



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE  
FACULTAD DE AGRONOMÍA E INGENIERÍA FORESTAL  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO  
MAGÍSTER EN FISIOLOGÍA Y PRODUCCIÓN VEGETAL

Evaluación del efecto repelente del salvado de quínoa rico en saponina (*Chenopodium quinoa*) sobre *Bagrada hilaris* y *Brevicoryne brassicae* en plantas de *Brassica oleracea*

Actividad Integradora de Graduación como requisito para optar al grado de

*Magister* en Fisiología y Producción Vegetal

por:

Sebastián Alejandro Toledo Bórquez

Comité de la Actividad Integradora de Graduación

Profesor Guía: Rodrigo Chorbadjian

Profesora Informante: Tania Zaviezo

Enero 2022

Santiago-Chile

## **Agradecimientos**

En primera instancia, quisiera agradecer a Dios por haberme brindado salud, determinación y perseverancia para poder lograr cada una de mis metas.

Agradezco profundamente a mis padres por haberme dado la oportunidad de estudiar, y por acompañarme y apoyarme siempre durante todos estos años que hemos estado juntos.

Agradezco a la Pontificia Universidad Católica de Chile por darme la oportunidad de ser parte de su prestigiosa institución, y en especial a aquellos profesores que contribuyeron en mi formación académica, depositando parte de sus conocimientos en mí.

Agradezco enormemente al profesor Rodrigo Chorbadjian por ser mi profesor guía para la presente actividad integradora de graduación, por el apoyo prestado y por haber resuelto cada una de mis dudas durante el desarrollo de esta actividad.

Agradezco de forma especial a don Robert Rojas, cuya asistencia fue esencial para la realización de una parte de esta actividad.

Por último, agradezco a familiares, amigos, compañeros y todas aquellas personas que me han manifestado su amistad y cariño.

*A mis padres*

## Índice

<b>Abstract</b> .....	2
<b>1. Introducción</b> .....	3
<b>1. 1. Objetivos</b> .....	7
<b>1. 1. 1. Objetivo general</b> .....	7
<b>1. 1. 2. Objetivos específicos</b> .....	7
<b>1. 2. Hipótesis</b> .....	7
<b>2. Materiales y métodos</b> .....	8
<b>2. 1. Material vegetal</b> .....	8
<b>2. 2. Fertilización</b> .....	9
<b>2. 3. Insectos</b> .....	10
<b>2. 4. Preparación de la solución de salvado de quínoa</b> .....	10
<b>2. 5. Diseño experimental y mediciones</b> .....	11
<b>2. 6. Análisis estadístico</b> .....	15
<b>3. Resultados</b> .....	16
<b>3. 1. Ensayo 1</b> .....	16
<b>3. 2. Ensayo 2</b> .....	20
<b>4. Discusión</b> .....	22
<b>5. Conclusiones</b> .....	27
<b>Resumen</b> .....	28
<b>Referencias</b> .....	30
<b>Anexos</b> .....	37

Evaluation of the repellent effect of saponin-rich quinoa bran (*Chenopodium quinoa*) on *Bagrada hilaris* and *Brevicoryne brassicae* in *Brassica oleracea* plants.

Sebastián Alejandro Toledo Bórquez

Laboratorio de Entomología de Cultivos. Departamento de Ciencias Vegetales.  
Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile.  
Santiago, Chile.

### Abstract

**Toledo, S. (2022). Evaluation of the repellent effect of saponin-rich quinoa bran (*Chenopodium quinoa*) on *Bagrada hilaris* and *Brevicoryne brassicae* in *Brassica oleracea* plants.** Actividad Integradora de Graduación, Magíster en Fisiología y Producción Vegetal, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 50 pp. Nowadays, due to the risk involved in the use of synthetic insecticides, it is necessary to create natural products that are friendlier to the ecosystem. The objective of this research was to evaluate the repellent effect of saponin-rich quinoa bran (*Chenopodium quinoa* Willd.) on the painted bug (*Bagrada hilaris*) and the cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*) on cabbage, broccoli and kale. In the trial conducted on bugs, each leaf was divided into two areas, leaving an area treated with quinoa bran (1, 10 and 30 g·L<sup>-1</sup>) and an untreated area. The number of bugs was counted for approximately one day, and subsequently the damaged surface was calculated, analyzing both data by means of a preference index. There were no significant differences in the number of bugs in any variety ( $p > 0,05$ ), while in the case of the damaged surface only kale showed significant differences ( $p = 0,019$ ). On the other hand, in the trial conducted on aphids, plants were subjected to treatments with and without the application of bran (30 g·L<sup>-1</sup>). Plants were allowed to infest naturally for one week and the number of aphids per plant was counted. There were no significant differences in any treatment ( $p > 0,05$ ). In the case of the painted bug, a repellency effect was observed in both types of parameters in all the varieties and concentrations used. In the case of the cabbage aphid, on the contrary, no repellency effect was observed in any of the varieties.

**Key words:** *Chenopodium quinoa* Willd., *Bagrada hilaris*, *Brevicoryne brassicae*, Hemiptera, *Brassica oleracea*, cabbage, broccoli, kale, repellency, saponins, bran, preference index.

## 1. Introducción

La familia Brassicaceae (conocida anteriormente como Cruciferae) corresponde a una familia de gran importancia económica, que contiene alrededor de 4.000 especies, comprendidas en 351 géneros (Al-Shehbaz, 2006; Walden *et al.*, 2020). Gran parte de los cultivos de importancia agrícola de esta familia están comprendidos dentro del género *Brassica*, entre los cuales se encuentran el repollo (*Brassica oleracea* var. *capitata*), brócoli (*B. oleracea* var. *italica*), coliflor (*B. oleracea* var. *botrytis*), repollito de bruselas (*B. oleracea* var. *gemmifera*), entre otros. Muchos de estos cultivos forman parte de la dieta humana a través del consumo de hortalizas en sus diferentes formatos (fresco, congelado, deshidratado, etc.) y también como condimentos y aceites (Šamec y Salopek-Sondi, 2019). Además, desde el punto de vista nutricional, algunos de estos cultivos son ricos en vitaminas, minerales y otros fitoquímicos considerados como beneficiosos para la salud humana, incluso han sido considerados como alimentos protectores frente a cierto tipo de enfermedades, como por ejemplo, el cáncer (Robin *et al.*, 2017). En Chile, la mayoría de la superficie cultivada de especies hortícolas de la familia Brassicaceae se produce en las regiones de la zona central del país (Metropolitana, Coquimbo y Valparaíso, principalmente), donde los cultivos con la mayor superficie cultivada a nivel nacional corresponden al repollo (2.261 ha), brócoli (1.912 ha) y coliflor (1.869 ha), según estimaciones realizadas para el 2020 (Aljaro, 2000; Vitta, 2020).

En Chile, dos de las especies de insectos más importantes a considerar durante la producción de brásicas corresponden al chinche pintado o chinche africano (*Bagrada hilaris*) y al pulgón del repollo (*Brevicoryne brassicae*), plagas que si no son manejadas de manera adecuada, podrían provocar pérdidas considerables en los rendimientos (Habimana & Hakizayezu, 2014; Palumbo & Natwick, 2010).

El chinche pintado fue detectado por primera vez en Chile en el 2016, en plantas silvestres de yuyo (*Brassica rapa*) en la comuna de Quilicura, Región Metropolitana, lo que a su vez corresponde a su primera aparición en Sudamérica (Faúndez *et al.*, 2016). En consecuencia, desde el 2017 el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) establece como obligatorio el control de esta plaga en Chile, según lo estipulado en la Resolución N° 1.577/2017 (SAG, 2017). En cuanto a los daños provocados por el chinche pintado, tanto adultos como ninfas succionan la savia de las hojas mediante su estilete, generando decoloraciones en forma de abanico o estrella, que posteriormente pueden derivar en una necrosis (Palumbo *et al.*, 2016). Además, daños producidos en los meristemas apicales pueden generar malformaciones, gatillando la

aparición de múltiples ápices, con pellas de menor calibre y calidad, ocasionando la pérdida del producto comercial en cultivos como brócoli y coliflor (e incluso en algunos casos podría no llegar a producirse la pella) (SAG, s.f.). A pesar de que el hospedero principal del chinche pintado son las brásicas, esta plaga es considerada como una especie polífaga, puesto que en total se han observado como posibles hospederos a 74 especies en 23 familias, entre ellas especies ornamentales, malezas y cultivos de importancia agrícola (Palumbo *et al.*, 2016).

Por otra parte, el pulgón del repollo corresponde a un áfido de distribución cosmopolita, especialista en plantas de la familia Brassicaceae (Kahan *et al.*, 2008). En cuanto a los daños causados por áfidos, tanto ninfas como adultos pueden ocasionar un daño directo por alimentación al succionar la savia de su hospedero, lo que puede producir decoloración (amarillez), marchitez y deformaciones en las plantas (Cisternas, 2011; Habimana & Hakizayezu, 2014). Por otro lado, los áfidos pueden generar un daño indirecto, puesto que al alimentarse pueden transmitir virus a las plantas hospederas, siendo el pulgón del repollo capaz de transmitir 20 distintos tipos de virus (Satar, 2005). Otro tipo de daño indirecto corresponde a la excreción de un desecho azucarado denominado mielecilla, el cual sirve de alimento para las hormigas, las que a su vez, brindan protección a los áfidos contra sus depredadores, generándose entre ambos una relación de mutualismo (Varenes *et al.*, 2016). Por otro lado, sobre la mielecilla podrían desarrollarse hongos oportunistas (fumagina), que al cubrir parte de la planta reducirían su área fotosintética (Lamb, 1959).

Desde el punto de vista de las estrategias defensivas de las plantas, diversas especies vegetales naturalmente sintetizan metabolitos secundarios, muchos de los cuales tienen una función protectora contra fitopatógenos y/o herbívoros depredadores (Schoonhoven *et al.*, 2005). De esta manera, el fenómeno de resistencia en plantas, gatillado por la presencia de estos compuestos defensivos se basa en dos posibles mecanismos, que corresponden a la antibiosis y la antixenosis, esta última conocida anteriormente como la "no preferencia" (Álvarez, 2015). Se entiende por antibiosis cuando la planta causa un efecto en el metabolismo y la fisiología del insecto, como por ejemplo, mediante la disminución de la fecundidad, la reducción del crecimiento y/o el aumento de la mortalidad. Por otro lado, la antixenosis afecta la conducta del insecto, por ejemplo, si un insecto prefiere o no una determinada planta para alimentarse, refugiarse u ovipositar (Kogan & Ortman, 1978; Painter, 1941).

