidas de los granos .....	33
3.6 Diseño experimental .....	33
3.6.1 Altura de caída de la planta .....	33
3.6.2 Influencia del viento .....	34
3.6.3 Determinación del tiempo de flotabilidad .....	35
3.7 Diseño y tratamiento estadístico .....	36



<b>4. RESULTADO Y DISCUSION</b> .....	37
4.1 Valores del peso (miligramos) y longitud (mm) de la espiguilla de <i>Echinochloa crusgalli</i> . 37	
4.1.1 Peso de los granos .....	37
4.1.2 Dimensiones de las estructuras de los granos de <i>E. crusgalli</i> según sector de colecta .....	39
4.2 Fenomenología de la dispersión .....	42
4.2.1 Altura de caída de la semilla.....	42
4.3.2 Influencia del viento en la dispersión de la semilla.....	48
4.3.3 Tiempo de flotabilidad de las espiguillas para 5 muestras en agua en reposo.....	50
<b>5. CONCLUSION</b> .....	51
<b>6. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	52
<b>7. ANEXOS</b> .....	56

## INDICE DE CUADROS

Contenido	Paginas
<b>Cuadro 2.1</b> Costos de herbicidas aplicados en Chile para el control de <i>E. crusgalli</i> en una hectárea de arroz.....	<b>15</b>
<b>Cuadro 4.1</b> Peso (miligramos) individual de 30 granos con glumas y arista en (miligramos) de <i>E. crusgalli</i> subdividido en grupos de 10.....	<b>37</b>
<b>Cuadro 4.2</b> Valores promedio de la longitud (mm) de arista, espiguilla y cariósipide para de (38) muestras procedentes de 4 sectores.....	<b>39</b>
<b>Cuadro 4.3</b> Valores promedios de distancia de alejamiento para los granos de <i>E. crusgalli</i> con y sin la presencia de arista .....	<b>44</b>
<b>Cuadro 4.4</b> Valores de mediana de dispersión (cm) de granos de <i>E. crusgalli</i> con gluma para tres alturas de caída .....	<b>45</b>
<b>Cuadro 4.5</b> Valores estadísticos comparativos de distancia para granos con arista y sin arista en relación a las tres alturas de caída 0,5, 1 y 2 metros en condiciones experimentales.....	<b>47</b>
<b>Cuadro 4.6</b> Distancia de dispersión (cm) por viento de semillas de <i>E. crusgalli</i> con y sin arista a 0,5, 1 y 2 metros de la fuente de emisión.....	<b>48</b>
<b>Cuadro 4.7</b> Valores de significancia estadística de las distancias de dispersión por viento de semillas de <i>E. crusgalli</i> para distancias de la fuente 0,5, 1 y 2 metros para ambos tipos.....	<b>48</b>

## INDICE DE FIGURAS

Contenido	Paginas
<b>Figura 2.1</b> Sistema de cuadros grandes y pretiles rectos.....	<b>16</b>
<b>Figura 2.2</b> Presencia de pretiles en un cultivo de arroz.....	<b>17</b>
<b>Figura 2.3</b> Aurículas y Lígula presentes en la morfología de las familias gramíneas.....	<b>19</b>
<b>Figura 2.4</b> Esquema de espiguilla pluriflora.....	<b>20</b>
<b>Figura 2.5</b> Esquema de la espiguilla Uniflora.....	<b>20</b>
<b>Figura 2.6</b> Etapas fenológicas del cultivo de arroz.....	<b>21</b>
<b>Figura 2.7</b> Planta de <i>Echinochloa crusgalli</i> en condiciones silvestres.....	<b>22</b>
<b>Figura 2.8</b> Espiguillas de <i>Echinochloa crusgalli</i> en condiciones silvestres.....	<b>23</b>
<b>Figura 2.9</b> Ilustración de una espiguilla de <i>E. crusgalli</i> con indicación de las glumas y cariósipide A. Gluma superior, B. Gluma Inferior, C. Lema fértil y D. Lema estéril.....	<b>24</b>
<b>Figura 2.10</b> <i>E. crusgalli</i> “Hualcacho Negro”.....	<b>25</b>
<b>Figura 2.11</b> <i>E. oryzoides</i> ” Hualcacho Blanco”.....	<b>25</b>
<b>Figura 2.12</b> Morfología comparativa a nivel de zona del cuello de la hoja entre la plántula de <i>E. crusgalli</i> (A) y <i>O. Sativa</i> (B).....	<b>26</b>
<b>Figura 2.13</b> Esquema de <i>Echinochloa crusgalli</i> : A.- Espiga y Tallos B.- Espiguilla aristada.....	<b>27</b>
<b>Figura 3.1</b> Esquema del procesamiento de las muestras.....	<b>31</b>
<b>Figura 3.2</b> Diagrama experimental de la altura de caída de la espiguilla de la planta.....	<b>34</b>
<b>Figura 3.3</b> Diagrama experimental de la influencia de la fuente de emisión del viento en el avance de la cariósipide de <i>E. crusgalli</i> .....	<b>35</b>
<b>Figura 3.4</b> Diagrama experimental de la determinación de flotabilidad.....	<b>36</b>
<b>Figura 4.1</b> Distribución de peso (mg) según frecuencia.....	<b>38</b>
<b>Figura 4.2</b> Longitud promedio de las espiguillas sin aristas para muestras según localidad de origen.....	<b>40</b>
<b>Figura 4.3</b> Longitud promedios de las aristas de las muestras para localidades de colecta.....	<b>41</b>
<b>Figura 4.4</b> Longitud promedio de la cariósipide sin las glumas y arista para muestras de 4 sectores.....	<b>42</b>
<b>Figura 4.5</b> Espiguilla <i>E. crusgalli</i> sin la presencia de arista.....	<b>43</b>
<b>Figura 4.6</b> Espiguilla <i>E. crusgalli</i> con la presencia de arista.....	<b>43</b>
<b>Figura 4.7</b> Distancia de alejamiento de semillas <i>E. crusgalli</i> con arista por caída de tres alturas diferentes 0,5, 1 y 2 metros.....	<b>45</b>
<b>Figura 4.8</b> Distancia de alejamiento de semillas <i>E. crusgalli</i> sin arista para tres alturas de caídas 0,5, 1 y 2 metros de alturas.....	<b>46</b>

**Figura 4.9** Distancia de alejamiento por caídas de semillas *E. crusgalli* con y sin arista desde 2 metros de altura.....**47**

**Figura 4.10** Distancia de alejamiento de la semilla *E. crusgalli* por viento con y sin arista a la distancia de 1 metro de la fuente.....**49**

**Figura 4.11** Diagrama del tiempo de flotabilidad de las espiguillas de *E. crusgalli* según valores porcentuales en agua en reposo.....**50**

## 1. INTRODUCCIÓN

En la estrategia de sobrevivencia de una especie vegetal se dan dos procesos: la reproducción y la dispersión de frutos y/o semillas. Estos eventos tienen importancia en las malezas por cuanto influyen en su extensión o ampliación de área y en la posterior colonización. Este último proceso en los cultivos se expresa como invasión con incremento en las poblaciones afectando el cultivo por rendimiento, crecimiento y vigor (Issifu et al, 2016).

Las malezas como plantas silvestres logran sobrevivir y permanecer en el tiempo por su capacidad reproductiva quedando los frutos y semillas depositadas bajo la planta madre o dispersados a distancias por diversos mecanismos y avanzar en la invasión a nuevos sitios o cultivos. El resultado de este proceso es una ampliación del área distribucional. Desde la caída de los frutos o semillas hasta la llegada al nuevo sitio influyen procesos y elementos condicionados por la morfología y la fisiología que se vinculan con los mecanismos de movilidad o traslado. Por otro lado, del conjunto de semillas o frutos es esperable que no todos o todas participen en la regeneración natural. Para una regeneración exitosa se postula, por ejemplo, que la influencia del peso estaría relacionada con la cantidad de reservas lo que garantizaría el éxito de la germinación (Issifu et al, 2016).

En Chile central una de las malezas que frecuenta cultivos anegados como los arrozales es *Echinochloa crusgalli* comúnmente conocido como “Hualcacho” (Ormeño, 1992). Esta especie presenta una amplia distribución en América y otros continentes con un hábitat restringido a suelos anegados comportándose como un helófito (Pedreros y Alvarado, 1994). La planta es de ciclo anual y su altura de crecimiento puede sobrepasar el metro de longitud.

En ambientes húmedos *Echinochloa crusgalli*, desarrolla crecimientos modulares, es decir, con varios tallos y un único sistema radical, que, en términos prácticos, se conoce como macolla. En estos ambientes la especie no se presenta en densas poblaciones sino relativamente espaciada. Tal estrategia y comportamiento genera dificultades cuando en los cultivos se desea controlar como maleza, implicando aumento en los costos e insumos.

La estrategia de colonización, reproducción y dispersión de una maleza como *E. crusgalli* se relaciona con la ecología de especie. De acuerdo con lo anteriormente señalado y en condiciones experimentales, se propone un estudio descriptivo del síndrome de dispersión para semillas o frutos (botánicamente cariósida) maduros de *Echinochloa crusgalli*. Así mismo, describir y caracterizar la morfología de las diásporas (granos) y su influencia en la estrategia

de la dispersión, aquí las formas de dispersión consideradas se reducen a altura de caída y distancias de alejamiento de la planta madre, movilidad por viento y tiempo de flotación en agua en reposo. Con los resultados se busca explicar el modelo de distribución espacial en terreno de las poblaciones de *Echinochloa crusgalli*, como también comprender la ecomorfología e influencia en la ecología de la especie.

Para el desarrollo del trabajo se plantea la siguiente hipótesis y objetivos como sigue:

### 1.1 Hipótesis

La capacidad de colonización y modelo de distribución espacial de *Echinochloa crusgalli* está relacionada con la estrategia de dispersión y la morfología de la cariósida.

### 1.2 Objetivos General

Caracterizar la estrategia de dispersión de la maleza invasora de cultivos anegados *Echinochloa crusgalli* y su relación con atributos morfológicos y de variables físicas que facilitan el desplazamiento a distancia.

### 1.3 Objetivos Específicos

- Describir el síndrome de dispersión de las gramíneas.
- Caracterizar la morfología de la semilla.
- Definir la fenomenología de dispersión de la *Echinochloa crusgalli* por medio de agentes abióticos del ambiente.

## 2.REVISION BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Generalidades del cultivo del Arroz

#### 2.1.1 Antecedentes de los volúmenes de producción de arroz, *Oryza sativa*

El inicio del cultivo del arroz (*Oryza sativa*) tiene su centro de origen en Asia. En esta área y dentro de los cereales, representa la principal fuente de alimento para la población humana (Hamilton, 2004). El cultivo se remonta a 10.000 años antes de Cristo. A nivel mundial los principales productores y porcentajes de mayor contribución son: China (27%), India (19%), Indonesia (7%) y Bangladesh (6%) (Odepa, 2014).

La producción de arroz a nivel mundial para el año 2017 ascendió a un total de 756,7 millones de toneladas. La mayor producción, del mundo se concentra en la región de Asia con 684,2 millones de toneladas, destacándose aquí China como el mayor productor con 210,2 millones de toneladas; seguido de India e Indonesia con 164,2 y 74,2 millones de toneladas respectivamente. En tanto, en América Latina y el Caribe, el aporte mundial es de 28,4 millones de toneladas, siendo Brasil el mayor productor de la región con 12,3 millones de toneladas, seguido de Perú con 3 y Colombia con 2,9 millones (FAO, 2018).

#### 2.1.2 Situación nacional del cultivo del arroz en Chile

En Chile, el cultivo de arroz para la temporada 2016/2017 registra 20.937 Ha cultivadas (Odepa, 2018), de las cuales se concentran principalmente entre la VII y VIII Regiones. Dentro de ellas la Región del Maule contribuye con la mayor superficie a nivel nacional, con alrededor del 83% equivalente a 17,395 ha. A nivel regional la comuna de Parral es la que concentra la mayor producción. Por su parte, los rendimientos alcanzados a nivel nacional para la temporada 2016/2017 alcanzaron a 131 mil toneladas de arroz. A nivel del país esta cantidad representa, alrededor del 44% del consumo nacional con lo cual para suplir la demanda es necesario importar, siendo principalmente 3 países entre ellos Argentina como primer proveedor, seguido de Uruguay y finalmente Pakistán (Odepa, 2017).

Los cultivos de arroz son anegados y se restringen a suelos arcillosos de la depresión intermedia con gran demanda de agua y agroquímicos para el control de las malezas, siendo la más importante *Echinochloa crusgalli*. En el cuadro 2.1 se mencionan los herbicidas más utilizados durante la temporada del cultivo para el control de Hualcacho. La utilización de estos

agroquímicos conlleva a un costo que puede alcanzar los \$220.973 por hectárea con tres aplicaciones.

**Cuadro 2.1** Costos de herbicidas aplicados en Chile para el control de *E. crusgalli* en una hectárea de arroz.

Herbicida	Época	Dosis/Ha	Valor x Litro	Valor x Ha
<b>RoundUp</b>	Barbecho Q.	3,5 L/ha <sup>-1</sup>	\$10.223	\$35.780
<b>Molirox</b>	Pre-Siembra/1-2 Hojas.	6 L/ha <sup>-1</sup>	\$21.671	\$130.026
<b>Exocet 35 SC</b>	2-3 Hojas	1,5 L/ha <sup>-1</sup>	\$36.778	\$55.167
<b>Loyant</b>	2-3 Hojas	1,2 L/ha <sup>-1</sup>	\$92.870	\$111.444
<b>Rincer</b>	2-3 Hojas	0,2 L/ha <sup>-1</sup>	\$489.328	\$97.865
<b>Clincher</b>	2-4 Hojas	0,3 L/ha <sup>-1</sup>	\$37.641	\$11.292

Elaboración propia con información oral Cooperativa Agrícola Lechera Santiago

### 2.1.3 Requerimientos de Cultivo

#### 2.1.3 Clima

El arroz es cultivado en climas tropicales, subtropicales e incluso climas templados. El cultivo puede desarrollarse desde el nivel del mar hasta los 2.500 m.s.n.m. La disponibilidad de agua condiciona el cultivo (Del Pozo, 2016) dado que la mayor práctica es la modalidad de suelos anegados. Para la germinación se requiere un mínimo de 10°C y para el crecimiento vegetativo el óptimo es sobre los 13°C. Estos requerimientos se incrementan en la etapa reproductiva por cuanto en la floración temperaturas inferiores a los 18°C prevalece el riesgo de aumento de la esterilidad floral (Alvarado y Hernaíz, 1995).