Desde el ámbito de la protección vegetal, muchos metabolitos secundarios han sido aislados de plantas y se han utilizado en la elaboración de insecticidas y repelentes botánicos, como una fuente alternativa al uso de insecticidas sintéticos. Por lo general, los insecticidas

sintéticos presentan una mayor toxicidad para mamíferos y una mayor vida media en comparación a los insecticidas botánicos, por lo que estos últimos frecuentemente constituyen una alternativa más amigable con el medio ambiente (De Geyter *et al.*, 2011). Un ejemplo de insecticida natural de origen botánico comercializado en Chile corresponde a la azadiractina (nombre comercial: Neem-X®), un metabolito secundario extraído de la semilla del árbol de neem (*Azadirachta indica*), cuyo uso estaría permitido en la producción orgánica chilena (Esparza *et al.*, 2010; SAG, 2019; SAG, 2021).

Un tipo de metabolito secundario que se ha estudiado en numerosas ocasiones es la saponina. Las saponinas se definen como una mezcla compleja de glucósidos formados por dos estructuras, las que corresponden, por un lado, a una cadena de azúcares (estructura polar), y por otro lado a una aglicona (conocida también como sapogenina), donde esta última generalmente corresponde a una estructura esteroidea o triterpénica (estructura apolar) (Chaieb, 2010; Singh & Kaur, 2018). La presencia de una estructura polar y apolar al mismo tiempo, confiere a las saponinas la capacidad de disminuir la tensión superficial del agua, lo que les permite ser usadas como detergentes naturales (Ahumada *et al.*, 2016; Troisi *et al.*, 2014; Valencia *et al.*, 2005).

Se ha reportado que, naturalmente, las saponinas se encuentran presentes en especies de plantas en alrededor de 80 familias distintas como Fabaceae, Brassicaceae, Quillajaceae, Solanaceae, Rubiaceae, Asteraceae, entre muchas otras (Qasim *et al.*, 2020; Schoonhoven *et al.*, 2005). Existe una gran diversidad en cuanto a los tipos de saponinas que se han identificado, donde en una misma planta pueden haber varios tipos de saponinas, y a su vez, estas pueden estar localizadas en distintos órganos, como raíces, hojas, flores, etc. (Singh & Kaur, 2018). Existe una vasta cantidad de literatura científica en la que se reporta el potencial uso biocida de las saponinas en insectos, e incluso se ha reportado su uso como posible bactericida y fungicida (Chaieb, 2010; Jyothi & Seshagiri, 2012; Rahmawati *et al.*, 2019; Singh & Kaur, 2018). En el Cuadro 1 se muestran ejemplos de publicaciones en que se reportan los efectos de las saponinas, extraídas de distintas especies vegetales, en diversos insectos plaga.

**Cuadro 1.** Ejemplos de publicaciones que tratan sobre el potencial biocida y repelente de las saponinas en diversos insectos plaga.

<b>Especie vegetal fuente de saponinas</b>	<b>Órgano(s) o producto fuente de saponinas</b>	<b>Especie de insecto objetivo</b>	<b>Efecto(s) causado(s) en el insecto</b>	<b>Referencia</b>
<i>Allium ampeloprasum var. porrum</i>	Flor	<i>Acrolepiopsis assectella</i>	Aumento de la mortalidad en larvas; fallas en el proceso de muda en larvas	Harmatha <i>et al.</i> (1987)
<i>Barbarea vulgaris</i>	Hoja	<i>Plutella xylostella</i>	Actividad antialimentaria en larvas	Shinoda <i>et al.</i> (2002)
<i>Chenopodium quinoa Willd.</i>	Salvado	<i>Pseudaletia impuncta</i>	Aumento de la mortalidad en larvas	McCartney <i>et al.</i> (2019)
<i>Medicago sativa</i>	Raíz (*) Hoja	<i>Spodoptera littoralis</i>	Aumento de la mortalidad en larvas; retraso en el desarrollo larval y pupal; reducción de la fecundidad en adultos	Adel <i>et al.</i> (2000)
<i>Quillaja saponaria</i>	Corteza	<i>Acyrtosiphon pisum</i>	Aumento de la mortalidad en ninfas; efecto de repelencia en ninfas	De Geyter <i>et al.</i> (2011)

(\*) indica el órgano fuente donde los efectos de las saponinas fueron mayores.

## **1. 1. Objetivos**

### **1. 1. 1. Objetivo general**

Evaluar el efecto de repelencia del salvado de quínoa rico en saponina (*C. quinoa* Willd.) sobre el chinche pintado (*B. hilaris*) y el pulgón del repollo (*B. brassicae*) en tres variedades botánicas de *Brassica oleracea* (repollo, brócoli y kale).

### **1. 1. 2. Objetivos específicos**

- Determinar el efecto repelente contra el chinche pintado en función del número de individuos adultos vivos presentes en hojas y su nivel de daño, en hojas de repollo, brócoli y kale, tratadas con diferentes concentraciones de salvado de quínoa (1, 10 y 30 g·L<sup>-1</sup>).
- Determinar el efecto repelente contra el pulgón del repollo en función del número de individuos presentes en plantas de repollo, brócoli y kale, tratadas y no tratadas con salvado de quínoa (30 g·L<sup>-1</sup>).

## **1. 2. Hipótesis**

Se espera que la aplicación de una solución a base de salvado de quínoa brinde un efecto de repelencia contra insectos especialistas de brásicas, dado que la quínoa no es parte de sus plantas hospederas.

## **2. Materiales y métodos**

La fase experimental de la presente actividad integradora de graduación se llevó a cabo en la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC), entre los meses de septiembre y diciembre de 2021. Se realizaron dos ensayos de preferencia, donde el primero tuvo como objeto de estudio al chinche pintado o *B. hilaris* (Hemiptera: Pentatomidae), y el segundo al pulgón del repollo o *B. brassicae* (Hemiptera: Aphididae), utilizando tres variedades botánicas de *Brassica oleracea* (repollo, brócoli y kale). El ensayo en chinches contempló tres experimentos independientes entre sí (uno por variedad), mientras que el ensayo en pulgones contempló un solo experimento para las tres variedades en conjunto. A partir de este momento, el ensayo realizado en chinches será designado como “ensayo 1”, mientras que el ensayo en pulgones será designado como “ensayo 2”.

### **2. 1. Material vegetal**

Se utilizaron semillas de repollo, brócoli y kale pertenecientes a los cultivares comerciales Corazón de Buey, Waltham 29 y Westlandse Herfst, respectivamente. Las semillas fueron sembradas en almacigueras de 54 x 28 x 6 cm, donde cada almaciguera contó con un total de 72 alvéolos. Tanto para la siembra como para el trasplante, se utilizó como sustrato una mezcla de turba (DMS 2, Kekkilä Professional) y perlita (A-6, Harbolite Chile S.A.) en una proporción aproximada de 2:1. Para el trasplante se utilizaron bolsas de plástico cilíndricas de 10 cm de diámetro, con una profundidad aproximada de 9,5 cm. El trasplante se realizó entre el estado de dos a cuatro hojas verdaderas, dependiendo de la variedad en particular. Desde la siembra hasta el momento del trasplante, las almacigueras permanecieron puestas sobre mesas al interior del invernadero A3 de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la PUC (33° 29' 46" S, 70° 36' 32" W; 563 m s. n. m.) (Anexo 1). En cuanto al riego, las plantas fueron regadas diariamente de lunes a sábado, con una frecuencia de una a dos veces al día, dependiendo de la necesidad hídrica de las plantas.

#### **2. 1. 1. Ensayo 1**

Luego de realizado el trasplante, las plantas fueron colocadas al interior de jaulas confeccionadas con tubos de cloruro de polivinilo (PVC) y mallas de tul. Las jaulas fueron utilizadas con el propósito de constituir una barrera física y así evitar la infestación de insectos

plaga en el material vegetal. Las jaulas fueron colocadas sobre mesas al exterior de los invernaderos, en un sitio ubicado entre los invernaderos A1 y A2 de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la PUC (Anexo 2). Desde el momento en que fue realizada la siembra hasta el momento en que las plantas fueron utilizadas en los experimentos, transcurrieron entre 79 y 86 días, dependiendo del día en que se realizó cada réplica de los experimentos. En el Anexo 3 se muestran fotografías de las plantas al momento de su uso experimental.

### **2. 1. 2. Ensayo 2**

Luego de realizado el trasplante, las plantas fueron llevadas al laboratorio de Entomología de Cultivos, donde permanecieron por seis días, hasta su traslado al sitio de experimentación. Desde el momento en que fue realizada la siembra hasta el momento en que las plantas fueron trasladadas al sitio de experimentación, transcurrieron 39 días. En los Anexos 4-8 se muestran fotografías de las plantas al momento de su uso experimental.

## **2. 2. Fertilización**

Se utilizaron los fertilizantes Novatec® Solub 16-10-17 y Fetrilon® Combi 2-C, cada uno con iguales concentraciones y volúmenes de riego a utilizar durante ambos ensayos. Como concentración se utilizó la sugerida en las etiquetas de los envases, que en el caso de Novatec® Solub 16-10-17 fue de 18 g·L<sup>-1</sup>, mientras que en el caso de Fetrilon® Combi 2-C fue de 0,1 g·L<sup>-1</sup>. Como volumen de riego también se utilizó el sugerido en las etiquetas de los envases, que en el caso de Novatec® Solub 16-10-17 fue de 50 ml por planta, mientras que en el caso de Fetrilon® Combi 2-C fue de 10 ml por planta.

### **2. 2. 1. Ensayo 1**

Cada uno de los fertilizantes fueron aplicados en dos oportunidades. La primera aplicación del fertilizante Novatec® Solub 16-10-17 se llevó a cabo tres días después de realizado el trasplante, mientras que la segunda aplicación se realizó a la tercera semana (21 días) de realizado el trasplante. En el caso del fertilizante Fetrilon® Combi 2-C, la primera aplicación se realizó a la semana (siete días) de realizado el trasplante, mientras que la segunda aplicación se realizó 12 días después de la primera aplicación.

### **2. 2. 2. Ensayo 2:**

Se realizó una sola aplicación del fertilizante Novatec® Solub 16-10-17, la que se llevó a cabo a los tres días de realizado el trasplante. Del fertilizante Fetrilon® Combi 2-C se realizaron dos aplicaciones, donde la primera aplicación se realizó seis días antes del trasplante, mientras que la segunda aplicación se realizó 12 días después de la primera aplicación.

### **2. 3. Insectos**

#### **2. 3. 1. Ensayo 1**

Se colectaron individuos adultos macho y hembra de *B. hilaris* del sector de “Manejo de Cultivos” de la PUC (Anexo 9). Para la colecta de los insectos se utilizó un aspirador entomológico, el cual permitió aspirar y coleccionar en frascos los chinches localizados en plantas silvestres de yuyo (*B. rapa*) y alrededores (Anexo 10). Posteriormente, los chinches fueron depositados en cajas plásticas y dejados en el laboratorio de Entomología de Cultivos (Anexo 11). Para la alimentación de los chinches se utilizaron hojas obtenidas de plantas silvestres de yuyo, recolectadas del sector de Manejo de Cultivos, las cuales fueron previamente lavadas y secadas antes de ser suministradas a los insectos. Posteriormente, las hojas de yuyo fueron retiradas de las cajas a las 11:00 am del día anterior a la utilización de los insectos en los experimentos, quedando sin alimento durante aproximadamente un día.

#### **2. 3. 2. Ensayo 2**

El segundo ensayo correspondió a un experimento de infestación natural de pulgones, por lo que solo se dejaron las plantas en el sitio de experimentación, sin modificar la abundancia natural de insectos del ecosistema. El sitio de experimentación correspondió a un sector en el exterior (sin cubierta), ubicado al interior de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal (Anexo 12). Dicho sector cuenta con diversas especies arbóreas y herbáceas. Además, el sector consta de una gran cantidad de malezas, siendo el yuyo la maleza más abundante del lugar.

### **2. 4. Preparación de la solución de salvado de quínoa**

En ambos ensayos se utilizó salvado de quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) como fuente de saponina, obtenido en la PUC. La cuantificación de la saponina presente en el salvado de

quínoa (genotipo Cáhuil) utilizado durante la presente investigación fue efectuada por McCartney *et al.* (2019), quienes reportaron que cada gramo de salvado de quínoa contiene aproximadamente 154,5 mg de saponina (p. 129). En el Cuadro 2 se muestra la concentración de saponina estimada para cada una de las cantidades de salvado de quínoa utilizadas en la presente investigación.

**Cuadro 2.** Contenido de saponina estimado (g) en diferentes cantidades de salvado de quínoa (g).

Cantidad de salvado de quínoa (g)	Contenido de saponina estimado (g)
1 (*)	0,1545
10 (*)	1,5450
30 (*) (**)	4,6350

(\*) representa a las cantidades de salvado de quínoa que se utilizaron en el ensayo 1, mientras que (\*\*) representa a las cantidades que se utilizaron en el ensayo 2.

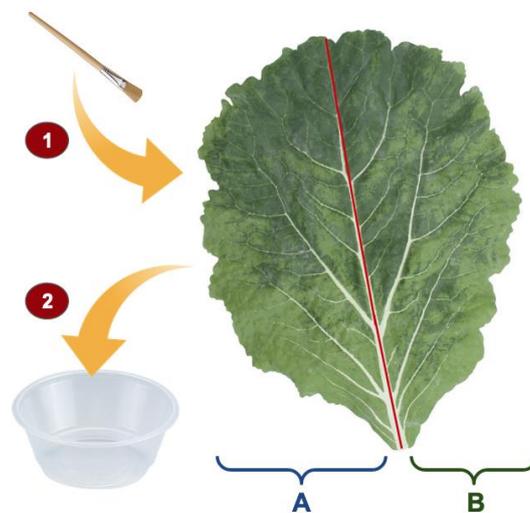
Para la preparación de las soluciones, cada una de las cantidades de salvado de quínoa fueron pesadas y disueltas en un litro de agua potable. Luego de preparada la solución, se utilizó un tamiz de laboratorio para remover los restos sólidos de la parte líquida de la solución. Finalmente, la solución líquida restante fue agitada durante 90 segundos previo a su utilización.

## 2. 5. Diseño experimental y mediciones

### 2. 5. 1. Ensayo 1

Para la obtención del material vegetal se extrajeron por día y variedad, seis hojas de tamaño y forma similares, las que fueron cortadas por medio de una tijera, dejando parte del pecíolo de la hoja presente. A medida que las hojas eran cortadas, los pecíolos de las hojas eran colocados inmediatamente en agua hasta el momento de su uso en laboratorio, con el propósito de evitar su deshidratación. En todo momento las hojas fueron manipuladas mediante el uso de guantes de plástico, para evitar el contacto directo de la piel con las hojas. El área promedio de las hojas de repollo, brócoli y kale obtenidas fue de 60, 55 y 47 cm<sup>2</sup>, respectivamente.

Los tratamientos correspondieron a las concentraciones de salvado de quínoa utilizadas para la preparación de las soluciones (1, 10 y 30 g·L<sup>-1</sup>). Para la aplicación de los tratamientos, se utilizó como punto de referencia la nervadura principal de las hojas, vista desde el haz o cara adaxial del limbo de la hoja. Desde esta perspectiva, el área a la izquierda de la nervadura principal correspondió a la parte cubierta con la solución de salvado de quínoa, mientras que el área a la derecha de la nervadura principal correspondió a la parte sin la aplicación de salvado o control (Figura 1). Para la aplicación de la solución de salvado de quínoa, tanto en el haz como en el envés de las hojas, se utilizó un pincel para cubrir el área a tratar, para posteriormente sumergir el área directamente en la solución durante unos pocos segundos. Específicamente, el pincel se utilizó con el propósito de demarcar con mayor precisión los límites de las áreas sometidas a los tratamientos con la solución de salvado, mientras que la sumersión se realizó con el propósito de cubrir aquellas áreas más difíciles de impregnar con la solución. Ambas formas de aplicación fueron utilizadas para todas las réplicas en las tres variedades.



**Figura 1.** Distribución de los tratamientos en una hoja de repollo, vista desde su cara adaxial, donde el área designada como “A” corresponde a la zona tratada con la solución de salvado de quínoa, mientras que el área designada como “B” corresponde a la zona control, ambas zonas separadas notoriamente por la nervadura principal (línea roja). Los números representan el orden en que cada forma de aplicación del tratamiento fue realizada.

Luego de aplicados los tratamientos, cada hoja fue colocada en una placa de Petri con base de cemento, previamente humedecida con un poco de agua. Luego de colocadas las hojas, fueron agregados tres pares de individuos adultos de *B. hilaris* por placa, donde cada pareja estuvo conformada por un macho y por una hembra unidos (en estado de apareamiento). En caso de que el número de parejas en estado de apareamiento no diese abasto en alguna

réplica, se seleccionaron individuos de cada sexo por separado, diferenciándolos acorde a su tamaño (Vitta *et al.*, 2021). La placa de Petri, en conjunto con la hoja de *B. oleracea* y los tres pares de chinches en su interior, conformaron la unidad experimental (Anexo 13).

Para cada uno de los experimentos del primer ensayo, se utilizó como diseño experimental el diseño de bloques al azar generalizado. Se consideró como factor de bloque el día de establecimiento (armado) de las placas. Por cada tratamiento y variedad se realizaron dos réplicas por bloque, con un total de tres bloques.

Las mediciones se llevaron a cabo en el laboratorio de Entomología de Cultivos de la PUC. En total se realizó la medición de dos parámetros. En primer lugar, se realizó un conteo del número de chinches vivos presentes en cada área de las hojas, es decir, en el área tratada con salvado de quínoa y en el área control. Aquellos individuos que durante el momento de la medición se encontraban en el pecíolo, en un lugar ambiguo de definir (por ejemplo, en medio de las dos áreas), o escondidos debajo de las hojas (entre la hoja y el cemento), no fueron considerados en el conteo. Las observaciones para una misma placa fueron realizadas durante dos días, con un total de cinco observaciones por día. El establecimiento de las placas fue realizado entre las 12:30-13:30 horas y el día en que este se realizó se consideró como el día 1. Las observaciones fueron realizadas el día 1 a las 14:15, 15:15, 16:45, 17:45 y 18:45 horas, mientras que al día siguiente (día 2) las observaciones fueron realizadas a las 12:15, 13:15, 14:45, 15:45 y 16:45 horas. En segundo lugar, inmediatamente luego de realizada la última observación del día 2, las hojas fueron retiradas de las placas y fueron fotografiadas. Posteriormente, se estimó la superficie dañada por área (cm<sup>2</sup>) mediante el uso del *software* ImageJ. Se consideró como superficie dañada toda aquella decoloración presente en las hojas en forma abanico o estrella, característica del daño generado por la alimentación de *B. hilaris* (Palumbo *et al.*, 2016). A su vez, la superficie dañada por los chinches fue estandarizada a la superficie dañada por chinche, de acuerdo con el número de chinches vivos remanentes al finalizar las observaciones. A partir de los datos obtenidos del número de chinches y de la superficie dañada por estos, se calculó un índice de preferencia (IP), utilizando la siguiente ecuación (Kogan & Goeden, 1970):

$$IP = \frac{2S}{S + C}$$

Donde S corresponde al parámetro medido en el área de la hoja cubierta con salvado de quínoa (número de chinches atraídos a dicha área de la hoja; superficie de la hoja dañada por chinche); y C al parámetro medido en el área de la hoja sin cubrir con salvado (control). Los valores del índice de preferencia oscilan entre cero y dos, donde valores mayores a uno indican una mayor preferencia por el área de la hoja tratada con salvado de quínoa, mientras que valores menores a uno indican una menor preferencia por dicha área. Valores iguales a uno indican una preferencia neutra (Kogan & Goeden, 1970; Srinivas *et al.*, 2001). Aquellos índices de preferencia con valores indeterminados (cero dividido entre cero) no fueron considerados en el análisis estadístico de los datos.

### **2. 5. 1. Ensayo 2**

A los seis días de realizado el trasplante, las plantas fueron agrupadas aleatoriamente en cinco grupos, donde cada grupo de plantas estuvo conformado por seis plantas, una planta por cada tratamiento. El total de tratamientos fue de seis, y corresponden a repollo (A), brócoli (B) y kale (C) asperjados con solución de salvado de quínoa ( $30 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ), y repollo (D), brócoli (E) y kale (F) sin asperjar (control,  $0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ). La aplicación de la solución de salvado se realizó mediante el uso de un rociador manual, donde cada planta tratada fue asperjada cinco veces en total, cubriendo en su totalidad la superficie aérea de la planta, incluyendo tallo, haz y envés de las hojas. Cada aplicación de la solución de salvado fue llevada a cabo de forma aislada para cada planta, de tal manera de evitar la contaminación de plantas aledañas. Luego de realizada la aplicación de los tratamientos, las plantas fueron llevadas al sitio de experimentación, y fueron dejadas allí durante siete días para que se produjera en ellas una infestación natural de pulgones. Cada grupo de plantas fue ubicado en un lugar distinto, todos en cercanía a plantas silvestres de yuyo que se encontraban por el sector (Anexo 14). Tanto la ubicación designada para cada grupo, como la disposición de las plantas en cada grupo fueron previamente sorteadas. La disposición de las plantas contemplada para cada grupo se muestra en el Cuadro 3.