#### 2.1.3.2 Suelo

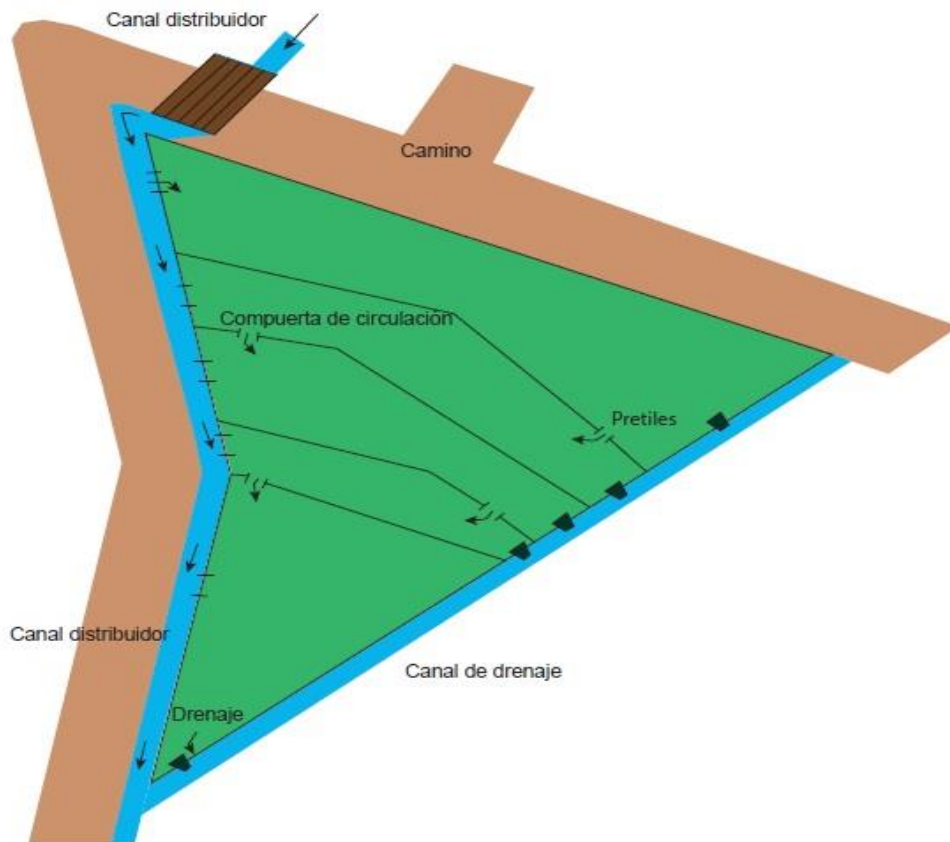
El cultivo de arroz se adapta a suelos muy diferentes. No requiere suelos profundos puesto que su sistema radicular es superficial. Normalmente se establece en zonas a baja altitud y llanas, aunque en los países asiáticos se cultiva en laderas abancladas (Veríssimo, 2002).

Sin embargo, para el cultivo el suelo requiere un alto contenido de arcillas, debido a que por un tiempo más prolongado aumenta la capacidad de retención de humedad. Además, se requiere de otras características especiales como pH entre 5,1 y 6,5, con baja materia orgánica y una capa impermeable que determina un escaso desarrollo de perfil (Fauguenbaum, 1987).

#### 2.1.4 Consideraciones en la preparación de suelo para el cultivo del arroz



La preparación de suelo en el cultivo del arroz cumple un rol importante para el desarrollo de éste; debido a su directa relación con los propios manejos agronómicos del cultivo (Alvarado y Hernaíz, 2007). El sistema de preparación de suelo consiste en lograr una profundidad adecuada, en donde se mantengan las propiedades y su nivelación; además se recomienda realizar un control de malezas previo a esta labor. Así mismo la superficie del cultivo se adecúa para la inundación y circulación del agua. Esta adecuación incluye un diseño de pretiles o barreras limitantes de suelo para contener el agua y el paño correspondiente a una superficie de cultivo y de apocamiento del agua. La delimitación de los paños es por los pretiles (Ver Figura 2.1 y 2.2).



**Figura 2.1** Sistema de cuadros grandes y pretiles rectos (Alvarado, 2007)



**Figura 2.2** Presencia de pretils en un cultivo de arroz (Cropcheck Chile, 2011)

En Chile, actualmente se implementan dos sistemas de establecimiento de cultivo: uno convencional por inundación (Tinarelli, 1989) y otro por siembra en seco (Parada et al, 2015). La práctica u opción del suelo se relaciona con el manejo y control de malezas.

En la modalidad tradicional incluye manejos de nivelación del terreno mediante, equipos de tracción animal o mecánica. Posteriormente se mulle e incorpora rastrojos en el terreno, que a su vez contiene una capa mínima de agua en los pretils ya formados, para su posterior inundación (Tinarelli, 1989).

Actualmente en el país es posible la preparación del suelo en seco, para la cual es necesario previamente una nivelación a cota 0 o con micro nivelación (Alvarado y Hernaiz, 1995). Normalmente las labores comienzan a inicio de primavera con la humedad de suelo que permita la actividad y movilidad de la maquinaria agrícola y con ello preparar una adecuada cama de semilla. En el periodo de descanso, entre años del suelo, se realiza barbecho químico en época estival con posterior rastraje para bajar el nivel de malezas presentes, y posteriormente repetir el proceso en invierno (Parada et al, 2015).

En ambos sistemas de cultivo, las malezas constituyen una de las principales limitantes, destacando a gramíneas, alismatáceas y ciperáceas como las más importantes. Como gramínea sobresale *Echinochloa crusgalli*, en las alismatáceas *Alisma plantago aquatica* y *Alisma lanceolatum* y en las ciperáceas *Juncus difformis*. En el cultivo del arroz el periodo crítico de competencia con las malas hierbas se produce en los primeros 30 a 45 días, llegando a pérdidas del 52% de no ser controladas (Hernaíz, 1986).

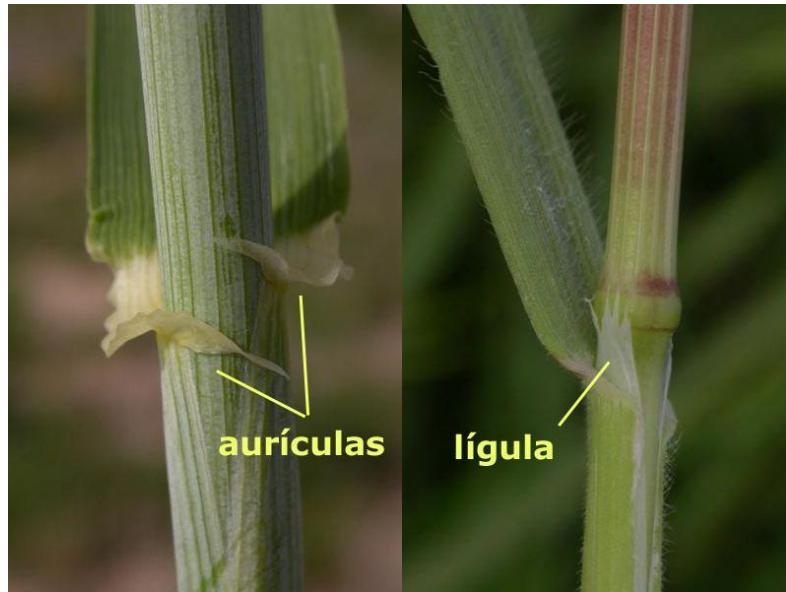
Bajo el sistema de inundación, los trabajos realizados entre otoño e invierno favorecen la germinación de las semillas en la siguiente primavera, las que son destruidas con las labores de pre-siembra. Posteriormente, con el cultivo establecido, el manejo de la lámina de agua inhibe el crecimiento de la mayoría de las malezas; y las que son resistente a esta condición de inundación son químicamente controladas (Cropcheck Chile, 2011). Por su parte, en la siembra en seco el control de malezas comienza con un barbecho químico, que se realiza en la época estival en suelos sin cultivos previos, en tanto, en predios que vienen con un cultivo anterior se realiza este mismo barbecho, pero en época de invierno para lograr un control efectivo del pool de malezas. Durante el desarrollo del cultivo del arroz, en sus primeras etapas, es posible realizar dos controles químicos, que corresponden a preemergencia y post-emergencia (Parada et al, 2015).

## 2.2 Posición sistemática y morfología de *Oryza sativa* y *Echinochloa crusgalli*

### 2.2.1 Descripción morfológica de la Familia Poaceae

La Familia Poaceae o también conocida como gramíneas es incluida en la clase de las monocotiledóneas. Las especies son herbáceas siendo muy pocas leñosas. Su relevancia viene dada, por cuanto comprende una gran diversidad de especies de las cuales muchas tienen importancia agrícola a nivel de cultivos y malezas (Kellogg, 2015).

Dentro de la morfología de las plantas, es destacable el tallo de tipo caña, cilíndrica, con nudos macizos y hueco en los entrenudos. En los nudos se insertan las hojas. En los estados vegetativos el tallo es muy corto; y con ello dar lugar a estolones o rizomas. Las hojas de las plantas son alternas, con forma de vaina que envuelve el tallo y representa la base. La parte superior se desarrolla como limbo o lámina. En la unión del limbo y la vaina puede presentarse una lígula membranosa o pilosa y en la base de la lámina pueden desarrollarse dos aurículas (Fig. 2.3).



**Figura 2.3** Aurículas y Lígula presentes en la morfología de las familias gramíneas (UPNA, 2018)

Las flores son hermafroditas, raramente unisexuales. Estas flores están dispuestas en espigas compuestas de una o varias flores. Cada flor con envolturas y estructuras sexuales de estambres y gineceo se denomina espiguilla o espícula. Cada espiguilla presenta en la base dos glumas una superior y otra inferior. Por sobre estas glumas la flor es acompañada de dos glumillas de las cuales, la inferior es de mayor tamaño conocida como lema o lemna, respecto de la superior que es más pequeña denominada pálea (Fig.2.4). Estas glumillas en su extremo apical pueden estar prolongadas en aristas denominándose aristadas o si carecen de ella místicas (Fig. 2.5) En la estructura floral dos glumas con una flor con sus correspondientes glumelas lemna y pálea representa una espiguilla o espícula uniflora. Contrariamente si las glumas rodean a más flores es una espiguilla pluriflora (Villarías, 2006) (Fig. 2.4).

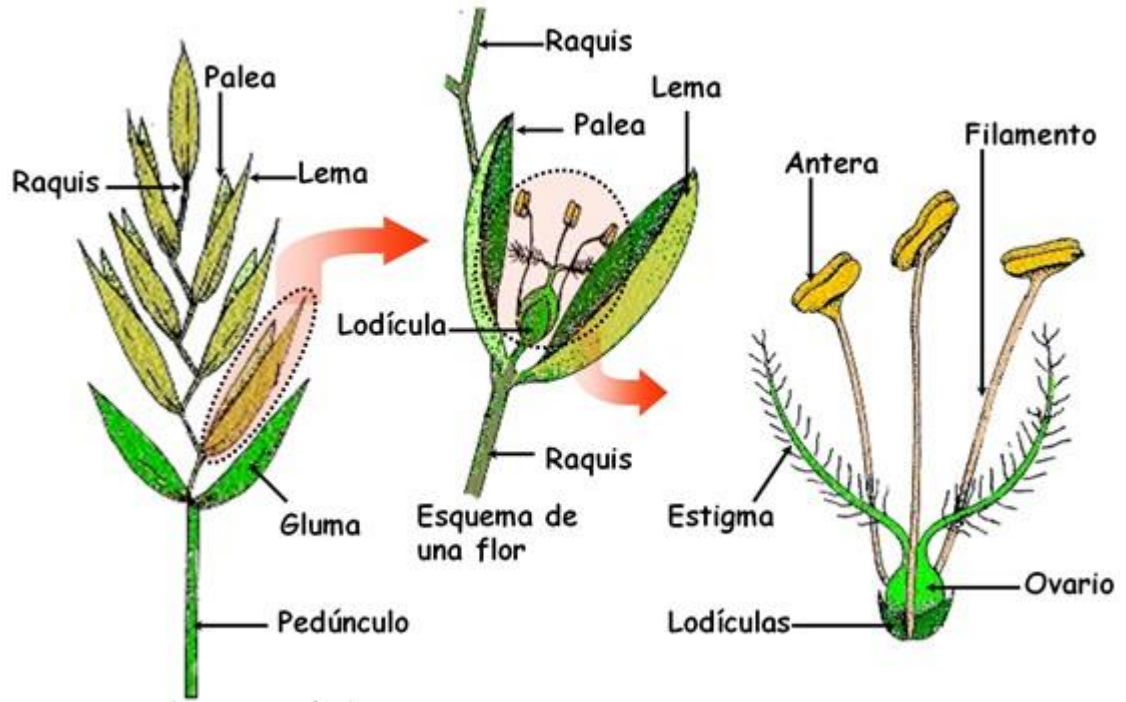


Figura 2.4 Esquema de espiguilla pluriflora (UPV, 2018)

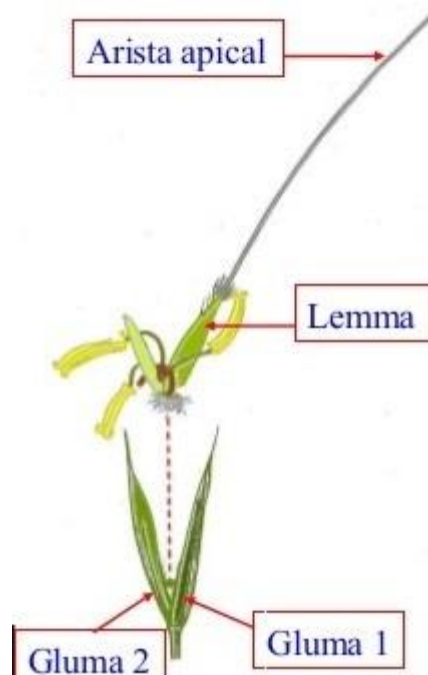


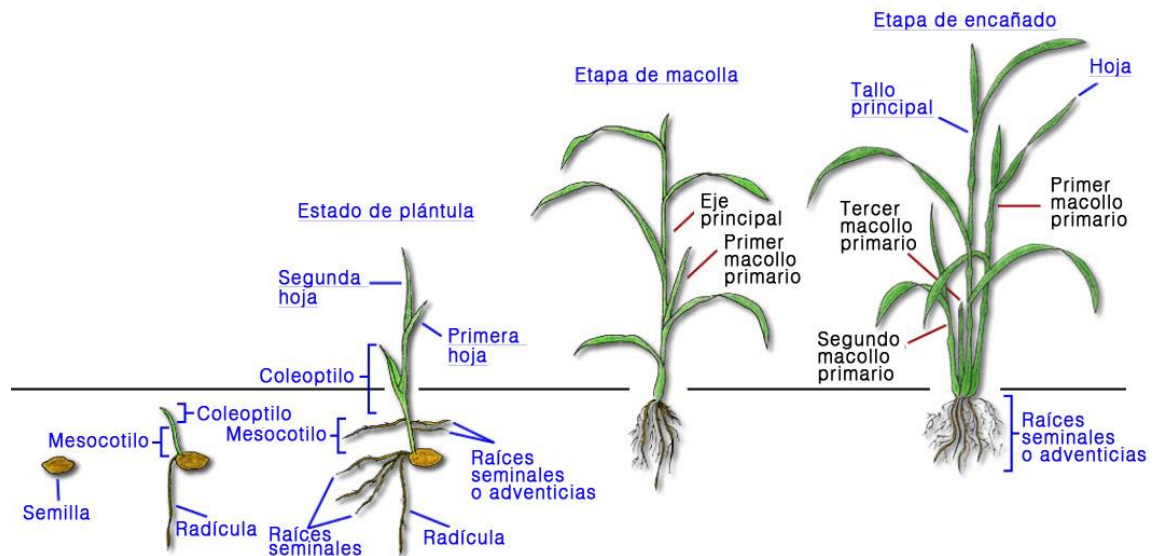
Figura 2.5 Esquema de la espiguilla Uniflora (UPV, 2018)

El fruto es un cariósipide, seco, unilocular, monospermo, desnudo o vestido con glumillas (Villarías, 2006).