Como diseño experimental se utilizó el diseño de bloques completos al azar, con una réplica por bloque. Se consideró como factor de bloque la ubicación del grupo de plantas en el exterior, con cinco bloques en total. Cada unidad experimental consistió en una planta de *B. oleracea* (repollo, brócoli o kale). Luego de siete días de trasladadas las plantas al sitio de experimentación, se contabilizó el número de pulgones por planta, donde fueron considerados para el conteo tanto adultos (alados y ápteros) como ninfas.

**Cuadro 3.** Croquis de campo que muestra la distribución de los tratamientos y sus bloques.

Ubicación (bloques)	Tratamientos					
1	E	F	C	A	D	B
2	F	B	E	C	A	D
3	D	C	E	B	F	A
4	D	A	F	B	C	E
5	A	C	D	B	F	E

Los números representan al número de grupo, mientras que las letras representan a los tratamientos. A, B C corresponden a los tratamientos asperjados con solución de salvado de quínoa en repollo, brócoli y kale, respectivamente, mientras que D, E y F corresponden a los tratamientos sin asperjar, en repollo, brócoli y kale, respectivamente.

## 2. 6. Análisis estadístico

Los datos fueron procesados mediante el uso del *software* estadístico Minitab® 19. 1. Se llevaron a cabo análisis de varianza (ANDEVA) usando un modelo lineal general, considerando dos factores: “tratamientos” y “bloques”, que en el ensayo 1 correspondieron a la “concentración de salvado de quínoa” y “día de establecimiento de las placas”, mientras que en el ensayo 2 correspondieron a la “variedad/concentración de salvado de quínoa” y “ubicación”, respectivamente. En el ensayo 1 cada variedad constituyó un experimento distinto e independiente entre sí, por lo que se realizó un ANDEVA para cada variedad. Por el contrario, en el ensayo 2, las tres variedades formaron parte de un mismo experimento, por lo que se realizó solamente un ANDEVA para las tres variedades en conjunto. Además, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey en caso de existir diferencias significativas en los ANDEVA. Particularmente en el ensayo 1, se estimó el coeficiente de correlación de Pearson (r) por cada variedad evaluada. Todos los análisis se realizaron utilizando un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ .

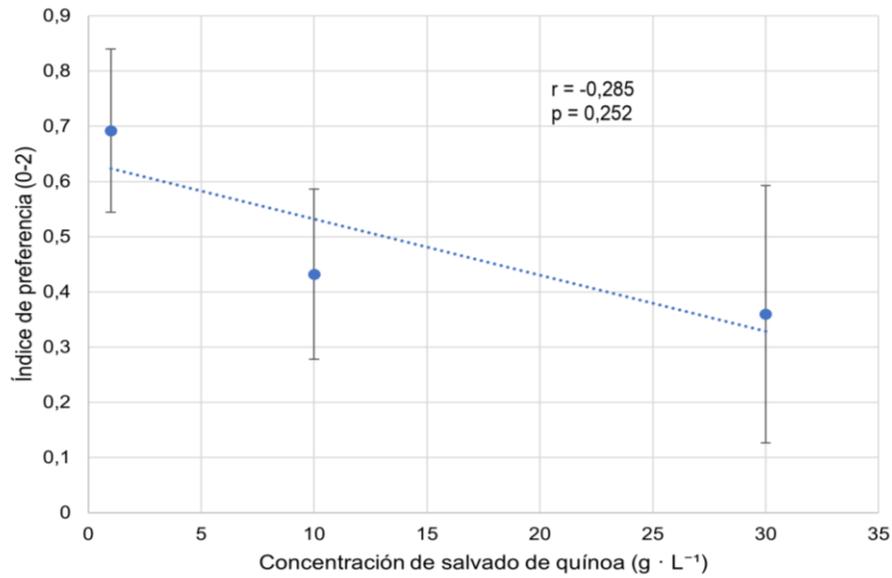
### 3. Resultados

#### 3. 1. Ensayo 1

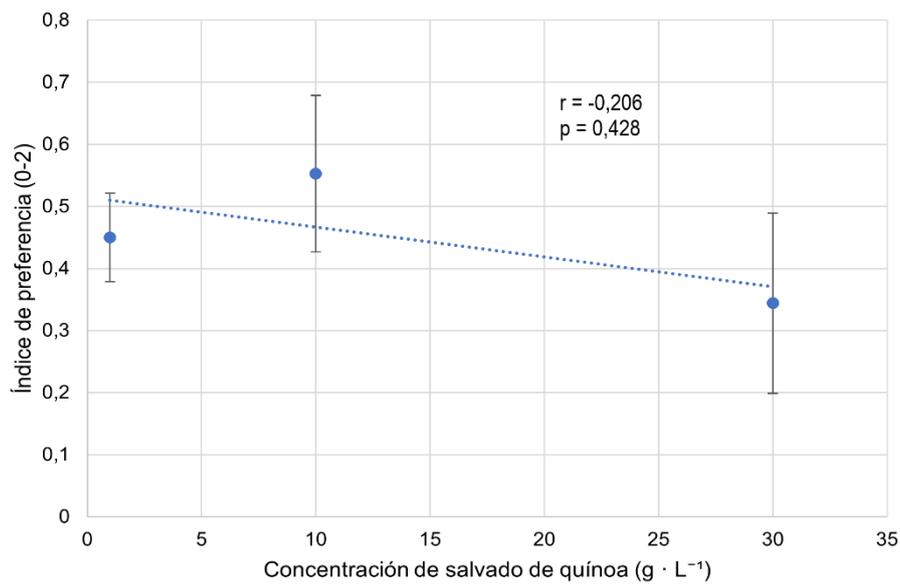
En las Figuras 2, 3 y 4 se muestran los promedios de los índices de preferencia, calculados en función de la superficie de hoja dañada, para cada una de las concentraciones de salvado de quínoa (1, 10 y 30 g·L<sup>-1</sup>) en repollo, brócoli y kale, respectivamente. De acuerdo con los resultados obtenidos en los ANDEVA ( $\alpha = 0,05$ ), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones de salvado en repollo ( $F_{2,13} = 1,82$ ;  $p = 0,201$ ) y brócoli ( $F_{2,12} = 0,67$ ;  $p = 0,531$ ), pero sí en kale ( $F_{2,12} = 5,61$ ;  $p = 0,019$ ).

Por otro lado, mediante el coeficiente de correlación de Pearson ( $\alpha = 0,05$ ) se determinó que hubo una correlación negativa estadísticamente significativa entre el índice de preferencia y la concentración de salvado de quínoa en kale ( $r = -0,562$ ;  $p = 0,019$ ), pero no así en repollo ( $r = -0,285$ ;  $p = 0,252$ ) y brócoli ( $r = -0,206$ ;  $p = 0,428$ ). Esta correlación negativa existente en kale implicó la obtención de menores índices de preferencia a medida que se aumentaba la concentración de salvado, lo que se tradujo en un aumento progresivo de la preferencia de los chinches por el área control por sobre el área tratada con salvado (en términos de la superficie dañada) (Figura 4).

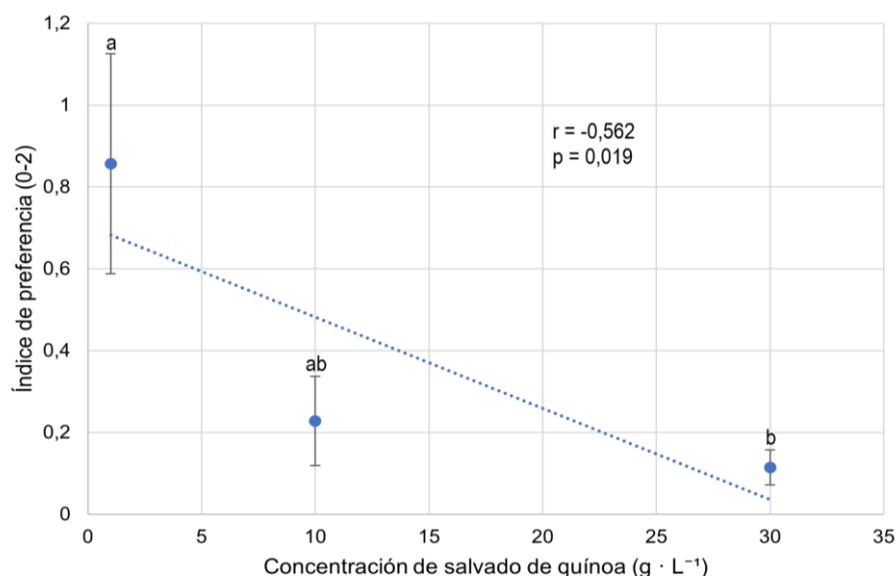
De las tres variedades botánicas, el kale fue la que presentó el menor índice de preferencia promedio (0,1143) con una concentración de salvado de 30 g·L<sup>-1</sup>.



**Figura 2.** Índices de preferencia en repollo, calculados en función de la superficie de hoja dañada por *B. hiliaris* (cm<sup>2</sup>/individuo/día), a distintas concentraciones de salvado de quínoa (1, 10 y 30 g·L<sup>-1</sup>). Las barras verticales representan promedios ± 1 error estándar.



**Figura 3.** Índices de preferencia en brócoli, calculados en función de la superficie de hoja dañada por *B. hiliaris* (cm<sup>2</sup>/individuo/día), a distintas concentraciones de salvado de quínoa (1, 10 y 30 g·L<sup>-1</sup>). Las barras verticales representan promedios ± 1 error estándar.

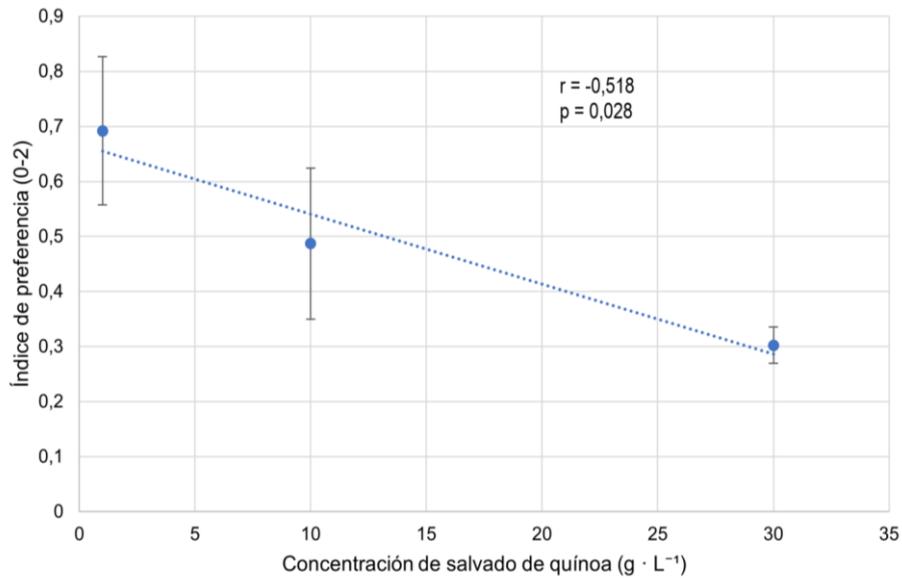


**Figura 4.** Índices de preferencia en kale, calculados en función de la superficie de hoja dañada por *B. hiliaris* (cm<sup>2</sup>/individuo/día), a distintas concentraciones de salvado de quínoa (1, 10 y 30 g·L<sup>-1</sup>). Las barras verticales representan promedios ± 1 error estándar. Medias con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, de acuerdo con la prueba de Tukey (p < 0,05).

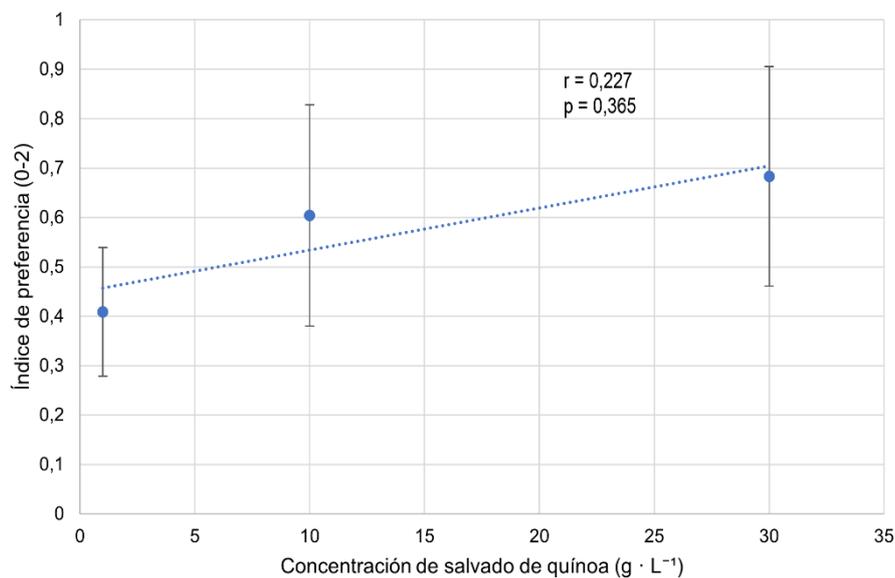
Por otro lado, en las Figuras 5, 6 y 7 se muestran los promedios de los índices de preferencia calculados de acuerdo al número de chinches presentes en las hojas, para cada una de las concentraciones de salvado de quínoa (1, 10 y 30 g·L<sup>-1</sup>) en repollo, brócoli y kale, respectivamente. En cuanto a los ANDEVA practicados, no se encontraron diferencias significativas en los índices de preferencia determinados en relación a los tratamientos con o sin salvado de quínoa, en repollo ( $F_{2,13} = 2,72$ ; p = 0,103), brócoli ( $F_{2,13} = 0,46$ ; p = 0,639) y kale ( $F_{2,13} = 2,01$ ; p = 0,174).

Por otra parte, hubo una correlación negativa estadísticamente significativa entre el índice de preferencia y la concentración de salvado de quínoa en repollo (r = -0,518; p = 0,028), pero no así en brócoli (r = 0,227; p = 0,365) y kale (r = -0,443; p = 0,066). Esta correlación negativa existente en repollo implicó un aumento progresivo de la preferencia de los chinches por el lado de la hoja control por sobre el lado tratado con salvado, puesto que, mientras mayores fuesen las concentraciones de salvado en la solución aplicada, menores eran los índices de preferencia obtenidos en términos del número de chinches presentes en las hojas (Figura 5).

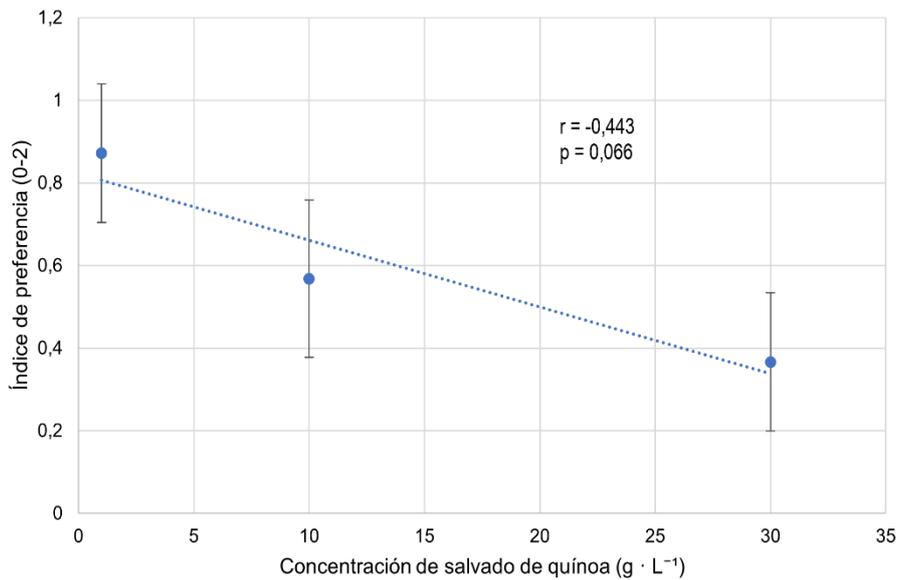
De las tres variedades botánicas, el repollo fue la que presentó el menor índice de preferencia promedio (0,3025) con una concentración de salvado de 30 g·L<sup>-1</sup>.



**Figura 5.** Índices de preferencia en repollo, calculados en función del número de individuos de *B. hiliaris* presentes en hojas, a distintas concentraciones de salvado de quínoa (1, 10 y 30 g·L<sup>-1</sup>). Las barras verticales representan promedios  $\pm$  1 error estándar.



**Figura 6.** Índices de preferencia en brócoli, calculados en función del número de individuos de *B. hiliaris* presentes en hojas, a distintas concentraciones de salvado de quínoa (1, 10 y 30 g·L<sup>-1</sup>). Las barras verticales representan promedios  $\pm$  1 error estándar.

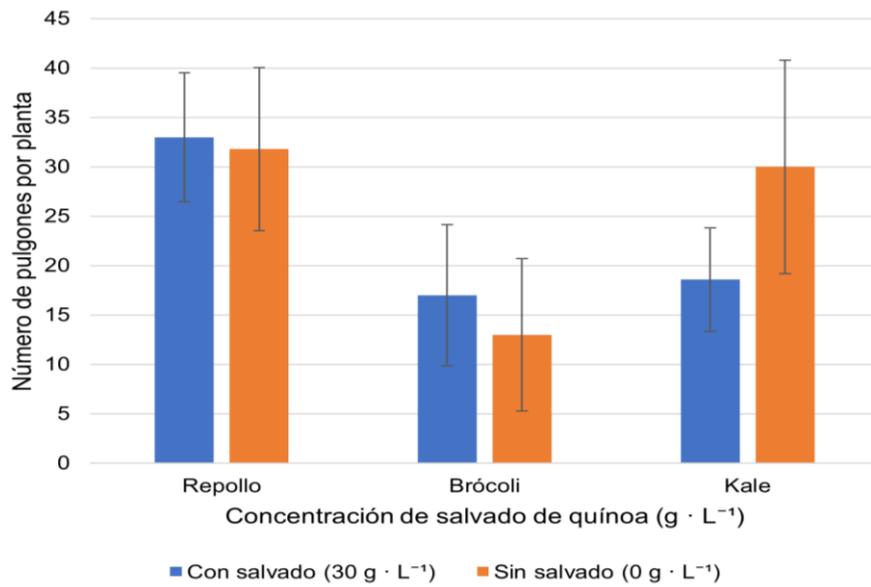


**Figura 7.** Índices de preferencia en kale, calculados en función del número de individuos de *B. hiliaris* presentes en hojas, a distintas concentraciones de salvado de quínoa (1, 10 y 30 g·L<sup>-1</sup>). Las barras verticales representan promedios  $\pm$  1 error estándar.

Por otro lado, cabe destacar que, tanto en ambos tipos de mediciones (número de chinches y superficie dañada por chinche) como en las tres concentraciones de salvado de quínoa utilizadas en las tres variedades, los índices de preferencia promedios calculados fueron menores a uno, lo que evidencia en todos los casos una mayor preferencia del chinche pintado hacia el área de la hoja no tratada con salvado, en contraste con el área de la hoja tratada.

### 3. 2. Ensayo 2

Las plantas se infestaron principalmente con el pulgón del repollo (*B. brassicae*), y solo se detectaron unos pocos individuos de otras especies como el pulgón verde del duraznero (*Myzus persicae*) y la polilla de la col (*Plutella xylostella*) en forma localizada. En la Figura 8 se ilustra el número promedio de pulgones por planta, en plantas de repollo, brócoli y kale tratadas y no tratadas con salvado de quínoa (30 g·L<sup>-1</sup>). De acuerdo con los resultados del ANDEVA, no hubo diferencias significativas ( $F_{5,20} = 1,47$ ;  $p = 0,242$ ), lo que evidencia desde el punto de vista estadístico, una preferencia neutra por parte de los pulgones entre plantas tratadas y no tratadas con salvado.



**Figura 8.** Número de pulgones (*B. brassicae*) por planta contados a los siete días de realizado el traslado de las plantas al sitio de experimentación. Las barras representan promedios  $\pm$  1 error estándar.

#### 4. Discusión

En el presente estudio se infiere sobre el potencial de repelencia de las saponinas en función de la no preferencia de hojas y plantas tratadas con soluciones de salvado de quínoa rico en saponina. Hasta la fecha, no existen publicaciones que traten sobre la actividad repelente de las saponinas de quínoa sobre *B. hilaris* y *B. brassicae*, por lo que se discutió el efecto repelente de saponinas extraídas de otras plantas en insectos especialistas.