### 2.2.2 Descripción morfológica de la *Oryza sativa*

El arroz, es una especie monocotiledónea del género *Oryza*. La planta está conformada por tallos rectos que se disponen en macolla. Las raíces son fibrosas, cilíndricas y fasciculadas, adaptadas a saturación de agua permanente. La planta en su fase vegetativa está provista de 7 a 11 hojas, alcanzando una altura de crecimiento que varía entre los 0,8 y 1,5 metros (Olmos, 2007) (Fig. 2.6). Característico es la presencia de lígula entre la lámina y la base de la hoja.

La inflorescencia es una panícula relativamente compacta que alcanza 25 centímetros de longitud. En la planta la espiga es sostenida por el último entrenudo del tallo que se denomina cuello. En la estructura de la panícula es identificable el raquis del cual salen en diferentes disposiciones, y en número de 7 y 15 ramificaciones primarias (raquillas) de diferente longitud, los cuales conforman los racimos. Las flores están sostenidas por pedúnculos dispuestos a lo largo de las raquillas. Cada raquilla puede llevar hasta 15 flores según las condiciones climáticas y de cultivo. Así mismo la flor es una espiguilla unifloral con 6 estambres y dos estigmas plumosos (Tinarelli, 1989).



**Figura 2.6** Etapas fenológicas del cultivo de arroz (Del pozo, 2016)

### 2.2.3 Descripción morfológica de Echinochloa

La planta de *Echinochloa crusgalli* comparte la morfología descrita para *Oryza sativa*. El tallo presenta nudos, internudos, hojas de base envainadora. Característico y a la vez carácter diferenciados de *O. sativa* es la ausencia de lígula (Fig. 2.7). El crecimiento es igualmente en macolla.



**Figura 2.7** Planta de *Echinochloa crusgalli* en condiciones silvestres (Wendys Herbarium, 2018)

Los ejemplares del género se caracterizan por presentar una inflorescencia terminal denominada panícula con racimos espiciformes unilaterales y raquis resistente (Fig. 2.8). Insertas y con un pequeño pedúnculo se ubican flores pareadas siendo una estéril y la otra fértil.

Las espiguillas son subsésiles, dorsalmente comprimidas, planas convexas con una flor hermafrodita, acompañadas de un rudimento estéril en la base. Se caracterizan por ser caducas, con espigas densas, numerosas y alternas; configurando una panícula que en su desarrollo varía de tonalidades verdes a violáceas (Fig. 2.8).

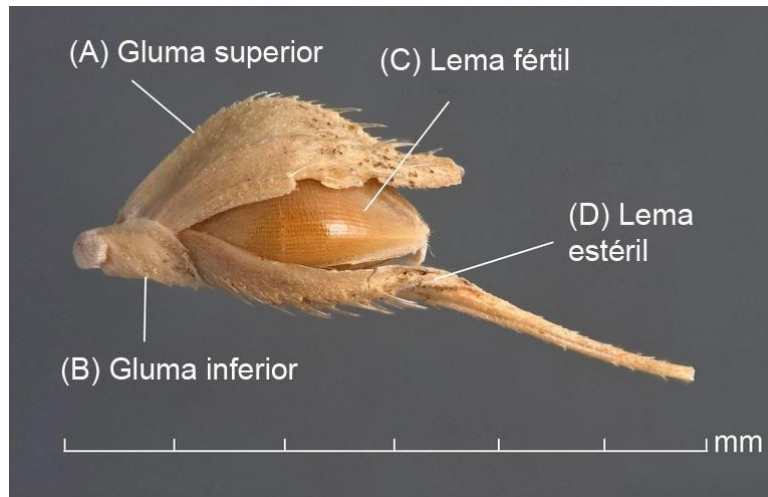


**Figura 2.8** Espiguillas de *Echinochloa crusgalli* en condiciones silvestres (Wendys Herbarium, 2018)

Las glumas se caracterizan por ser muy desiguales y pudiendo presentar aristas identificándose como glumas aristadas o carecer de ellas denominándose glumas míticas. La gluma inferior es muy pequeña respecto a la superior que además presenta cinco nervaduras. Las glumillas fértiles se caracterizan por ser casi idénticas en su consistencia corácea, superficie lisa y brillante (Fig. 2.9).

La flor presenta tres estambres y estigma terminal, que da paso a la formación de un fruto el cual es una cariósipide libre, glabro oval, elíptico acuminado (Villarías, 2006) (Fig. 2.9).





**Figura 2.9** Ilustración de una espiguilla de *E. crusgalli* con indicación de las glumas y cariósipide **A.** Gluma superior, **B.** Gluma inferior, **C.** Lema fértil y **D.** Lema estéril (Walters y Southwick, 2012)

Se han identificado alrededor de cincuenta especies, subespecies y variedades dentro del género *Echinochloa* (Metzler y Garcia, 2015). Estas especies presentan una gran similitud morfológica interespecífica, por lo que su clasificación taxonómica es confusa y dificultosa, sobre todo cuando se trabaja con muestras en etapa vegetativa. Las plantas jóvenes de *Echinochloa* tienen una morfología similar al arroz, siendo difícil su diferenciación (Rampoldi, A. et al, 2016). La distribución global del género y especies es amplia y diversificada destacándose: *E. bojeriana*, *E. chacoensis*, *E. crus-parvonis*, *E. esculenta*, *E. jaliscana*, *E. lacunaria*, *E. obtusiflora*, *E. setigera*, *E. stagnina*, *E. telmatophila*, *E. walteri* nash, *E. zenkowskii* (Global Biodiversity Information Facility, 2017).

En Chile se encuentran dos especies distribuidas desde la región de coquimbo hasta la Araucanía con infestación en cultivos tradicionales afectando directamente rendimiento, como: *E. crusgalli* (Hualcacho Negro) y *E. oryzoides* (Hualcacho Blanco)(León, 2017) (Fig. 2.10 y Fig. 2.11).



**Figura 2.10** *E. crusgalli* "Hualcacho Negro" (León, 2017).



**Figura 2.11** *E. oryzoides* "Hualcacho Blanco" (León, 2017).

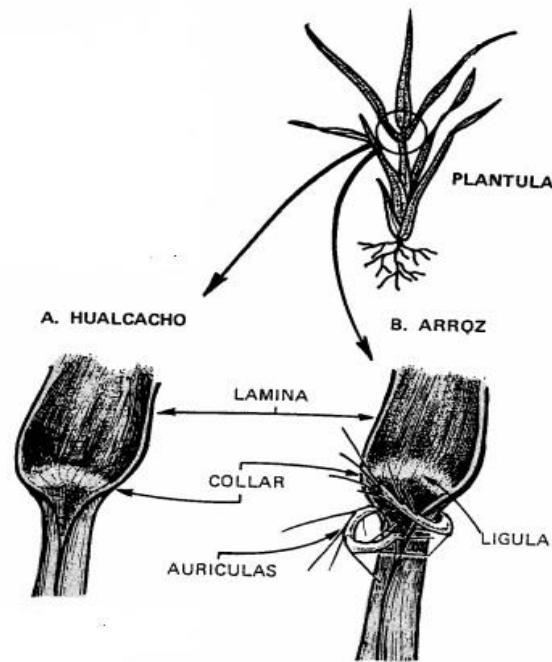
#### 2.2.4 Descripción morfo-botánica de *Echinochola crusgalli*

En Chile *E. crusgalli* es conocida como "Hualcacho Negro". El ciclo de vida es una planta anual. En este proceso inicia su germinación en primavera y termina con la fase reproductiva en otoño del año siguiente. La altura de crecimiento oscila entre 0,3 a 1 metro con presencia de tallo erecto o decumbente, glabro y nudos con hojas de bases envainadoras (León, 2017).

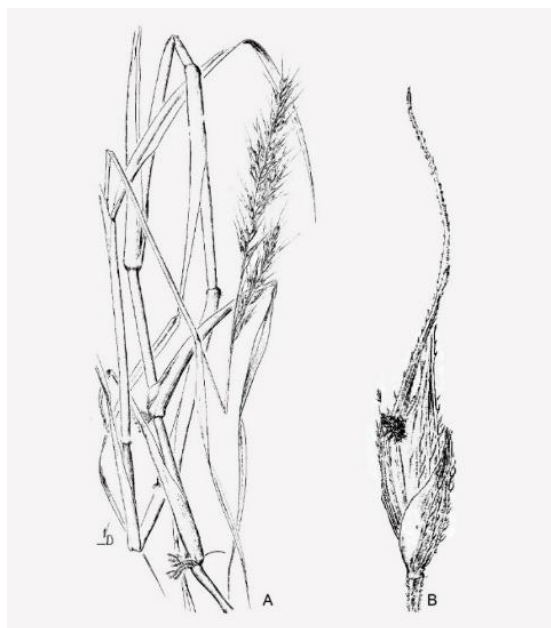
En el período reproductivo desarrolla una inflorescencia terminal con forma de panícula laxa o erecta entre 10 a 25 cm de longitud. El aspecto y color puede variar desde tonalidades verdes a pardos violáceos (CONABIO, 2009). La panoja sostenida por un raquis central, del cual de forma alternada emergen ejes secundarios menores sobre las cuales se disponen las espiguillas o espícula (Fig. 2.12 y Fig. 2.13). El tamaño de la espiguilla que la varía desde 2 a 9 mm de largo de forma ovoides, globosas pudiendo llevar las glumas arista o carecer de ella (Fig 2.9). El fruto es seco monospermo botánicamente definido como cariósipide ovada u oblonga con longitud de entre 1,3 - 2,2 mm de longitud (Fig 2.9) (Espinoza, 1996).

Las hojas poseen una prominente vena central y como anteriormente se describiera en la unión de la base envainadora con la lámina hay ausencia de lígula y aurícula (Fig. 2.12). La lámina foliar y la vaina son de textura con ausencia de pelos o tricomas (Fig. 2.3). En los cultivos, desagües, pantanos y vegas es posible encontrar variedades de *E. crusgalli*: una es la var. *crusgalli*, la otra la var. *patricola*, y finalmente la var. *formosensis* (Kogan, 1992).

Desde el punto de vista citogenético *E. crusgalli* es una planta hexaploide, con un número de cromosomas de  $2n=54$  (Aoki y Yamagushi, 2008). Para reconocer e identificar con seguridad cualquier taxón en la actualidad se aplica una tecnología molecular con el uso de marcadores del ADN a nivel de los cloroplastos (Zhang et al, 2017).



**Figura 2.12** Morfología comparativa a nivel de zona del cuello de la hoja entre la plántula de *E. crusgalli* (A) y *O. Sativa* (B) (Ormeño, 1991)



**Figura 2.13** Esquema de *Echinochloa crusgalli*: **A.-** Espiga y Tallos **B.-** Espiguilla aristada (Nicora y Rùgolo de Agrasar, 1987)

### 2.3 Dispersión de la cariósida

En *Echinochloa crusgalli* como en la mayoría de las gramíneas, la principal forma de propagación es por semillas y la unidad de dispersión es la espiguilla, el fruto o cariósida o la semilla. Comúnmente las malezas para asegurar su dispersión y establecimiento producen una elevada cantidad de semillas, en este caso son de 5 mil a 7 mil semillas por planta (González, 1983), en tanto a nivel nacional se han contabilizado 17 mil semillas por planta (Ormeño, 1991). Así mismo, la morfología de la semilla juega un rol preponderante en la dispersión, con estructuras especializadas que le permite ser movilizadas por el viento, flotar o adherirse a animales (Tascón et al, 2005). En el caso de *E. crusgalli* el mecanismo de dispersión es a través de la maquinaria agrícola, los roedores, aves, animales mayores y también mediante los canales de irrigación en el campo (Metzler y García, 2015).

Por otro lado, la persistencia de semillas de *Echinochloa* spp. en el suelo es breve, desapareciendo el 70% de las mismas 10 meses posteriores a la dispersión, mientras que el porcentaje restante permanece en estado latente, alcanzando hasta 10 años depositada en el suelo (Chaves et al, 1997).

#### 2.4 Impacto y control de *Echinochloa crusgalli* en el cultivo del arroz

Es reconocido que, en la producción de arroz, *E. crusgalli* representa una de las cuatro malezas con mayor importancia (Holm et al, 1977), también a nivel nacional es considerada una mala hierba que puede provocar pérdidas económicas considerables en el cultivo del arroz (León, 2017). Ello se explica por las condiciones de establecimiento de la siembra que favorecen el desarrollo de esta maleza., actualmente en Chile un gran porcentaje del cultivo del es por la forma inundada con pretilos y paños bajo inundación permanente. Para el Hualcacho el espacio y cultivo mismo es una oferta de espacio y por las artificiales condiciones de hábitat como buen helófito crece, se desarrolla y prolifera de manera abundante. Alrededor de los años 60, esta hierba se controlaba de manera cultural, por medio de la corta de cada inflorescencia; pero con el paso de los años y el aumento de superficie por su mayor efectividad se cambia a manejo químico (Ormeño y Pedreros, 1989).

La efectividad del control químico se ha visto reducida dado a que *Echinochloa crusgalli* y otras de su mismo género, han generado resistencia a un grupo de herbicidas, como son inhibidores de la ACCasa, ALS y Celulosa (Eberhardt y Noldin, 2015). También se ha observado algún tipo de resistencia al ingrediente activo Propanil (Metzler y García, 2015).

Para la zona arroceras de la VII y VIII región a través de ensayos se estimó una pérdida de producción de alrededor de un 36,4% con un costo de control químico de US\$9,9 millones a nivel país. Además, se agregan las pérdidas por contaminación de semillas de la maleza en el proceso de almacenaje y elaboración (Ormeño, 1992). En tanto otros estudios más recientes reconocen que las pérdidas económicas de esta maleza pueden generar un 30% de merma, incluso campos cultivados, sin realizar manejo adecuado, pueden llegar hasta la pérdida total del cultivo, tras generarse competencia entre la planta y maleza por espacio, luz, agua y nutrientes durante el periodo de desarrollo de ambas (Chilian et al, 2015).

En consecuencia, Hualcacho es una maleza de gran importancia económica dentro del ciclo productivo del arroz.

## 2.5 Ecología de *Echinochloa crusgalli*

### 2.5.1 Hábitat

Desde el punto de vista taxonómico, *E. crusgalli*, es una especie cosmopolita; invadiendo 36 tipos de cultivos en 63 países de climas tropicales y templados (Hussain, 2016). Las especies del género coinciden en su comportamiento de malezas, ocupando espacios disponibles anegados, orillas de caminos, calles, praderas húmedas y cultivos anegados como los arrozales (Matthei, 1995) donde no sólo puede invadir, sino también dominar los paños de arrozales.