El concepto de metabolito secundario es esencial en el ámbito de la interacción entre insectos y plantas, puesto que muchos de estos compuestos forman parte de los mecanismos defensivos que las plantas utilizan contra sus enemigos naturales. Debido a lo anterior, diversos autores sostienen que los metabolitos secundarios se originaron a partir de la coevolución entre plantas y herbívoros/fitopatógenos, a través de un proceso denominado “carrera armamentista evolutiva” (García *et al.*, 2012; Iason *et al.*, 2011). De esta manera, el efecto que tendrá un metabolito secundario de defensa en una planta generalmente será diferente dependiendo de si el herbívoro es especialista o generalista. Por lo general, se piensa que frente a un determinado metabolito secundario presente en una planta, aquellos herbívoros que sean especialistas o que estén adaptados al consumo de dicha planta, no serán susceptibles al efecto del metabolito, mientras que aquellos herbívoros generalistas o no adaptados al consumo serán susceptibles al metabolito, pudiendo evidenciar diferentes tipos de efectos adversos (Pöykkö *et al.*, 2010; Siemens & Mitchell-Olds, 1996).

A partir de la premisa anterior, en el caso del chinche pintado, a pesar de ser una especie polífaga cuyo principal hospedero lo constituyen plantas de la familia Brassicaceae (aunque también podría utilizar como hospedero otras especies de otras familias), no se ha podido encontrar registro alguno de que la quínoa, cultivo de la familia Amaranthaceae, constituya un hospedero alternativo para el chinche pintado (Palumbo *et al.*, 2016). Por lo tanto, se esperaba conseguir un efecto de repelencia contra el chinche pintado, causado por acción de las saponinas presentes en el salvado de quínoa.

En cuanto a los resultados obtenidos en el ensayo del chinche pintado, los índices de preferencia promedios calculados en las tres variedades, tanto en función de la superficie dañada como del número de chinches, dieron como resultados índices menores a uno, lo que sugiere que en todos los casos, los chinches prefirieron el área de la hoja no cubierta con salvado en vez del área cubierta, por lo que los resultados de este estudio confirman lo esperado.

La disminución en la cantidad de la superficie dañada podría explicarse debido a una menor tasa de consumo de alimento por parte del insecto, o incluso de su inhibición completa, lo cual podría deberse a diversas causas. Por un lado, se cree que el consumo de alimento con saponinas podría provocar una obstrucción intestinal en el insecto, causada ya sea por una inhibición en la secreción de enzimas digestivas, específicamente proteasas, o por la formación de complejos saponina-proteicos, dificultando en ambos casos la digestión de los alimentos (Adel *et al.*, 2000; De Geyter *et al.*, 2007; Potter *et al.*, 1993). Por otro lado, la presencia de saponinas en las hojas podría generar una disminución del atractivo del alimento debido a un sabor desagradable para los insectos, lo cual provocaría un cierto rechazo (Sang *et al.*, 2019; Szczepanik *et al.*, 2001).

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Figura 4, se puede observar que en kale se dio una correlación negativa significativa entre la concentración de salvado de quínoa y el índice de preferencia en función de la superficie dañada, en que los índices disminuían a medida que se incrementaba la concentración de salvado, lo que se traduce en una disminución progresiva de la cantidad de superficie dañada, y que a su vez puede estar vinculada a un aumento del efecto repelente causado por la presencia de saponinas en el salvado.

En otros estudios en que se ha evaluado el efecto de repelencia de las saponinas en función de la alimentación, se ha observado también que la magnitud del efecto depende de la concentración, como ocurrió con Shinoda *et al.* (2002) y Sylwia *et al.* (2006). En el caso de Shinoda *et al.* (2002), estos reportaron haber obtenido dicho efecto al evaluar el efecto de saponinas extraídas de *Barbarea vulgaris* en la polilla de la col (*P. xylostella*), una especie plaga especialista en brásicas, en que el consumo de discos de hoja promedio por larvas de tercer instar fue disminuyendo progresivamente a medida que aumentaba la concentración de saponinas. Asimismo, Sylwia *et al.* (2006) al evaluar el efecto de saponinas de alfalfa en el pulgón de la arveja (*Acyrtosiphon pisum*), una plaga especialista en leguminosas, observaron que los áfidos que estuvieron expuestos a una menor concentración de saponinas tuvieron un mayor tiempo de ingestión de savia elaborada, en comparación a aquellos áfidos que estuvieron expuestos a una alta concentración de saponinas.

A pesar de que en las tres variedades botánicas y en las tres concentraciones de salvado de quínoa evaluadas fue posible observar un efecto repelente sobre los chinches a través de un efecto antialimentario en las hojas, solo en kale el ANDEVA presentó diferencias estadísticamente significativas para el factor “concentración de salvado de quínoa”, concluyéndose que en repollo y brócoli los efectos observados en las tres concentraciones

de salvado fueron iguales estadísticamente. Se sugiere que lo anterior podría deberse a que el tiempo que se les fue asignado a los insectos para alimentarse (aproximadamente un día) no fue lo suficientemente extenso como para generar un efecto representativo del consumo realizado por área. En un experimento preliminar llevado a cabo por el autor, en hojas de brócoli y utilizando las mismas concentraciones de salvado de quínoa (1, 10 y 30 g·L<sup>-1</sup>), se les asignó a los insectos dos días (48 horas) para alimentarse, obteniéndose diferencias mucho más cuantiosas en términos de la superficie dañada por hoja (datos no mostrados). En los Anexos 15 y 16 se muestran hojas de brócoli tratadas con distintas concentraciones de salvado, constituyendo el alimento de los chinches por uno y dos días, respectivamente.

Por otro lado, en repollo se dio una correlación negativa significativa entre la concentración de salvado de quínoa y el índice de preferencia en función del número de insectos presentes, lo que puede indicar que hay un mayor efecto de repelencia a concentraciones más altas de salvado (Figura 5). Un menor número de chinches presentes por área podría explicarse como una consecuencia de la repelencia antialimentaria. La preferencia por los alimentos es un fenómeno que depende de varios factores como el gusto y el olfato, factores que finalmente determinan la decisión del insecto en términos de si aceptar o rechazar el alimento (Szczepanik *et al.*, 2001). El hecho de que las saponinas estén presentes en las hojas provoca que estas adopten un sabor desagradable para el insecto, disminuyendo de esta manera la palatabilidad del alimento (Sang *et al.*, 2019). Por otro lado, no se han encontrado ejemplos de estudios en que se muestre una asociación entre la repelencia causada por la presencia de saponinas en las plantas y la percepción de olores, por lo que se sugiere que la presencia de saponinas en las hojas generaría un rechazo por parte de los chinches al detectar las saponinas en el alimento, induciendo la búsqueda de nuevos lugares donde alimentarse.

Por otro lado, el pulgón del repollo al ser una especie de áfido especialista en plantas de la familia Brassicaceae y no adaptado al cultivo de la quínoa, se esperaba un efecto de repelencia sobre el pulgón, causado por la presencia de saponinas en el salvado de quínoa. Sin embargo, el ANDEVA realizado mediante el modelo lineal general indicó que no hubo diferencias estadísticamente significativas para el factor “variedad/concentración de salvado de quínoa”, evidenciando de esta manera un nulo control del pulgón del repollo, puesto que se obtuvieron plantas de repollo, brócoli y kale altamente infestadas de pulgones.

Los resultados obtenidos en el ensayo del pulgón del repollo concuerdan con lo reportado por Habimana & Hakizayezu (2014), en que se contabilizó el número de individuos de *B. brassicae* presentes en plantas de repollo, tratadas y no tratadas con saponinas extraídas del fruto del ají charapita (*Capsicum frutescens*). De acuerdo con los resultados obtenidos en

dicho experimento, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en el número promedio de pulgones entre las plantas de repollo tratadas con y sin saponina, explicado por el bajo control ejercido por la saponina frente a *B. brassicae*.

Por otra parte, los glucosinolatos (conocidos también como tioglucósidos) son un tipo de metabolitos secundarios presentes abundantemente en plantas de la familia Brassicaceae, que en conjunto con sus productos secundarios derivados (como el isotiocianato), actúan usualmente como atrayentes (kairomonas) para aquellas especies de insectos que sean especialistas en el consumo de brásicas, mientras que para aquellas especies generalistas, actúan como repelentes (alomonas) (Bridges *et al.*, 2002; Kim *et al.*, 2010; Robin *et al.*, 2017). En la literatura hay diversas publicaciones en las que se describen a los glucosinolatos como estimulantes de alimentación (en larvas) y de oviposición (en adultos) en insectos plaga especialistas en brásicas, como la polilla de la col (*P. xylostella*) (Renwick *et al.*, 2006; Robin *et al.*, 2017) y la mariposa blanca de la col (*Pieris brassicae*) (David & Gardiner, 1966; Renwick y Radke, 1983). En el caso del especialista *B. brassicae*, se sabe que la concentración del glucosinolato sinigrina en las hojas corresponde a un estímulo fundamental de alimentación que determina en gran parte el comportamiento del áfido al momento de escoger un hospedero, puesto que, si al inyectar su estilete en las hojas no detecta la presencia de sinigrina, irá en busca de otro hospedero debido a la ausencia de estímulo (Harborne, 1993).

En un estudio llevado a cabo por Badenes *et al.* (2014) se reportó la preferencia de *P. xylostella* por plantas del género *Barbarea*, considerando a la vez el contenido de glucosinolatos y de saponinas presentes naturalmente en las plantas. Los resultados del estudio indicaron que los adultos de *P. xylostella* prefirieron ovipositar hojas jóvenes (altas en contenidos de glucosinolatos y saponinas) en vez de las hojas más viejas (con menores contenidos de glucosinolatos y saponinas), a pesar de que su elección implicaba una baja tasa de supervivencia de las larvas debido al alto contenido de saponinas en las hojas. Lo anterior sugeriría una mayor predominancia del efecto atrayente de los glucosinolatos respecto al efecto repelente ejercido por las saponinas sobre el insecto especialista. Debido a lo anteriormente expuesto, se puede sugerir que, en el caso del pulgón especialista *B. brassicae*, el estímulo atrayente ejercido por los glucosinolatos podría predominar por sobre el efecto repelente ejercido por las saponinas al momento de escoger un hospedero, lo que permitiría explicar la alta infestación de pulgones, tanto en las plantas tratadas como no tratadas con salvado de quínoa. Por otro lado, se sugiere que la concentración de salvado contemplada en la solución asperjada a las plantas puede no haber sido lo suficientemente alta como para causar un efecto repelente en los pulgones, así como también de los tipos de saponina específicamente presentes en el salvado de quínoa.

Si bien hasta el momento se desconoce el mecanismo de acción exacto de las saponinas en los insectos, se cree que pueden tener múltiples mecanismos posibles, además de su actividad repelente y antialimentaria. Entre los mecanismos que más se han reportado en la literatura se mencionan la alteración del sistema digestivo, la inhibición de la captación de esteroides, la alteración de la permeabilidad de membranas plasmáticas y la alteración de la síntesis de ecdisteroides (Cui *et al.*, 2019; De Geyter *et al.*, 2007; Qasim *et al.*, 2020; Roopashree & Naik, 2019). Si bien la presente investigación solo se centró en el efecto repelente de las saponinas presentes en el salvado de quínoa sobre *B. hiliaris* y *B. brassicae*, no se descarta la posibilidad de que también se hubiese visto afectada negativamente la fisiología de los insectos, aparte de su conducta.

A la luz de estos hallazgos, es posible deducir que, potencialmente, el salvado de quínoa posee la capacidad para ser utilizado como repelente en repollo, brócoli y kale sobre *B. hiliaris*, explicado por una mayor preferencia promedio de los chinches por las áreas no tratadas con salvado en ambos tipos de mediciones, en las tres variedades botánicas. Sin embargo, en el caso de la medición realizada en función de la superficie dañada, solo en kale pudo observarse efectos estadísticamente diferentes entre concentraciones, siendo la concentración de  $30 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  la que otorgó el mayor efecto de repelencia contra *B. hiliaris*.

## 5. Conclusiones

En el presente trabajo de investigación se determinó el efecto de repelencia del salvado de quínoa rico en saponinas (*C. quinoa* Willd.) usado como repelente en repollo, brócoli y kale sobre dos especies de insectos plaga en brásicas, *B. hilaris* y *B. brassicae*. En el caso del chinche pintado, se observó en ambos tipos de parámetros un efecto de repelencia en todas las variedades y concentraciones utilizadas. Por el contrario, en el caso del pulgón del repollo no se observó efecto de repelencia en ninguna de las variedades. De esta manera, los resultados de este estudio sugieren que, las saponinas presentes en el salvado de quínoa potencialmente pueden ser utilizadas como repelentes naturales, específicamente contra el chinche pintado. No obstante, se requiere de mayor investigación respecto a la efectividad y aplicabilidad de las saponinas provenientes del salvado de quínoa bajo condiciones de campo, antes de recomendar su uso como repelente en la producción agrícola.

En la literatura son numerosas las publicaciones que evalúan el uso de las saponinas como potenciales insecticidas en diversas plagas de interés agrícola. Sin embargo, hasta la fecha son casi inexistentes las publicaciones que se refieren al uso de las saponinas (extraídas específicamente de la quínoa) como potenciales compuestos para el manejo de plagas, por lo que contribuir a la investigación de los potenciales efectos de las saponinas de quínoa en insectos resulta de gran relevancia dentro del ámbito de la protección vegetal y manejo de plagas.

Evaluación del efecto repelente del salvado de quínoa rico en saponina (*Chenopodium quinoa*) sobre *Bagrada hilaris* y *Brevicoryne brassicae* en plantas de *Brassica oleracea*.

Sebastián Alejandro Toledo Bórquez

Laboratorio de Entomología de Cultivos. Departamento de Ciencias Vegetales.  
Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile.  
Santiago, Chile.

### Resumen

**Toledo, S. (2022). Evaluación del efecto repelente del salvado de quínoa rico en saponina (*Chenopodium quinoa*) sobre *Bagrada hilaris* y *Brevicoryne brassicae* en plantas de *Brassica oleracea*.** Actividad Integradora de Graduación, Magíster en Fisiología y Producción Vegetal, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 50 pp. Actualmente, debido al riesgo que implica el uso de insecticidas sintéticos, es menester la creación de productos naturales que sean más amigables con el ecosistema. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto repelente del salvado de quínoa rico en saponina (*Chenopodium quinoa* Willd.) sobre el chinche pintado (*Bagrada hilaris*) y el pulgón del repollo (*Brevicoryne brassicae*) en repollo, brócoli y kale. Para el ensayo en chinches, cada hoja fue dividida en dos áreas, dejando un área tratada con salvado de quínoa (1, 10 y 30 g·L<sup>-1</sup>) y un área no tratada. Se contabilizó el número de chinches durante aproximadamente un día, y posteriormente se calculó la superficie dañada, analizando ambos datos mediante un índice de preferencia. No hubo diferencias significativas en el número de chinches en ninguna variedad ( $p > 0,05$ ), mientras que en el caso de la superficie dañada solo kale presentó diferencias significativas ( $p = 0,019$ ). Por otro lado, para el ensayo en pulgones, las plantas fueron sometidas a tratamientos con y sin la aplicación de salvado (30 g·L<sup>-1</sup>). Las plantas se dejaron infestar naturalmente durante una semana y se contabilizó el número de pulgones por planta. No hubo diferencias significativas en ningún tratamiento ( $p > 0,05$ ). En el caso del chinche pintado, se observó en ambos tipos de parámetros un efecto de repelencia en todas las variedades y concentraciones utilizadas. Por el contrario, en el caso del pulgón del repollo no se observó efecto de repelencia en ninguna de las variedades.

**Palabras clave:** *Chenopodium quinoa* Willd., *Bagrada hilaris*, *Brevicoryne brassicae*, Hemiptera, *Brassica oleracea*, repollo, brócoli, kale, repelencia, saponinas, salvado, índice de preferencia.

## Referencias

- Adel, M., Sehnal, F., & Jurzysta, M. (2000). Effects of alfalfa saponins on the moth *Spodoptera littoralis*. *Journal of Chemical Ecology*, 26(4), 1065–1078. doi:10.1023/a:1005445217004
- Ahumada, A., Ortega, A., Chito, D. & Benítez, R. (2016). Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): un subproducto con alto potencial biológico. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 45(3), 438–469. doi:10.15446/rcciquifa.v45n3.62043
- Aljaro, A. (2000). Cultivos de brásicas: repollo, coliflor, brócoli. *Tierra Adentro*, 34, 12–14. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/5745>
- Álvarez, M. (2015). Resistencia a insectos en tomate (*Solanum* spp.). *Cultivos Tropicales*, 36(2), 100–110.
- Al-Shehbaz, I., Beilstein, M. & Kellogg, E. (2006). Systematics and phylogeny of the Brassicaceae (Cruciferae): an overview. *Plant Systematics and Evolution*, 259(2-4), 89–120. doi:10.1007/s00606-006-0415-z
- Badenes, F., Gershenzon, J. & Heckel, D. (2014). Insect attraction versus plant defense: young leaves high in glucosinolates stimulate oviposition by a specialist herbivore despite poor larval survival due to high saponin content. *PLoS ONE*, 9(4), e95766. doi:10.1371/journal.pone.0095766
- Bridges, M., Jones, A., Bones, A., Hodgson, C., Cole, R., Bartlet, E., Wallsgrove, R., Karapapa, V., Watts, N. & Rossiter, J. (2002). Spatial organization of the glucosinolate-myrosinase system in brassica specialist aphids is similar to that of the host plant. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 269(1487), 187–191. doi:10.1098/rspb.2001.1861
- Chaieb, I. (2010). Saponins as insecticides: a review. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 5, 39–50.
- Cisternas E. (2011). Principales insectos plaga de las brassicas forrajeras en el sur de Chile. Coyhaique: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. N° Publicación: 228. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/7449>

Cui, C., Yang, Y., Zhao, T., Zou, K., Peng, C., Cai, H., Wan, X. & Hou, R. (2019). Insecticidal activity and insecticidal mechanism of total saponins from *Camellia oleifera*. *Molecules*, 24(24), 4518. doi:10.3390/molecules24244518

David, W. & Gardiner, B. (1966). Rearing *Pieris brassicae* (L.) on semi-synthetic diets with and without cabbage. *Bulletin of Entomological Research*, 56(3), 581. doi:10.1017/s0007485300056595

De Geyter, E., Lambert, E., Geelen, D. & Smagghe, G. (2007). Novel advances with plant saponins as natural insecticides to control pest insects. *Pest Technology*, 1(2), 96–105.

De Geyter, E., Smagghe, G., Rahbé, Y. & Geelen, D. (2011). Triterpene saponins of *Quillaja saponaria* show strong aphicidal and deterrent activity against the pea aphid *Acyrtosiphon pisum*. *Pest Management Science*, 68(2), 164–169. doi:10.1002/ps.2235

Esparza, G., López, J., Villanueva, J., Osorio, F., Otero, G., y Camacho, E. (2010). Concentración de azadiractina, efectividad insecticida y fitotoxicidad de cuatro extractos de *Azadirachta indica* A. Juss. *Agrociencia*, 44(7), 821–833.

Faúndez, E., Lüer, A., Cuevas, A., Rider, D. & Valdebenito, P. (2016). First record of the painted bug *Bagrada hilaris* (Burmeister, 1835) (Heteroptera: Pentatomidae) in South America. *Archivos Entomológicos*, 16, 175–179.

García, Y., Bravo, A., Martínez, Y., Torres, G. y Espinosa, F. (2012). Variación fitoquímica defensiva en ecosistemas terrestres, 217-252. En: Rojas, J. y Malo, E. (eds.). *Temas selectos en ecología química de insectos*. El Colegio de la Frontera Sur. México. 446 p.

Habimana, S. & Hakizayezu, M. (2014). Biocide effect of alkaloids, saponins and flavonoids extracted from chilli against *Brevicoryne brassicae*, cabbage aphids. *Sky Journal of Agricultural Research*, 3, 234–239.

Harborne, J. (1993). Insect feeding preferences. *Introduction to Ecological Biochemistry*, 128–161. doi:10.1016/B978-0-08-091858-7.50009-7

Harmatha, J., Mauchamp, B., Arnault, C., & Sláma, K. (1987). Identification of a spirostane-type saponin in the flowers of leek with inhibitory effects on growth of leek-moth larvae. *Biochemical Systematics and Ecology*, 15(1), 113–116. doi:10.1016/0305-1978(87)90089-5

Iason, G., O'Reilly, J., Brewer, M., Summers, R., & Moore, B. (2011). Do multiple herbivores maintain chemical diversity of scots pine monoterpenes? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1569), 1337–1345. doi:10.1098/rstb.2010.0236

Jyothi, K. & Seshagiri, M. (2012). In-vitro activity of saponins of *Bauhinia purpurea*, *Madhuca longifolia*, *Celastrus paniculatus* and *Semecarpus anacardium* on selected oral pathogens. *Journal of Dentistry*, 9, 216–223.