*Echinochloa crusgalli* es una típica maleza anual de verano y la actividad biológica es coincidente con la germinación del arroz, pudiendo superarlo en la formación de macollas, crecimiento, altura de crecimiento, madurez y dispersión de las semillas granos. Su comportamiento en esta etapa, la posiciona como una maleza agresiva. Es por ello por lo que, en los arrozales, las prácticas de control, además de las labores de suelo se aplican herbicidas de preemergencia, post-emergencia del arroz y en algunos casos control mecánico de las plantas durante el período de floración. Antecedentes orales de agricultores de la región del Maule (Jorge Hormazábal, José Cofre y Luis Urbina), mantienen observación sobre la resistencia de la especie a la acción de algunos agroquímicos.

*E. crusgalli* presenta atributos propios de las malezas oportunistas, como crecimiento rápido alta proliferación de frutos y semillas, encontrándose algunas variedades una cantidad de 40.000 semillas por planta siendo a través de ellas la única forma de reproducción. Experiencias de otros países han encontrado que la semilla puede permanecer viable en el suelo hasta 10 años en suelo seco o húmedo (Chaves et al, 1997), aumentando a 13 años en otros arenosos y en profundidades de hasta 20 cm (Hussain, 2016). Estos hallazgos revelan una alta capacidad de dormancia y representa una estrategia de colonización y un nuevo campo de estudio en cuanto a determinar factores que contribuyen a prolongar la dormancia y si en la germinación participa todo o parte del banco de semillas. El tamaño y peso de estos últimos órganos, contribuye a una efectiva dispersión por viento, agua y eventualmente aves acuáticas con actividad de prelación en los cultivos de arroz. Precisamente, el pequeño tamaño las favorece para no ser ingeridas por las aves, las cuales optan por el grano de arroz germinado de mayor tamaño, peso y contenido de reservas (UAL, 2002). Por otro lado, la madurez de *E. crusgalli* ocurre antes de la del arroz y la dispersión, cuando ya se acerca el período de cosecha y el anegamiento del cultivo ya se ha interrumpido (Aminpanah, H. et al, 2010).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Colecta de muestras de panojas

Durante la temporada 2016 del 20 al 30 de mayo se colectaron panículas maduras de plantas silvestres de *E. crusgalli* seleccionadas al azar, de los siguientes cuatro lugares: estación experimental Panguilemo (35°22'17"S 71°35'40"O), San Rafael (35°18'20"S 71°29'56"O), Campus Lircay, Universidad de Talca (34°24'24"S 71°38'02"O) y Sector las Rastras (35°25'27"S 71°33'49" O) en diversas condiciones ecológicas. El número de panículas colectadas corresponde al número de plantas que fueron muestreadas.

#### 3.2 Preparación de las muestras

Al momento de la recolección de las muestras (panículas de *E. crusgalli*) se depositaron en sobres de papel, etiquetadas y fueron trasladadas para ser mantenidas por 10 semanas en condiciones de laboratorio (baja iluminación, condición seca). Cada panícula se mantuvo por separado, evitando la manipulación para no gatillar el desgrane; no considerándose para el estudio el origen de las plantas.

#### 3.3 Disposición de los materiales para el ensayo

El estudio se realizará en laboratorios del Instituto de Ciencias biológicas Campus Lircay, de la Universidad de Talca, Región del Maule (35°24'19" S 71°39'09" O). En el laboratorio además del espacio y aislamiento, permitía la simulación de los diferentes ensayos de manipulación de las variables, así como asertiva medición de las respuestas.

### 3.4 Equipo Instrumental utilizado

Para realizar los diversos ensayos de simulaciones y análisis, se utilizaron materiales provistos por el Instituto de Biología, tales como los siguientes:

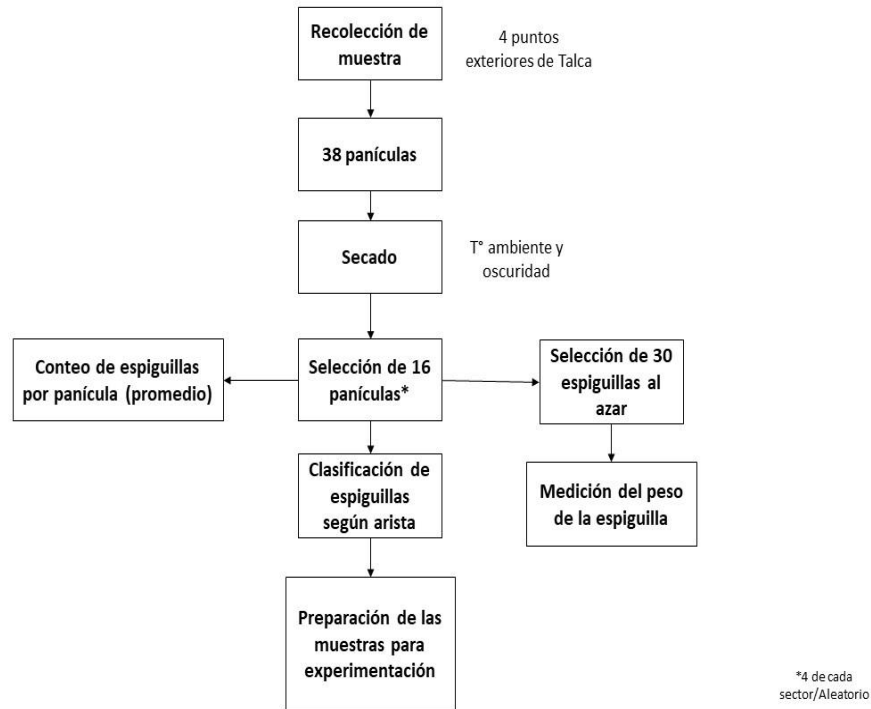
- Bandejas plásticas de 500 cc.
- Regla de 100 centímetros de longitud.
- Ventilador Marca Enaxxon Modelo RTY-25.
- Papel milimetrado.
- Papel Aconcagua blanco.
- Agua destilada.
- Anemómetro Marca Deuta-Werke.
- Balanza analítica de precisión Marca Bel Engineering Modelo M214AI

El Laboratorio de Química de los Recursos Naturales aportó un equipo de balanza analítica.

### 3.5 Caracterización del material vegetal para el ensayo

Para el análisis fueron seleccionadas al azar 38 muestras en estado de maduras de las cuatro localidades, sin establecer diferencias ni tratamiento por separado. El esquema del proceso del ensayo se resume en la Fig. 3.1.





**Figura 3.1** Esquema del procesamiento de las muestras

### 3.5.1 Cuantificación de las espículas y peso de las muestras de semillas

Para estimar la carga de semillas por panícula, fueron seleccionadas 16 inflorescencia completas, con representación de 4 por cada sector. De cada panícula, se desgranaron las espiguillas, contabilizándose cada una independientemente de su tamaño y peso. El set de semillas proveniente de cada panoja, se conservaron en forma separada. La sumatoria de la cantidad total de espículas, se dividió luego por el total de muestras, obteniendo el promedio de espiguillas por panícula.

Posteriormente del conjunto de panículas, fueron seleccionadas 30 espiguillas al azar para determinar en balanza analítica el peso promedio de cada una a partir de grupos de 4 granos.

### 3.5.2 Peso seco

Para determinar el peso seco de una espiguilla de *E. crusgalli*, se tomaron al azar 30 semillas para posteriormente en el laboratorio de físico-química del Instituto de Química de Recursos Naturales de la Universidad de Talca. La unidad de medida fueron miligramos.

### 3.5.3 Medidas de los granos

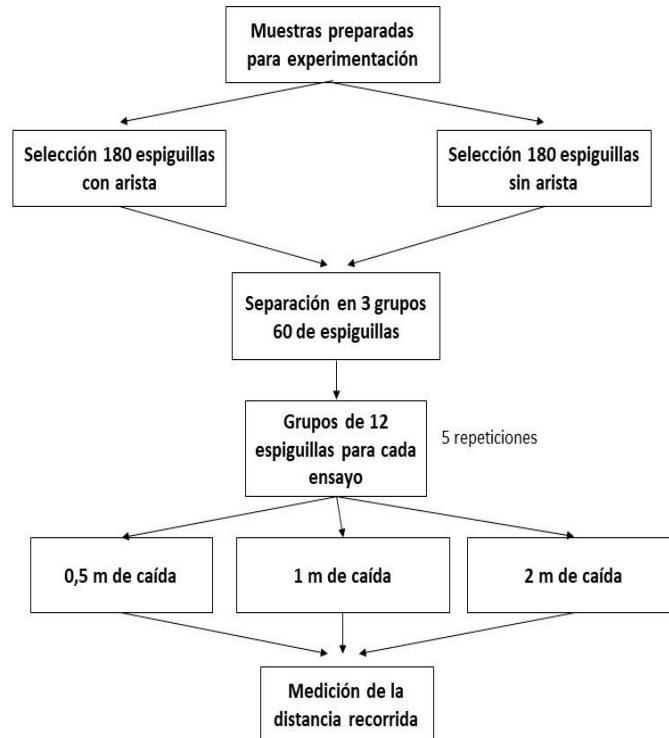
Para la descripción morfológica de las espiguillas, se tomaron 20 muestras de cada sector recolectado al azar. Cada una de ellas, fueron observadas bajo microscopio estereoscópico y lupa de mano 10 X. Para determinar valores promedios por sector en las semillas sobre un papel milimetrado como fondo, se determinaron las dimensiones morfológicas como longitud, grosor, así como longitud de la arista y tamaño del cariósipide sin las glumas. La unidad de medida fue mm.

## 3.6 Diseño experimental

Para caracterizar la dispersión de las semillas, se trabajó bajo condiciones experimentales fueron simuladas en el laboratorio. Las variables consideradas fueron: altura de caída, distancia de recorrido por dispersión del viento y flotabilidad en agua de reposo de las semillas. El desglose de cada detalle se indica a continuación:

### 3.6.1 Altura de caída de la planta

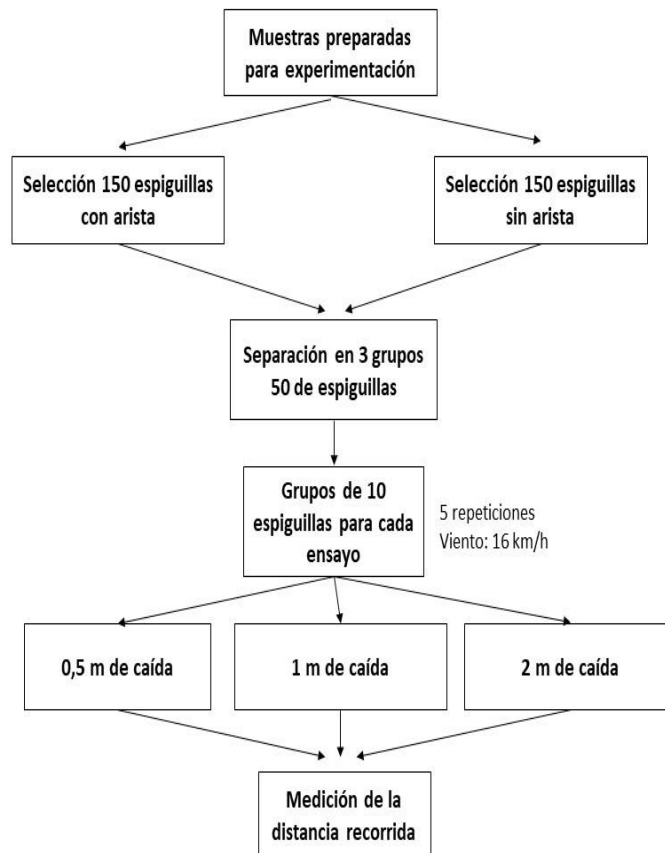
La altura de caída simula el tamaño de la planta madre medida en las siguientes alturas: 0,5, 1 y 2 metros. En este caso la referencia será el muro de la pared de laboratorio. La caída puede ser que quede junto el eje de medición (bajo la planta madre) o se aleje a una distancia de este, que representará la distancia de separación medida en cm sobre una superficie de un pliego de papel blanco de 2 por 3 metros. Se tomó una muestra de 360 semillas dividida en dos grupos según presencia o ausencia de arista: uno de los grupos incluye 180 semillas aristadas y otro 180 sin arista. Para el ensayo, cada grupo fue dividido en tres subgrupos de 60 semillas, tomándose un nuevo subgrupo de 5 semillas que por réplica de 12 cubría la cantidad inicial. La medición está centrada en la distancia de alejamiento desde la planta madre en función de la altura de la planta simulada en condiciones de laboratorio, así como la influencia de la presencia o ausencia de la arista (anexos 1 al 6). Una secuencia del procedimiento se ilustra en el diagrama 3.2.



**Figura 3.2** Diagrama experimental de la altura de caída de la espiguilla de la planta

### 3.6.2 Influencia del viento

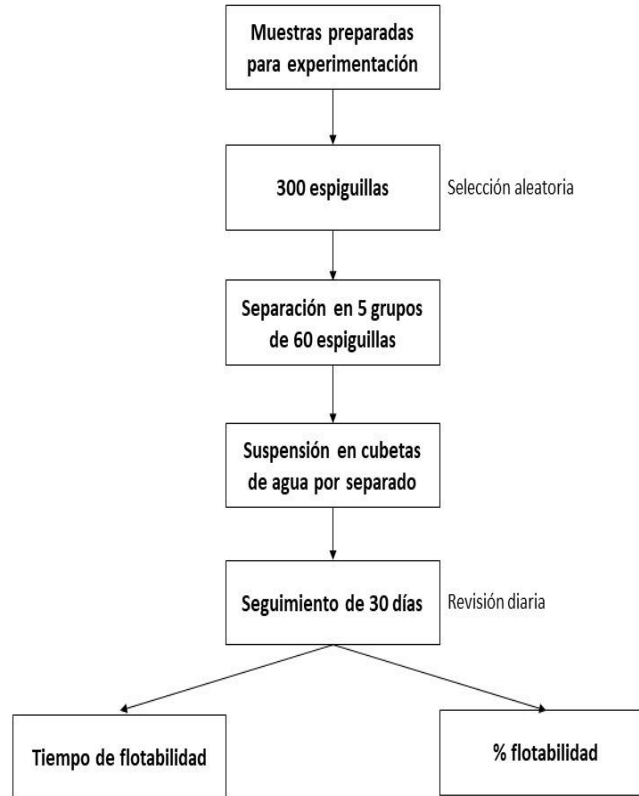
Para determinar la movilidad aérea de las espiguillas de *E. crusgalli* por la fuerza del viento, se tomaron al azar muestras de 50 semillas divididas en grupos de 5. Para la simulación de la acción del viento se utilizó un ventilador eléctrico con lanzamiento de un flujo de viento unidireccionales durante 2 minutos. La velocidad del viento alcanzó velocidad de 16 km/h registrada por un anemómetro de la marca Deuta-Werke. La aplicación de viento consideró tres distancias 0,5, 1 y 2 metros de separación del grupo de semillas. La medición se realizó sobre una superficie de una lámina blanca de papel de 1 por 3 metros, considerando la distancia de recorrido, respecto a un punto de origen común, representada por una línea. El resultado se expresó en cm (anexos 7 al 12). Una secuencia de los pasos del ensayo se ilustra en el diagrama 3.3



**Figura 3.3** Diagrama experimental de la influencia de la fuente de emisión del viento en el avance de la cariósida de *E. crusgalli*

### 3.6.3 Determinación del tiempo de flotabilidad

Se asume que, en la naturaleza, las semillas pueden depositarse sobre una superficie de agua que puede ser empozada o con movimiento. Aquí las semillas, pueden flotar. Para determinar la capacidad de flotación, se utilizaron 300 espiguillas seleccionadas al azar, subdivididas en cinco grupos de 60. Cada grupo fue depositado en cubetas plásticas con agua y mantenidas en reposo por un período máximo de 36 días. Este proceso fue acompañado con una evaluación diaria cada 24 horas, con registro de la cantidad de espiguillas hundidas y otras que permanecieron flotantes. Al término del plazo programado se calculó el porcentaje de semillas hundidas y flotantes (anexo 13). Una secuencia del procedimiento se ilustra en el diagrama 3.4.



**Figura 3.4** Diagrama experimental de la determinación de flotabilidad

### 3.7 Diseño y tratamiento estadístico

El análisis fue realizado con aplicación del software GraphPrim7 (Chicago, EE. UU.). Inicialmente se evaluó la distribución de los datos mediante el test de Shapiro wills o K-S, según corresponda. Posteriormente para las comparaciones de dos grupos, se utilizó el test T de Student o U Mann Whitney; y en el caso de tres o más grupos, se utilizó el test de ANOVA. Para las comparaciones posteriores se utilizó post test de Dunn's o Tuckey, según sea el caso. El nivel de significancia utilizado fue de 0,05 con intervalo de confianza del 95%. Los datos se presentaron como el promedio o mediana de los datos, según sea el caso. La determinación de los intervalos de confianza (IC95%) se realizó mediante regresión lineal.

## 4. RESULTADO Y DISCUSION

### 4.1 Valores del peso (miligramos) y longitud (mm) de la espiguilla de *Echinochloa crusgalli*

#### 4.1.1 Peso de los granos

En las muestras de granos seleccionadas el peso fue individual por unidad que representan una muestra con réplicas de tres correspondiente a tres grupos. Esta organización se adoptó para facilitar el proceso de medición. Los resultados se ordenan por muestra y grupos en el Cuadro 4.1.

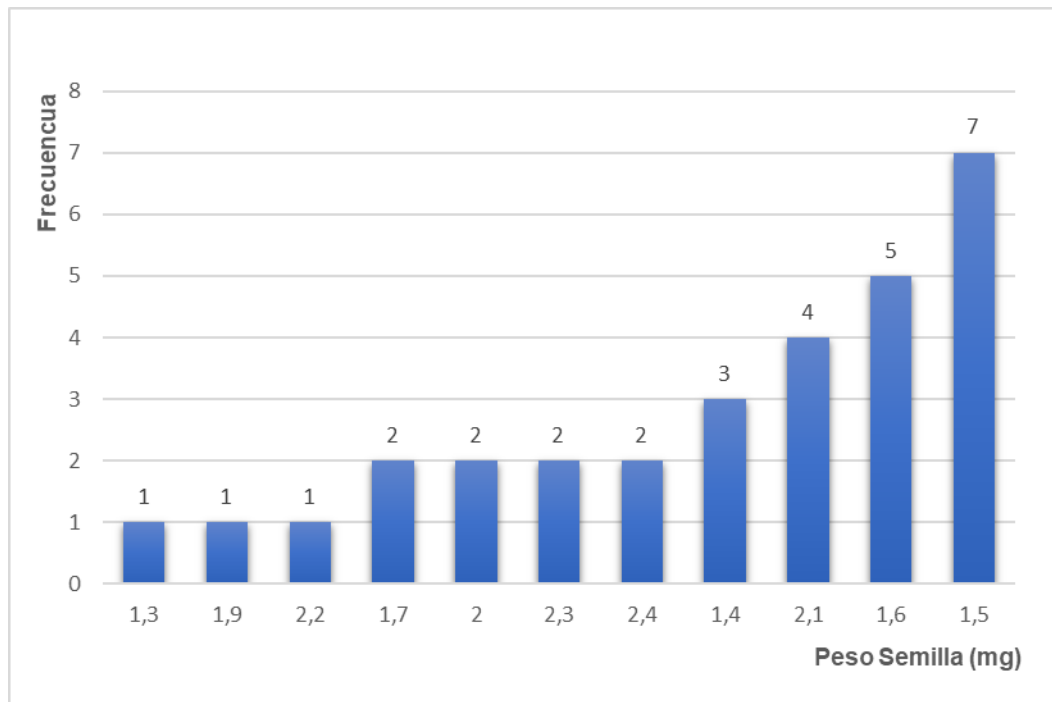
**Cuadro 4.1** Peso (miligramos) individual de 30 granos con glumas y arista en (miligramos) de *E. crusgalli* subdividido en grupos de 10.

Muestra	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
1	2,1	1,6	1,5
2	1,5	1,4	2,2
3	1,4	2,1	1,6
4	2,4	2,3	1,4
5	2,0	1,5	1,7
6	1,6	2,1	2,1
7	2,3	1,6	1,5
8	1,7	2,0	1,9
9	1,5	1,5	1,5
10	1,3	2,4	1,6

Los valores gravimétricos varían entre 1,3 como mínimo a 2,4 miligramos como máximo (Cuadro 4.1). El valor promedio registrado de las muestras fue de 1,7 miligramos. Si bien, es posible apreciar diferencias en su peso, estas no son tan distanciadas entre sí. Al estimar que si una planta en Estados Unidos, Arkansas produce hasta 40.000 semillas (Hussain, 2016) y si peso promedio medido de 1,7 miligramos induce a proyectar que cada panoja soporta un peso de 68 gramos. Los valores difieren según los autores y países de estudios. Es así como para

Chile menciona que la productividad alcanza a 17.000 granos respecto a una panoja de arroz que puede formar hasta 1.000 granos (Ormeño,1991). Por otro lado, si en un metro cuadrado se encuentran hasta 10 plantas, proyectado a una hectárea serían 100.000 plantas y/o panojas y si la productividad alcanza a 100.000.000 de granos, el volumen potencial de semillas aportada sería de 2.890 kg/ha. Sin embargo, en nuestros resultados nos encontramos que, para 38 panojas colectadas, la cantidad promedio de granos fue de 702. Como el peso por grano fue de 1,7 miligramos y llevado a una hectárea la productividad de semillas se eleva a 119 kg/ha simulando una panoja por planta, el cual ese número varía por condiciones agroclimáticas llegando a llegar 15 panojas por plantas.

La mayor frecuencia de los pesos se concentra en 2,1 miligramos y la menor en 1,5 miligramos (Fig. 4.1).



**Figura 4.1** Distribución de peso (mg) según frecuencia

Los resultados obtenidos no son dispares respecto a los señalados en la literatura. Contrariamente coinciden a los valores mencionados por Maun y Barrett en 1986, señalando pesos promedios en rangos de 1,6 a 2,11 miligramos.

El peso de las semillas es una variable importante que se relaciona con las funciones de esta como el mecanismo de perennización y sobrevivencia, dispersión como unidad móvil de la planta y/o especie.

Los datos del bajo peso de las semillas de Hualcacho muestran que por sobre la masa se privilegia la cantidad de ellas, desconociéndose aún la estrategia de latencia en los sitios donde queda enterrada como banco de semilla. Como se mencionara en párrafos anteriores, la especie es un helófito, luego los sitios de permanencia no son estrictamente secos con tolerancia al factor sequia como las semillas ortodoxas. Contrariamente sería a fin a la humedad comportándose como semilla recalcitrante. (Berjak y Pammenter, 1997)

El bajo peso de 1,7 miligramos de masa sugiere baja cantidad de reservas con lo cual sería sensible a la romper la latencia con ligera humedad en el suelo. Por otro lado, se favorece la movilidad, dispersión y transporte de las semillas. Estas condiciones contribuyen a que Hualcacho respecto a otras malezas tenga ventajas en la dispersión y colonización de nuevos sitios (Chaves et al, 1997).

#### 4.1.2 Dimensiones de las estructuras de los granos de *E. crusgalli* según sector de colecta

Las variables morfológicas que forman la estructura de un grano y que eventualmente influyen en la dispersión fueron las siguientes: longitud del grano sin arista, longitud de la arista y longitud del cariósido. Los resultados se resumen en el Cuadro 4.2

**Cuadro 4.2** Valores promedio de la longitud (mm) de arista, espiguilla y cariósido para de (38) muestras procedentes de 4 sectores.

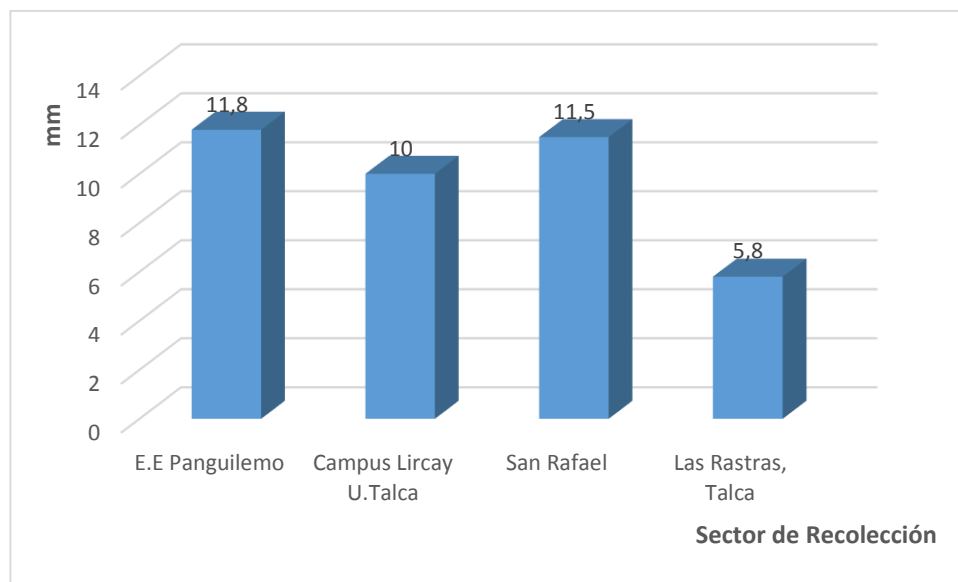
Sector Recolección	Longitud Espiguilla	Longitud Arista	Longitud Cariósido
E.E Panguilemo	11,8	7,0	2,6
Campus Lircay U.Talca	10,0	6,5	1,8
San Rafael	11,5	8,0	1,8
Las Rastras, Talca	5,8	2,3	1,5

El valor promedio de las espiguillas para las muestras fue de 9,77 mm, para la arista de 5,95 mm y para el cariósido de 1,92 mm.



Para los diferentes sectores de colecta, en general, los valores de longitud de los granos, longitud de la arista y del cariósido son similares. La excepción son las muestras del sector de las Rastras que son menores y pueden ser atribuibles a las condiciones de crecimiento, tiempo de la fase reproductiva y grado de madurez (Cuadro 4,2).

Los resultados de los tamaños de los granos sin aristas varían entre 11,8 y 5,8 mm prevaleciendo valores mayores 10,0 mm. (Fig. 4.2). Sin embargo, los valores se asimilan a los señalados por la literatura con rangos de 2,8 a 4,0 mm (Matthei, 1995) aunque otros autores entregan de 6 a 9 mm (Espinoza, 1996). Las ligeras variaciones de los valores están dentro de lo esperado, por cuanto, una variación natural dadas por las condiciones ambientales al momento de ser recolectada las muestras, como cerca de canales, humedales y a un costado de un ensayo de cultivo de arroz.

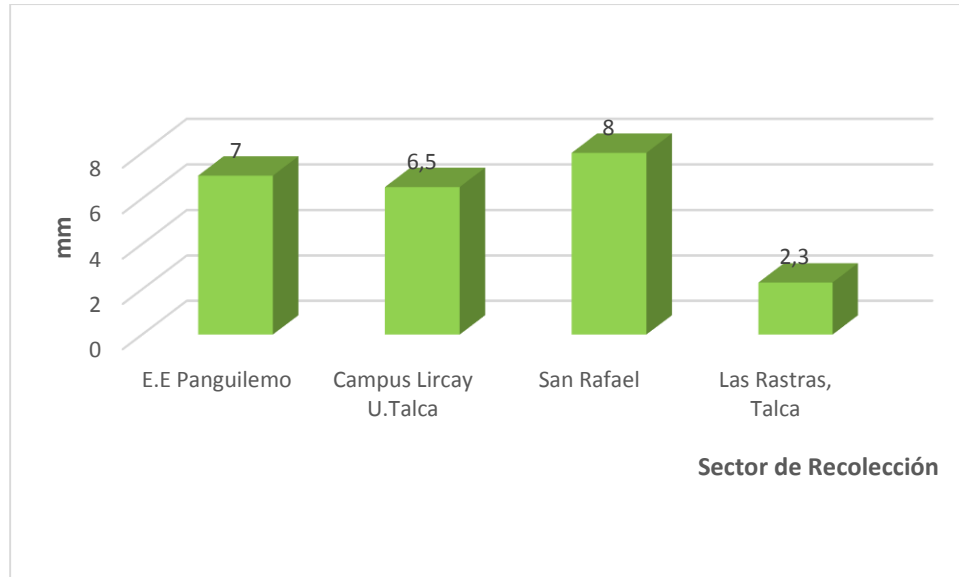


**Figura 4.2** Longitud promedio de los granos sin aristas para muestras según localidad de origen

La unidad de dispersión del Hualcacho son dos granos: una estéril y seca que originalmente portaba las flores masculinas y en la madurez una gluma de ella porta la arista y luego la espiguilla fértil portadora del grano envuelto por las glumas generalmente místicas (Fig. 2.9).

Como anteriormente se mencionara la arista es portada por la lema inferior de la espiguilla estéril y la longitud es una variable poco considerada en los estudios morfológicos comparativos tanto a nivel intraespecífico como interespecífico. Al respecto la información bibliográfica es muy exigua. En este trabajo se observa que la arista no es un elemento decorativo de las semillas o

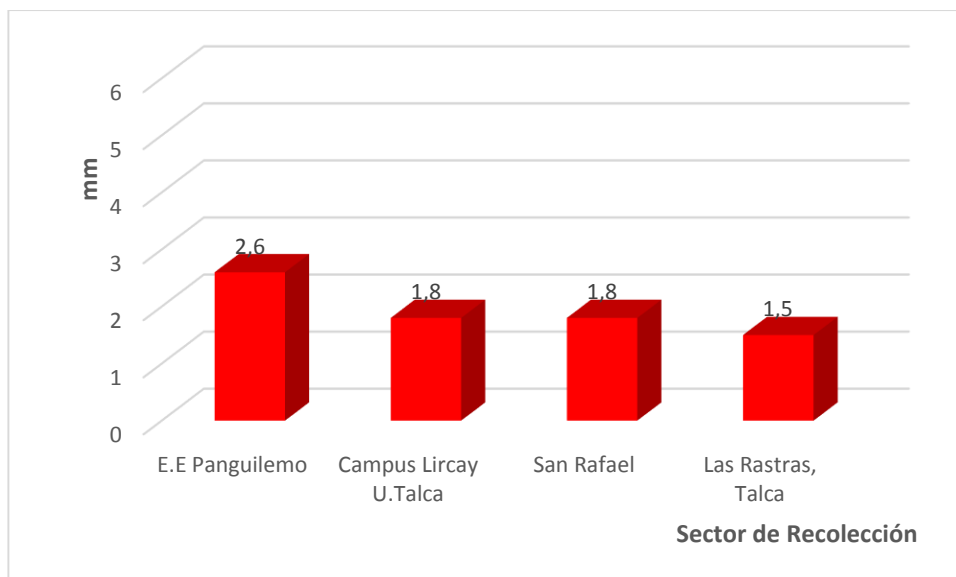
frutos, sino que desempeña un rol determinante en la caída y dispersión de las mismas por cuanto cumpliría un rol de palanca, contribuyendo así a aumentar la distancia de salto, y, en consecuencia, mayor alejamiento de la planta madre. Al igual que en el tamaño es esperable una variación en la longitud entre los diferentes grupos de semillas (Cuadro 4,2) y (Fig. 4.3). Estos se extienden entre 2,3 y 8,0 milímetros.



**Figura 4.3** Longitud promedios de las aristas de las muestras para localidades de colecta

Los valores obtenidos igualmente se ubican en los rangos mencionados en la literatura como de 3 a 30 mm (Espinoza, 1996).

El cariósipide representa la unidad reproductiva sin las glumas protectoras de la espícula. Su tamaño y es relevante por cuanto junto con el embrión porta las reservas necesarias para la germinación. A mayor tamaño y peso mayor es también las posibilidades de éxitos germinativos, así como el período de dormancia. Sin embargo, en *Echinochloa* la situación es inversa sin que aún se hayan realizados estudios más exhaustivos. En las muestras los valores de la longitud varían entre 2,6 y 1,5 mm (Cuadro 4.2) (Fig. 4.4) Estas dimensiones se poseionan también dentro de los rangos mencionados en la literatura de 1.2 a 2,2 mm (Matthei, 1995).



**Figura 4.4** Longitud promedio de la cariósida sin las glumas y arista para muestras de 4 sectores

## 4.2 Fenomenología de la dispersión

### 4.2.1 Altura de caída de la semilla

Los resultados de las distancias de alejamiento entregan valores contrarios a los esperados, tanto para las tres diferentes alturas como la presencia o ausencia de arista. Es así como las distancias de alejamiento de las semillas, para los granos con arista, la altura de caída no influye ( $p=0,47$ , ANOVA). Con ello se demuestra que la arista no contribuye a alejar la semilla de la planta madre, cuando la caída es a alturas diferentes. Como era esperado a menor altura de caída, más cercanía a la planta madre. En el lado opuesto a mayor altura, mayor distancia de alejamiento. Sin embargo, este fenómeno no es tan regular sino un poco al azar dado que no todas las semillas logran un patrón de alejamiento similar.



**Figura 4.5** Espiguilla *E. crusgalli* sin la presencia de arista (Flora vascular, 2019)



**Figura 4.6** Espiguilla *E. crusgalli* con la presencia de arista (Herbari Virtual UIB, 2019)

**Cuadro 4.3** Valores promedios de distancia de alejamiento para los granos de *E. crusgalli* con y sin la presencia de arista

<b>Altura</b>		<b>Promedios distancia de alejamiento</b>
<b>0,5 metros</b>	<b>Con Arista</b>	8,98 cm
	<b>Sin Arista</b>	5,33 cm
<b>1 metros</b>	<b>Con Arista</b>	10,96 cm
	<b>Sin Arista</b>	6,85 cm
<b>2 metros</b>	<b>Con Arista</b>	10,48 cm
	<b>Sin Arista</b>	8,25 cm

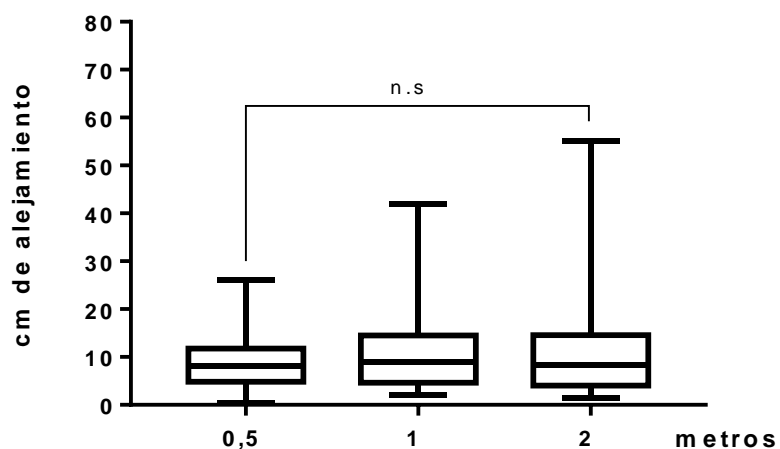
Sin embargo, un comportamiento contrario, se observa que, en los granos sin arista. La altura de caída influye de forma importante en la distancia de alejamiento ( $p < 0,05$ ). Así mismo, se observa una tendencia de aumento de la distancia de alejamiento, a medida que aumenta la altura.

La mayor distancia de alejamiento de las espiguillas con fue de 13 cm, en alturas de caídas de 1 y 2 metros, sin embargo, el valor central fue 9,05 cm en el mismo tipo de espiguillas. Por otra parte, las espiguillas con menor distancia de alejamiento se presentan a la menor altura de caída alcanzando valores de 4,6 cm para las sin aristas y 8 cm para las con aristas.

**Cuadro 4.4** Valores de mediana de dispersión (cm) de granos de *E. crusgalli* con gluma para tres alturas de caída

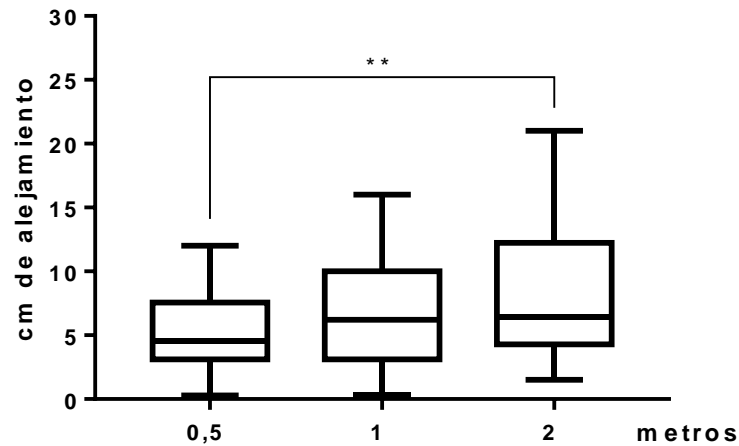
	Altura de caída (m)	Dispersión (cm) (mediana)	CI 95% (intervalo confianza) (cm)	Valor p
<b>Con Arista</b>	0,5	8	6,8 - 9	0,4763
	1	9,05	6 - 13	
	2	8,35	5,5 - 13	
<b>Sin Arista</b>	0,5	4,6	4 - 6,3	0,0069
	1	6,2	4,7 - 8,4	
	2	6,4	5 - 9	

Valor  $p < 0,05$  presenta diferencia estadísticamente significativa.



**Figura 4.7** Distancia de alejamiento de semillas *E. crusgalli* con arista por caída de tres alturas diferentes 0,5, 1 y 2 metros

Si bien encontramos diversos valores en la distancia de dispersión para las tres alturas estudiadas, de acuerdo con el rigor estadístico, no se presentan diferencias estadísticamente significativas, dado que el valor  $p$  es de 0,4763 y es mayor a la significancia esperada (Fig. 4.7).



**Figura 4.8** Distancia de alejamiento de semillas *E. crusgalli* sin arista para tres alturas de caídas 0,5, 1 y 2 metros de alturas

En el caso de las semillas carentes de arista, los valores registrados en sus recorridos tras la caída muestran que existen diferencias estadísticamente significativas en las distancias de avance de las semillas lanzadas; debido a que se obtuvo un valor  $p=0,0069$  (ver cuadro 4,4) y (Fig.4.8).

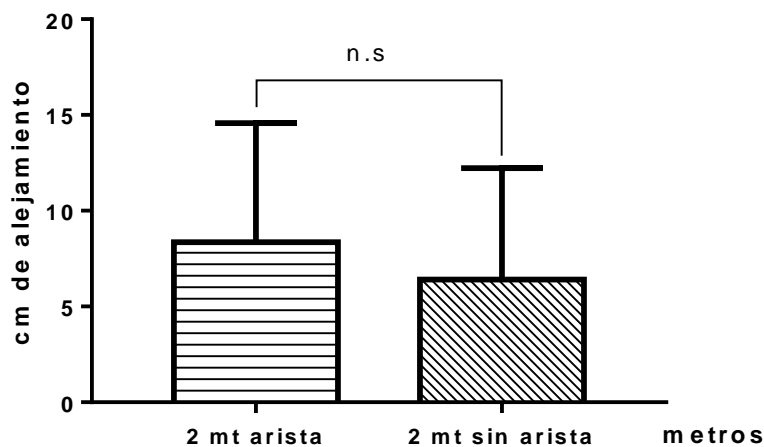
Respecto a las semillas de *E. crusgalli* con presencia de arista, se infiere que, tras analizar los resultados estadísticos de las tres alturas de caída en el experimento, no influye directamente en la magnitud de la distancia de alejamiento (Cuadro 4.5 y Fig. 4.9)

En el caso de las semillas sin presencia de arista, se observa que, en las comparaciones múltiples, se da solo se una diferencia significativa entre la altura de caída de 0,5 m v/s 2 m. Esto sugiere que, para aumentar la distancia de alejamiento, se debe aumentar como mínimo 1,5 m la altura. Aumentos menores a este valor, no producen aumentos estadísticamente significativos en el alejamiento.

**Cuadro 4.5** Valores estadísticos comparativos de distancia para granos con arista y sin arista en relación a las tres alturas de caída 0,5, 1 y 2 metros en condiciones experimentales

Tipo de semilla	Comparación	Valor p
Con arista	0,5 m v/s 1 m	0,6808
	1m v/s 2 m	0,9999
	0,5 m v/s 2 m	0,9999
Sin arista	0,5 m v/s 1 m	0,1862
	1m v/s 2 m	0,6105
	<b>0,5 m v/s 2 m</b>	<b>0,0051</b>

Valor  $p < 0,05$  presenta diferencia estadísticamente significativa.



**Figura 4.9** Distancia de alejamiento por caídas de semillas *E. crusgalli* con y sin arista desde 2 metros de altura

Al comparar las alturas máximas de caída de la semilla en el estudio, no se observa diferencia estadística entre ambos grupos, de lo cual se infiere que, la arista no posee relevancia en la distancia de alejamiento de las semillas a una altura de 2 metros. Aun así, se observa una leve tendencia de mayor alejamiento de la semilla con arista.



#### 4.3.2 Influencia del viento en la dispersión de la semilla

La influencia del viento en la distancia de alejamiento de las espiguillas se observa que, tanto para la espiguilla con y sin arista, la distancia respecto de la fuente de emisión del viento influye de forma notoria, reflejado en los valores p, que para ambos casos son menor a 0,05. Así mismo, se observa que, al alejarse de la fuente de emisión, la distancia de alejamiento para ambos grupos de semillas disminuye (Cuadro 4.6 y Cuadro 4.7).

**Cuadro 4.6** Distancia de dispersión (cm) por viento de semillas de *E. crusgalli* con y sin arista a 0,5, 1 y 2 metros de la fuente de emisión

Tipo de semilla	Distancia (cm)	Dispersión (cm) (mediana)	CI 95% (intervalo confianza) (cm)	Valor p
Con arista	0,5	58,2	40-82	<0,0001
	1	60,6	53,5-79	
	2	8,2	5-10	
Sin arista	0,5	53,3	35-76	<0,0001
	1	61,5	51,5-71,4	
	2	8,1	5,5-11	

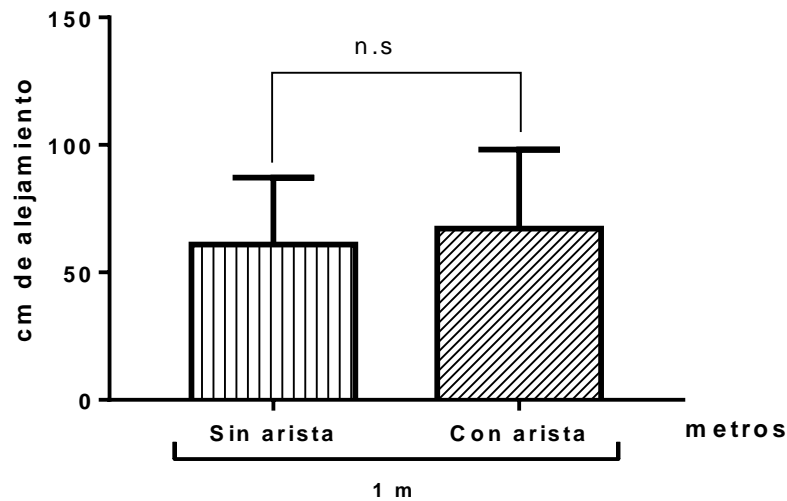
Valor p<0,05 presenta diferencia estadísticamente significativa.

**Cuadro 4.7** Valores de significancia estadística de las distancias de dispersión por viento de semillas de *E. crusgalli* para distancias de la fuente 0,5, 1 y 2 metros para ambos tipos.

Tipo de semilla	Comparación	Valor p
Con arista	0,5 m v/s 1 m	0,6864
	0,5 m v/s 2 m	<0,0001
	1m v/s 2 m	<0,0001
Sin Arista	0,5 m v/s 1 m	0,8986
	0,5 m v/s 2 m	<0,0001
	1m v/s 2 m	<0,0001

Valor p<0,05 presenta diferencia estadísticamente significativa.

Para el grupo de espiguillas con arista, se observa una diferencia estadísticamente significativa en la comparación de 0,5 m v/s 2 m y 1 m v/s 2 m ( $p < 0,0001$  en ambos casos). Esto sugiere que, al alejar la distancia respecto a la fuente en 1 m, disminuye el recorrido de avance de forma estadísticamente significativa. Distancias cercanas, menores a 1 m, no influyen significativamente en la distancia de alejamiento. En este mismo contexto, se presenta para la espiguilla sin arista; por lo cual se puede inferir que la presencia de la arista en la espiguilla no influye en la distancia de alejamiento frente a foco constante de viento (Fig. 4.10).

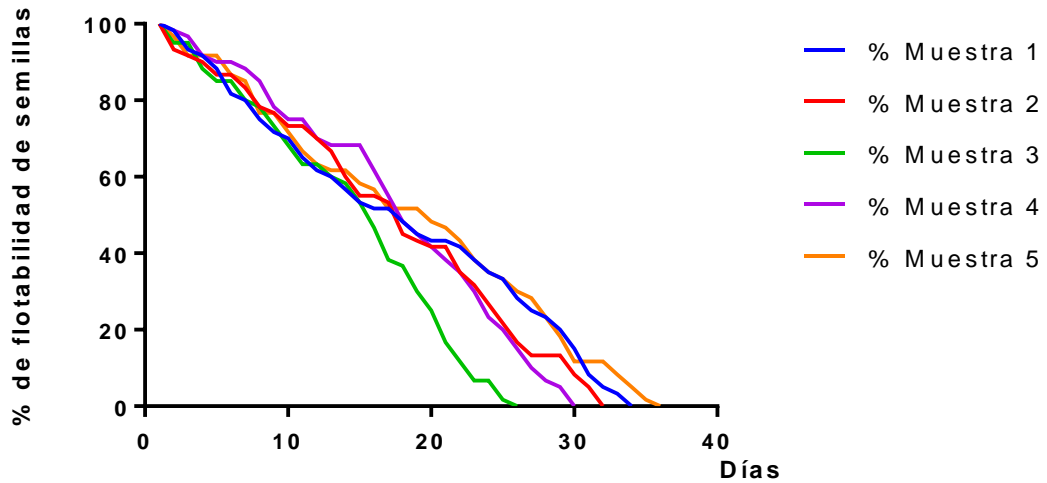


**Figura 4.10** Distancia de alejamiento de la semilla *E. crusgalli* por viento con y sin arista a la distancia de 1 metro de la fuente

Al realizar comparación de ambos tipos de semillas, a 1 metro de distancia desde la fuente de emisión de viento, se observa que no se encuentran diferencias estadísticas significativas, por lo cual se infiere que para estos casos la arista no posee relevancia en la distancia de alejamiento.

#### 4.3.3 Tiempo de flotabilidad de las espiguillas para 5 muestras en agua en reposo

En un principio todas las muestras presentan un gran porcentaje de flotabilidad, fenómeno que va decreciendo a medida que transcurre los días. Alrededor de los 15 días, las mayorías de las muestras evidencias alrededor del 50% se mantuvo a flote (Fig. 4.11). Este tiempo, fue mucho más prolongado, en relación con el descrito en el estudio realizado por Maun y Barrett en 1986, en el cual el 50% de las cariósides se hundió entre el cuarto y quinto día.



**Figura 4.11** Diagrama del tiempo de flotabilidad de las espiguillas de *E. crusgalli* según valores porcentuales en agua en reposo

## 5. CONCLUSION

El promedio de semillas encontradas por espiga en las muestras evaluadas fue de 702, estando dentro de los rangos mencionados por la literatura. En tanto el peso promedio alcanzado de los granos fue 1,7 miligramos, con una medida de las espiguillas de 9,77 milímetros, para la arista 5,95 milímetros y cariósipide de 1,92 milímetros. La invasión potencial para una hectárea de suelo alcanzaría a 119 Kg/ha de semillas.

Se hace patente la alta productividad de semillas y su pequeño tamaño y peso, son ventajas morfológicas en la estrategia de caída, dispersión y cantidad en el pool de semillas de suelo.

En condiciones experimentales simuladas en esta experiencia, se demuestra que a alturas superiores a 1,5 metros contribuyen a aumentar la distancia de alejamiento de la planta madre, no observándose influencia significativa de la arista.

Se demuestra que el viento es una variable importante en la dispersión por cuanto a más cercanía de la fuente (menor a 1m) el alejamiento es mayor, disminuyendo la distancia recorrida a mayor lejanía de la fuente de viento. Se observa, que la arista no influye en la distancia de alejamiento, pero si, a direccionar el movimiento, cumpliendo a la vez funciones de palanca en cuanto a levantar el cariósipide.

La capacidad de flotar de la cariósipide es también una variable que influye en la dispersión por agua. La flotabilidad posterior a los 15 días de agua en reposo se ve disminuida, iniciándose el proceso de caída en profundidad de las semillas, culminando ya a los 30 días. Este hecho, demuestra que es una estrategia de las semillas el mantenerse a flote en aguas lóxicas, contribuyendo a su mayor dispersión.

Las variables seleccionadas en la simulación permiten recrear la fenomenología de la dispersión y son las que regularmente *Echinochloa crusgalli* se enfrenta y operan en la naturaleza. El agua, la altura de caída, peso, tamaño y viento son factores que explican el modelo de dispersión de las poblaciones con resultado de cotejo positivo de la hipótesis.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

1. **Alvarado, R. y Hernaíz, S., 1995.** Manual de Producción de Arroz. Serie N°62. INIA QUILAMAPU. Chillán, Chile. 14-25 p.
2. **Alvarado, R., y Hernaíz, S., 2007.** Antecedentes generales sobre el arroz en Chile. p. 5-86. En Alvarado, R. (ed.) Arroz manejo tecnológico. Boletín INIA N°162. 180 p.
3. **Alvarado, R., 2007.** Arroz manejo tecnológico. Boletín INIA N°162. Chillán, Chile.
4. **Aminpanah, H., Soroushzaheh, A., Zand, E. y Momeni, A. 2010.** Comparison between rice (*Oryza sativa* L.) cultivars for competitiveness against barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.). Visitado el 5 de abril a las 16 horas. Disponible en: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=IR2011005194>
5. **Aoki, D. y Yamagushi, H. 2008.** Genetic relationship between *Echinochloa crusgalli* and *Echinochloa oryzicola* accessions inferred from internal transcribed spacer and chloroplast DNA sequences. Weed Research Ecology and Vegetation Management. Osaka Prefecture University. Sakai, Japón.
6. **Bejark, P. y Pammenter, N. 1997.** Semillas ortodoxas y recalcitrantes. Unidad de investigación de biología celular de las plantas. Universidad de Natal, Durban, Sudáfrica. Cap. 4 p.143-155. Visitado el 15 de marzo a las 20 horas. Disponible en: [https://www.academia.edu/22856554/Semillas\\_Ortodoxas\\_y\\_Recalcitrantes](https://www.academia.edu/22856554/Semillas_Ortodoxas_y_Recalcitrantes)
7. **Chaves, L., Valverde, B. y Garita, I. 1997.** Efecto del tiempo y la profundidad de entierre en el suelo sobre la persistencia de la semilla de *Echinochloa colona*. Manejo Integrado de plagas 45: 18-24 p.
8. **Chilian, J., Parada, J., y Saavedra, F. 2015.** Control de malezas. En: M. Paredes, V. Becerra (eds.). Manual de producción de Arroz: Buenas Prácticas Agrícolas. Santiago, Chile. Instituto de Investigación Agropecuaria N° 306: 51- 54.
9. **CONABIO. 2009.** *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv." Zacate de Agua". Visitado el 15 de agosto a las 14 horas. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/echinochloa-crus-galli/fichas/ficha.htm>
10. **Cropcheck chile. 2011.** Manual de recomendaciones cultivo de arroz inundado desde siembra. Segunda Edición. Fundación Chile. Santiago, Chile.
11. **Del Pozo, A. 2016.** Fisiología de la producción de arroz, Catedra Fisiología de Cultivos. Facultad Ciencias Agrarias, Escuela de Agronomía, Universidad de Talca. Talca, Chile. 1-71 p.
12. **Eberhardt, D. y Noldin, J. 2015.** Multiple resistant barnyardgrass (*Echinochloa crusgalli* var. *crusgalli*). International survey off herbicide resistant weeds. Brasil. Visitado el 28 de agosto a las 21:00 horas. Disponible en: <http://www.weedscience.org/Details/Case.aspx?ResistID=15069>

13. **Espinoza, N. 1996.** Malezas presentes en Chile. Primera Edición INIA. Editorial Aníbal Pinto. Chile. 150 p.
14. **Faiguenbaum, H. 1987.** Producción de Cultivos en Chile, Cereales, leguminosas e Industriales. Torre Lodones. Santiago, Chile. 161-167 p.
15. **FAO. 2018.** Seguimiento del Mercado del Arroz. Visitado el 12 de septiembre a las 18:00 horas. Disponible en: <http://www.fao.org/3/l8317ES/i8317es.pdf>
16. **Flora Vascular. 2019.** Echinochloa crus-galli (L.) Beauv. Visitado el 18 de abril a las 21 horas. Disponible en <https://www.floravascular.com/index.php?spp=Echinochloa%20crus-galli>
17. **Global Biodiversity Information Facility. 2017.** Echinochloa spp. Visitado el 20 de agosto a las 20 horas. Disponible en: <https://www.gbif.org/species/2702808>
18. **González, J. 1983.** Principales Malezas en el Cultivo del Arroz en América Latina. Primera Edición. Edición Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 23-47 p.
19. **Hamilton, R. 2004.** The Art of Rice: Spirit and Sustenance in Asia. UCLA Fowler Museum of Cultural History. Los Ángeles, EE.UU. 552 p.
20. **Herbari Virtual. 2019.** Echinochloa crus-galli (L.) Beauv subsp. crus-galli. Universidad de las Islas Baleares. Visitado el 18 de abril a las 20 horas. Disponible en: <http://herbarivirtual.uib.es/ca/general/593/especie/echinochloa-crus-galli-l-beauv-subsp-crus-galli>
21. **Hernaíz, S. 1986.** Control de malezas gramíneas en arroz. IPA Quilamapu. N° 29. Chillán. Chile.
22. **Holm L.G., Plucknett, D.L, Pancho, J.V. y Herberger, J.P. 1977.** The World's Worst Weeds, distribution and biology. The University Press of Hawaii, Honolulu. 609 pp
23. **Hussain, T. 2016.** Characterization of Echinochloa spp in Arkansas. University of Arkansas. EE.UU. Visitado el 8 de enero a las 10 horas. disponible en: <https://scholarworks.uark.edu/etd/1733/>
24. **Issifu, H., Abonkra, B., Ochire-Boadu, K., Husseini, R., Tom-Dery, D., Baatuwie, B. N., and Asante, W. J. 2016.** Seed size polymorphism in Khaya senegalensis (Desr.) A. Juss.: Implications for seed propagation. African Journal of Plant Science10: 50-57.
25. **Kellogg, E. 2015.** The families and genera off vascular plants, flowering plants monocots poaceae. Vol XIII, Edition Springer. Suiza. 3-18 p.
26. **Kogan, M. 1992.** Malezas: Ecofisiología y estrategias de control. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 402 p.
27. **León, L. 2017.** Malherbología-Malezas en los cultivos. Ficha Técnica Serie 84. Instituto de Investigación Agropecuarias Quilamapu. Chillán, Chile.
28. **Matthei, O. 1995.** Manual de las malezas que crecen en Chile. Alfabeta Impresores, Chile

29. **Maun, M. y Barrett, S.1986.** The biology of Canadian weeds. N° 77 *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv. Can.J. Plant. Sci. 66: 739-759. University of Toronto, Canadá.
30. **Metzler, M.J. y García, E. 2015.** *Echinochloa crusgalli* con posible resistencia a inhibidores de la acetolactato sintetasa en Entre Ríos y Corrientes. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina. Visitado el 25 agosto a las 19:30 horas. Disponible en: <https://www.aapresid.org.ar/rem/wp-content/uploads/sites/3/2015/03/Alerta-Echinocloa-sospecha-de-resistencia-ALS.pdf>
31. **Nicora, E., Rúgolo de Agrasar, Z. 1987.** Los Géneros de Gramíneas de Américas Austral. Primera Edición. Editorial hemisferio sur S.A. Buenos Aires, Argentina. 447-449 p.
32. **ODEPA. 2014.** Arroz: Baja la Producción Mundial. Visitado el 7 de junio a las 15.50 horas. Disponible en: <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2014/11/Arroz2014.pdf>
33. **ODEPA. 2017.** La cadena del arroz en Chile. Visitado el 13 de septiembre a las 17:30 horas. Disponible en: <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2018/02/ARROZ2018Final.pdf>
34. **ODEPA. 2018.** Boletín Cereales: precio, producción y comercio exterior de trigo, maíz y arroz. Visitado el 25 de agosto a las 18:00. Disponible en <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2018/04/Boletin-cereales-abril-2018.pdf>
35. **Olmos, S. 2007.** Apunte de morfología, fenología, ecofisiología y mejoramiento genético del arroz. Cátedra de Cultivos II. Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE. Corrientes, Argentina. p 1-10.
36. **Ormeño, J. 1991.** El Hualcacho: su control en el cultivo del arroz. Instituto Investigación Agropecuaria Quilamapu. Chile. N°48: 22-29 p.
37. **Ormeño, J. 1992.** Efecto del Hualcacho (*Echinochloa* spp) sobre el rendimiento del arroz (*Oryza sativa* L.) en Chile. Agricultura Técnica 50: 208- 213.
38. **Ormeño, J. y Pedreros, A. 1989.** Control de malezas en el cultivo de arroz. En: Alvarado, R. (ed) Seminario de producción de arroz. Instituto Investigación Agropecuaria, Serie Quilamapu N° 16: 96-108 p.
39. **Parada, J., Riquelme, J. y Paredes, M. 2015.** Siembra directa en arroz. En: M. Paredes, V. Becerra (eds.). Manual de producción de Arroz: Buenas Prácticas Agrícolas. Santiago, Chile. Instituto de Investigación Agropecuaria N° 306: 28-31.
40. **Pedreros, A y Alvarado, R. 1994.** Efecto de la lámina de agua sobre el control de Hualcacho (*Echinochloa* spp.) en cultivo de arroz. Agricultura Técnica 52: 112 – 117.
41. **Rampoldi, A., Metzler, M., Re, A. y Urretabizkaya, N. 2016.** Emergencia de *Echinochloa* spp. en el centro-este de Entre Ríos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina. Visitado el 15 septiembre a las 15:30 horas. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_echinocloa\\_rampoldi\\_metzler\\_re\\_urretabizcaya.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_echinocloa_rampoldi_metzler_re_urretabizcaya.pdf)

42. **Tascón, J. R. G., Moradillo, J. L. V., y Martínez, V. M. G. 2005.** Métodos de propagación de las malas hierbas y germinabilidad de sus semillas. *Agricultura: Revista agropecuaria*. 636-641.
43. **Tinarelli, A. 1989.** *El Arroz*. Primera Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 75 p.
44. **UAL, 2002.** Biología de las plantas adventicias. Dispersión, dormancia y reclutamiento de plántulas. Crecimiento y reproducción. Dinámica de poblaciones: anuales, bienales, herbáceas perennes y leñosas. *Malherbología*. Universidad de Almería. España. Visitado el 27 febrero a las 22 horas. Disponible en: <https://w3.ual.es/personal/edana/bot/mh/temas/t5.doc>.
45. **UPNA. 2018.** Familias Gramineae (Poaceae). Herbario de la Universidad Publica de Navarra. Visitado el 15 julio. Disponible en: <http://www.unavarra.es/herbario/htm/Gramineae.htm>
46. **UPV. 2018.** Familia Poaceae. Universidad Politecnica de Valencia. Visitado el 23 de enero. Disponible en: <http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas%20Angiospermas/Comenilidas/Gramineas.htm>
47. **Veríssimo, L. 2002.** Cereales: El arroz. En: Gispert, C., Gay, J., Vidal, J. y Fernández, J. *Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería*. Primera edición. Editorial Océano. España. 299-308p
48. **Villarías, J. 2006.** *Atlas de malas hierbas*. Cuarta Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 136 p.
49. **Walters, D. y Southwick, C. 2012.** Collection California Department of Food and Agriculture. photographed in laboratory at CPHST in Fort Collins, Colorado, United States. Visitado el 10 de agosto a las 15 horas. Disponible en: <https://www.weedimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5463713>
50. **Wendys Herbarium. 2018.** *Echinochloa crus-galli*. Visitado el 14 de abril a las 19 horas. Disponible en: <http://botanika.wendys.cz/index.php/14-herbar-rostlin/723-echinochloa-crus-galli-jezatka-kuri-noha>
51. **Zhang, J., Fu, F., Liu, C., Lin, Z., Wang, Y., Ye, C. y Lu, Y. 2017.** Chloroplast DNA markers for *echinochloa* taxa. *Weed Research Ecology and Vegetation Management*. Zhejiang University, Hangzhou, China.



## 7. ANEXOS

**Anexo 1:** Valores de caída de semillas con arista para 5 repeticiones para altura de 50 Centímetros.

Test 1

Semilla a 50 cm	cm avance
1	1,5
2	5,5
3	5,3
4	7
5	6,6
6	9
7	11
8	12
9	12,8
10	24
11	26
12	25,5

Test 2

Semilla a 50 cm	cm avance
1	1,3
2	7
3	7,5
4	8
5	8,3
6	7
7	8,8
8	9
9	8,5
10	10
11	8,9
12	16

Test 3

Semilla a 50 cm	cm avance
1	0,5
2	1
3	8,5
4	6
5	2,3
6	1,2
7	2,3
8	4,6
9	3,1
10	5,8
11	7,9
12	4,7

Test 4

Semilla a 50 cm	cm avance
1	2
2	2,3
3	1,5
4	7
5	8
6	8,1
7	11
8	14
9	16
10	18
11	19,5
12	20

Test 5

Semilla a 50 cm	cm avance
1	3
2	4
3	6
4	6,8
5	7
6	8
7	10
8	11
9	14
10	14,6
11	16
12	17

**Anexo 2.** Valores caída semilla con arista y 5 repeticiones para altura de 1 metro.

Test 1

Semilla a 1 m	cm avance
1	2,5
2	4,4
3	4,1
4	4,6
5	11
6	11,5
7	13,5
8	20
9	26
10	42
11	28
12	14

Test 2

Semilla a 1 m	cm avance
1	6,4
2	5,4
3	4,3
4	16
5	27
6	4,4
7	12
8	3,5
9	16,5
10	14,3
11	17,8
12	4,7

Test 3

Semilla a 1 m	cm avance
1	5,8
2	2,5
3	2,9
4	6
5	4,8
6	22
7	17
8	4,5
9	14
10	24
11	13
12	3,3

Test 4

Semilla a 1 m	cm avance
1	16
2	8,5
3	7,9
4	4,5
5	7,8
6	9,3
7	8,9
8	12
9	6,8
10	14
11	15,3
12	9,2

Test 5

Semilla a 1 m	cm avance
1	2
2	3,5
3	3,8
4	5
5	6
6	7,3
7	8
8	10
9	12
10	14
11	14,6
12	18

**Anexo 3.** Valores caída semilla con arista y 5 repeticiones para altura de 2 metros.

Test 1

Semilla a 2 m	cm avance
1	9
2	6,5
3	4
4	2,5
5	8,7
6	19
7	22
8	14,6
9	6
10	2,3
11	55
12	36

Test 2

Semilla a 2 m	cm avance
1	10
2	3
3	11
4	8
5	2
6	3,4
7	5
8	2
9	12
10	15
11	14,5
12	16

Test 3

Semilla a 2 m	cm avance
1	3
2	10
3	4,6
4	16
5	4
6	6
7	17
8	22
9	4
10	5
11	1,5
12	13,7

Test 4

Semilla a 2 m	cm avance
1	5
2	6
3	2
4	2
5	7
6	12
7	19
8	3
9	5
10	14
11	9
12	12,4

Test 5

Semilla a 2 m	cm avance
1	3
2	4
3	5,5
4	5,8
5	7
6	10
7	12
8	14
9	15,6
10	18
11	20
12	23,5

**Anexo 4:** Valores caída semilla sin arista y 5 repeticiones para altura de 50 centímetros.

Test 1

Semilla a 50 cm	cm avance
1	1,8
2	2
3	3,5
4	3,8
5	4
6	4,6
7	5
8	6,3
9	7
10	9
11	9,2
12	9,4

Test 2

Semilla a 50 cm	cm avance
1	0,3
2	1,3
3	2
4	3,4
5	4
6	4,3
7	4,6
8	6
9	7,4
10	9
11	10
12	11,5

Test 3

Semilla a 50 cm	cm avance
1	1,5
2	1,7
3	2,1
4	3,6
5	4
6	4,5
7	5
8	7
9	7,6
10	9,7
11	10,3
12	12

Test 4

Semilla a 50 cm	cm avance
1	1,3
2	2
3	2,2
4	4
5	4,6
6	5
7	5,3
8	6
9	7,2
10	9
11	9,5
12	11

Test 5

Semilla a 50 cm	cm avance
1	0,5
2	1
3	1,8
4	3
5	3,5
6	4
7	4,2
8	5,7
9	7
10	7,3
11	7,8
12	9

**Anexo 5.** Valores caída semilla sin arista y 5 repeticiones para altura de 1 metro.

Test 1

Semilla a 1 m	cm avance
1	0,3
2	1,5
3	2,7
4	3
5	5
6	7
7	7,5
8	10,5
9	11
10	14
11	14,7
12	16

Test 2

Semilla a 1 m	cm avance
1	1
2	2,3
3	3
4	5
5	6,4
6	7
7	7,3
8	9
9	10
10	12
11	13,4
12	14

Test 3

Semilla a 1 m	cm avance
1	1,7
2	2,3
3	3
4	4
5	4,5
6	4,7
7	5,6
8	7
9	8,4
10	8,9
11	10
12	11

Test 4

Semilla a 1 m	cm avance
1	2
2	3,4
3	4
4	4,3
5	5,1
6	5,5
7	6
8	7
9	9
10	11
11	13
12	15,5

Test 5

Semilla a 1 m	cm avance
1	2
2	2,4
3	3
4	3
5	3,5
6	5
7	6
8	8
9	8,5
10	9
11	10
12	10,6

**Anexo 6.** Valores caída semilla sin arista y 5 repeticiones para altura de 2 metros.

Test 1

Semilla a 2 m	cm avance
1	2,5
2	4
3	4,6
4	5
5	5,9
6	8
7	10
8	12
9	12,8
10	14
11	17
12	18

Test 2

Semilla a 2 m	cm avance
1	3
2	3,5
3	4
4	4,2
5	4,5
6	6
7	7,2
8	8
9	14
10	16
11	19
12	21

Test 3

Semilla a 2 m	cm avance
1	2
2	2,3
3	4,3
4	5
5	5,5
6	6,8
7	8
8	9
9	11
10	11,5
11	12,3
12	12,7

Test 4

Semilla a 2 m	cm avance
1	2,7
2	3
3	3,5
4	4,6
5	5
6	5
7	5,3
8	6
9	8
10	10
11	14
12	15

Test 5

Semilla a 2 m	cm avance
1	1,5
2	2
3	3,4
4	4,3
5	5
6	6
7	7,4
8	9
9	11
10	14
11	16
12	19

**Anexo 7.** Valores de influencia del viento en la semilla con arista para 50 cm de distancia con 10 repeticiones.

Test 1

50 cm	Distancia cm
1	10,5
2	40,5
3	45
4	120
5	188

Test 2

50 cm	Distancia cm
1	2
2	31,5
3	62,5
4	82
5	106

Test 3

50 cm	Distancia cm
1	5
2	11
3	13
4	14,5
5	49,5

Test 4

50 cm	Distancia cm
1	21
2	97,5
3	97,5
4	126
5	138

Test 5

50 cm	Distancia cm
1	24,5
2	52,5
3	55,5
4	57
5	91,5

Test 6

50 cm	Distancia cm
1	48,5
2	66
3	87,5
4	98
5	103

Test 7

50 cm	Distancia cm
1	7
2	22,5
3	40
4	48
5	101

Test 8

50 cm	Distancia cm
1	0.3
2	54
3	60
4	136
5	168,5

Test 9

50 cm	Distancia cm
1	11,5
2	19,5
3	20
4	37
5	120

Test 10

50 cm	Distancia cm
1	8,5
2	50
3	57,5
4	83
5	102

**Anexo 8.** Valores de influencia del viento en la semilla con arista para 100 cm de distancia con 10 repeticiones.

Test 1

100 cm	Distancia cm
1	27,5
2	47,5
3	77,5
4	76
5	95

Test 2

100 cm	Distancia cm
1	34,5
2	35,5
3	54,5
4	62,5
5	66,5

Test 3

100 cm	Distancia cm
1	25
2	53,5
3	64,5
4	94,5
5	107,5

Test 4

100 cm	Distancia cm
1	2,5
2	53,5
3	53
4	79
5	86

Test 5

100 cm	Distancia cm
1	51
2	82
3	95,5
4	96
5	104

Test 6

100 cm	Distancia cm
1	6
2	20
3	46
4	80
5	83,5

Test 7

100 cm	Distancia cm
1	21
2	62
3	61
4	63,5
5	75

Test 8

100 cm	Distancia cm
1	50
2	60,5
3	70
4	81,5
5	143

Test 9

100 cm	Distancia cm
1	51
2	33
3	95
4	97
5	103

Test 10

100 cm	Distancia cm
1	50
2	70
3	73,5
4	80,3
5	160



**Anexo 9.** Valores de influencia del viento en la semilla con arista para 200 cm de distancia con 10 repeticiones.

Test 1

200 cm	Distancia cm
1	0,7
2	1,3
3	2
4	9,8
5	14

Test 2

200 cm	Distancia cm
1	1
2	1,2
3	16
4	17,7
5	23

Test 3

200 cm	Distancia cm
1	2,5
2	6
3	9,6
4	13
5	15

Test 4

200 cm	Distancia cm
1	2
2	3
3	10
4	11,5
5	38

Test 5

200 cm	Distancia cm
1	2
2	5
3	5,5
4	8
5	8,3

Test 6

200 cm	Distancia cm
1	1,5
2	3
3	5
4	10
5	12

Test 7

200 cm	Distancia cm
1	0,7
2	2
3	6
4	7
5	14

Test 8

200 cm	Distancia cm
1	5
2	8
3	8,5
4	10
5	11

Test 9

200 cm	Distancia cm
1	0,5
2	1
3	5
4	8
5	12

Test 10

200 cm	Distancia cm
1	2
2	5
3	11
4	13
5	14,5

**Anexo 10.** Valores de influencia del viento en la semilla sin arista para 50 cm de distancia con 10 repeticiones.

Test 1

50 cm	Distancia cm
1	13,3
2	18,5
3	45,7
4	80,4
5	125

Test 2

50 cm	Distancia cm
1	10
2	35
3	39,6
4	98
5	110

Test 3

50 cm	Distancia cm
1	13
2	27,8
3	67
4	69
5	74

Test 4

50 cm	Distancia cm
1	23
2	46
3	101,5
4	135
5	136,4

Test 5

50 cm	Distancia cm
1	23
2	53
3	76,8
4	82
5	91,7

Test 6

50 cm	Distancia cm
1	26
2	59
3	88,3
4	91,6
5	106

Test 7

50 cm	Distancia cm
1	14
2	23,5
3	39
4	48
5	52

Test 8

50 cm	Distancia cm
1	14
2	15,6
3	27,8
4	69
5	86,7

Test 9

50 cm	Distancia cm
1	17,8
2	24,1
3	33
4	76
5	94

Test 10

50 cm	Distancia cm
1	15
2	54,6
3	59
4	97,3
5	105

**Anexo 11.** Valores de influencia del viento en la semilla sin arista para 100 cm de distancia con 10 repeticiones.

Test 1

100 cm	Distancia cm
1	29
2	48,7
3	55
4	78
5	99

Test 2

100 cm	Distancia cm
1	22
2	35
3	37
4	62
5	71,4

Test 3

100 cm	Distancia cm
1	27
2	54,3
3	55
4	61
5	68,7

Test 4

100 cm	Distancia cm
1	8
2	45
3	51,5
4	63,4
5	87

Test 5

100 cm	Distancia cm
1	35
2	84
3	95,8
4	99,3
5	106

Test 6

100 cm	Distancia cm
1	8
2	22
3	26
4	45
5	57

Test 7

100 cm	Distancia cm
1	19
2	68
3	71
4	73,5
5	93

Test 8

100 cm	Distancia cm
1	52
2	62
3	72
4	85
5	86,7

Test 9

100 cm	Distancia cm
1	42
2	48
3	67
4	96
5	112

Test 10

100 cm	Distancia cm
1	49
2	57
3	78,2
4	80,7
5	97

**Anexo 12.** Valores de influencia del viento en la semilla sin arista para 200 cm de distancia con 10 repeticiones.

Test 1

200 cm	Distancia cm
1	0,9
2	1,4
3	1,5
4	12
5	13,4

Test 2

200 cm	Distancia cm
1	1,4
2	1,5
3	15
4	15,7
5	22

Test 3

200 cm	Distancia cm
1	2,5
2	7
3	9,8
4	11
5	16

Test 4

200 cm	Distancia cm
1	2,3
2	3,6
3	6
4	9,3
5	13

Test 5

200 cm	Distancia cm
1	2,4
2	6
3	5,8
4	9
5	9,5

Test 6

200 cm	Distancia cm
1	8
2	22
3	26
4	45
5	57

Test 7

200 cm	Distancia cm
1	0,8
2	2,2
3	6,7
4	9
5	17

Test 8

200 cm	Distancia cm
1	5,5
2	8,2
3	9,4
4	11
5	14,4

Test 9

200 cm	Distancia cm
1	0,6
2	1,7
3	8
4	12
5	13

Test 10

200 cm	Distancia cm
1	3
2	4
3	15
4	16
5	22

**Anexo 13:** Valores de flotabilidad de 60 semillas por recipiente en agua en reposo para 36 días con 5 réplicas.

Muestra/Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
1	0	1	4	5	7	11	12	15	17	18	21	23	24	26	28	29	29	31	33	34	34	35	37	39	40	43	45	46	48	51	55	57	58	60			
2	3	4	5	6	8	8	10	13	14	16	18	20	24	27	27	28	33	34	35	35	39	41	44	47	50	52	52	52	55	57	60						
3	2	3	3	7	9	9	12	13	16	19	22	24	25	28	32	37	38	42	45	50	53	56	56	59	60												
4	1	1	2	5	6	6	7	9	13	15	18	19	19	19	23	27	31	33	35	37	39	42	46	48	51	54	56	57	60								
5	0	2	5	5	5	8	9	14	14	17	20	22	23	23	25	26	29	29	29	31	32	34	37	39	40	42	43	46	49	53	53	53	55	57	59	60	