Kahan, A., Padín, S., Ricci, M., Ringuélet, J., Cerimele, E., Ré, S., Henning, C. y Basso, I. (2008). Actividad tóxica del aceite esencial de laurel y del cineol sobre *Brevicoryne brassicae* L. en repollo. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 40(2), 41–48.

Kim, J., Chu, S., Kim, S., Lee, D., Lee, S., Lim, S., Ha, S., Kweon, S. & Cho, H. (2010). Variation of glucosinolates in vegetable crops of *Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*. *Food Chemistry*, 119(1), 423–428. doi:10.1016/j.foodchem.2009.08.051

Kogan, M., & Goeden, R. D. (1970). The host-plant range of *Lema trilineata daturaphila* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 63(4), 1175–1180. doi:10.1093/aesa/63.4.1175

Kogan, M. & Ortman, E. (1978). Antixenosis - A new term proposed to define Painter's "nonpreference" modality of resistance. *Bulletin of the Entomological Society of America*, 24(2), 175–176. doi:10.1093/besa/24.2.175

Lamb, K. (1959). Composition of the honeydew of the aphid *Brevicoryne brassicae* (L.) feeding on swedes (*Brassica napobrassica* DC.). *Journal of Insect Physiology*, 3(1), 1–13. doi:10.1016/0022-1910(59)90054-X

McCartney, N., Ahumada, M, Muñoz, M., Rosales, I., Fierro, A. & Chorbadian, R. (2019). Effects of saponin-rich quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) bran and bran extract in diets of adapted and non-adapted quinoa pests in laboratory bioassays. *Ciencia e investigación agraria*, 46(2), 125–136. doi:10.7764/rcia.v45i2.2159

Painter, R. (1941). The economic value and biologic significance of insect resistance in plants. *Journal of Economic Entomology*, 34(3), 358–367. doi:10.1093/jee/34.3.358

Palumbo, J. & Natwick, E. (2010). The bagrada bug (Hemiptera: Pentatomidae): a new invasive pest of cole crops in Arizona and California. *Plant Health Progress*, 11(1), 50. doi:10.1094/php-2010-0621-01-br

Palumbo, J., Perring, T., Millar, J., & Reed, D. (2016). Biology, ecology, and management of an invasive stink bug, *Bagrada hilaris*, in North America. *Annual Review of Entomology*, 61(1), 453–473. doi:10.1146/annurev-ento-010715-023843

Potter, S., Jiménez, R., Pollack, J., Lone, T., & Berber, M. (1993). Protein-saponin interaction and its influence on blood lipids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41(8), 1287–1291. doi:10.1021/jf00032a023

Pöykkö, H., Bačkor, M., Bencúrová, E., Molcanová, V., Bačkorová, M., & Hyvärinen, M. (2010). Host use of a specialist lichen-feeder: dealing with lichen secondary metabolites. *Oecologia*, 164(2), 423–430. doi:10.1007/s00442-010-1682-5

Qasim, M., Islam, W., Ashraf, H. J., Ali, I., & Wang, L. (2020). Saponins in insect pest control. *Co-Evolution of Secondary Metabolites*, 1–28. doi:10.1007/978-3-319-76887-8\_

Rahmawati, D., Khumaida, N. & Siregar, U. (2019). Morphological and phytochemical characterization of susceptible and resistant sengon (*Falcataria moluccana*) tree to gall rust disease. *Biodiversitas*, 20(3), 907–913. doi:10.13057/biodiv/d200340

Renwick, J., Haribal, M., Gouinguéné, S. & Städler, E. (2006). Isothiocyanates stimulating oviposition by the diamondback moth, *Plutella xylostella*. *Journal of Chemical Ecology*, 32(4), 755–766. doi:10.1007/s10886-006-9036-9

Renwick, J. & Radke, C. (1983). Chemical recognition of host plants for oviposition by the cabbage butterfly, *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae). *Environmental Entomology*, 12(2), 446–450. doi:10.1093/ee/12.2.446

Robin, A., Hossain, M., Park, J., Kim, H. & Nou, I. (2017). Glucosinolate profiles in cabbage genotypes influence the preferential feeding of diamondback moth (*Plutella xylostella*). *Frontiers in Plant Science*, 8(1244), 1–13. doi:10.3389/fpls.2017.01244

Roopashree, K. & Naik, D. (2019). Saponins: properties, applications and as insecticides: a review. *Bioscience trends*, 12(1), 1–14.

Šamec, D. & Salopek-Sondi, B. (2019). Cruciferous (Brassicaceae) vegetables. *Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements*, 195–202. doi:10.1016/b978-0-12-812491-8.

Sang, J., Rimal, S., & Lee, Y. (2019). Gustatory receptor 28b is necessary for avoiding saponin in *Drosophila melanogaster*. *EMBO Reports*, 20(2), e47328. doi:10.15252/embr.201847328

Satar, S., Kersting, U. & Ulusoy, M. (2005). Temperature dependent life history traits of *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hom., Aphididae) on white cabbage. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29, 341–346.

Schoonhoven, L., van Loon, J. & Dicke, M. (2005). *Insect–plant biology*. Second edition. Oxford University Press, New York

Shinoda, T., Nagao, T., Nakayama, M., Serizawa, H., Koshioka, M., Okabe, H., & Kawai, A. (2002). Identification of a triterpenoid saponin from a crucifer, *Barbarea vulgaris*, as a feeding deterrent to the diamondback moth, *Plutella xylostella*. *Journal of Chemical Ecology*, 28(3), 587–599. doi:10.1023/a:1014500330510

Siemens, D. & Mitchell-Olds, T. (1996). Glucosinolates and herbivory by specialists (Coleoptera: Chrysomelidae, Lepidoptera: Plutellidae): consequences of concentration and induced resistance. *Environmental Entomology*, 25(6), 1344–1353. doi:10.1093/ee/25.6.1344

Singh, B., & Kaur, A. (2018). Control of insect pests in crop plants and stored food grains using plant saponins: a review. *LWT - Food Science and Technology*, 87, 93–101. doi:10.1016/j.lwt.2017.08.077

Sistema Agrícola y Ganadero. (2017). Resolución exenta N°:1577/2017. Disponible en: [https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/res\\_1577-2017.\\_co\\_b.\\_hilaris\\_17.03.17.pdf](https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/res_1577-2017._co_b._hilaris_17.03.17.pdf)

Sistema Agrícola y Ganadero. (2019). Sistema nacional de certificación de productos orgánicos agrícolas. Disponible en: [https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/sist\\_nac\\_cert\\_prod\\_organicos.pdf](https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/sist_nac_cert_prod_organicos.pdf)

Sistema Agrícola y Ganadero. (2021). Ficha técnica Neem-X®. Disponible en: [https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/neem-x\\_12-05-2021.pdf](https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/neem-x_12-05-2021.pdf)

Sistema Agrícola y Ganadero. (s.f). Chinche pintada, *Bagrada hilaris* (Burmeister) (Hemiptera, Pentatomidae). Disponible en: [https://web.inia.cl/wp-content/uploads/2017/03/Informativo\\_INIA\\_SAG.pdf](https://web.inia.cl/wp-content/uploads/2017/03/Informativo_INIA_SAG.pdf)

Srinivas, P., Danielson, S., Smith, C., & Foster, J. (2001). Cross-resistance and resistance longevity as induced by bean leaf beetle, *Cerotoma trifurcata* and soybean looper, *Pseudoplusia includens* herbivory on soybean. *Journal of Insect Science*, 1(5), 1–5. doi:10.1673/031.001.0501

Sylwia, G., Leszczynski, B., & Wieslaw, O. (2006). Effect of low and high-saponin lines of alfalfa on pea aphid. *Journal of Insect Physiology*, 52(7), 737–743. doi:10.1016/j.jinsphys.2006.04.001

Szczepanik, M., Krystkowiak, K., Jurzysta, M. & Biały, Z. (2001). Biological activity of saponins from alfalfa tops and roots against Colorado potato beetle larvae. *Acta Agrobotanica*, 54(2), 35–45. doi:10.5586/aa.2001.021

Troisi, J., Di Fiore, R., Pulvento, C., D'Andria, Vega, A., Miranda, M., Martínez, E. y Lavini, A. (2014). Saponinas. Capítulo Número 3.3. “Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. 317–330.

Valencia, E., Donald, D., Cuyos, M. y Dueñas, R. (2005). Extracción, identificación y evaluación de saponinas en *Agaricus bisporus*. *Revista Biotempo*, 5, 3-36. Doi: 10.31381/biotempo.v5i0.889

Varenes, Y., Boyer, S., & Wratten, S. (2016). Nectar from oilseed rape and floral subsidies enhances longevity of an aphid parasitoid more than does host honeydew. *BioControl*, 61(6), 631–638. doi:10.1007/s10526-016-9750-3

Vitta, N. (2020). Desarrollo de un sistema de manejo integrado con bajo impacto ambiental orientado a mitigar las poblaciones de la chinche pintada, *Bagrada hilaris* (Burmeister, 1835) (Hemiptera, Pentatomidae) para una horticultura sostenible y competitiva. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Disponible en: <https://www.anproschile.cl/wp-content/uploads/2020/08/Charla-Bagrada-hilaris.pdf>

Vitta, N., Osman, A, Olivares, N., Cisternas E. y Tapia, E. (2021). Protocolo de manejo de *Bagrada hilaris* (Burmeister). Santiago, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. N° 436. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/67623>

Walden, N., German, D., Wolf, E., Kiefer, M., Rigault, P., Huang, X.-C., Kiefer, C., Schmickl, R., Franzke, A., Neuffer, B., Mummenhoff, K. & Koch, M. (2020). Nested whole-genome duplications coincide with diversification and high morphological disparity in Brassicaceae. *Nature Communications*, 11(3795). doi:10.1038/s41467-020-17605-7

## Anexos



**Anexo 1.** Invernadero A3 de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la PUC. En “A” se muestra el interior del invernadero. En “B” se muestra una almaciguera con plántulas de repollo, brócoli y kale recientemente emergidas.



**Anexo 2.** Material vegetal al interior de jaulas confeccionadas mediante tubos de PVC y mallas de tul, ubicado entre los invernaderos A1 y A2 de la PUC.



**Anexo 3.** Material vegetal del ensayo 1 al momento de su uso experimental.



**Anexo 4.** Plantas de kale (izquierda), repollo (centro) y brócoli (derecha) al momento de su uso experimental en el ensayo 2 (grupo 1).



**Anexo 5.** Plantas de kale (izquierda), repollo (centro) y brócoli (derecha) al momento de su uso experimental en el ensayo 2 (grupo 2).



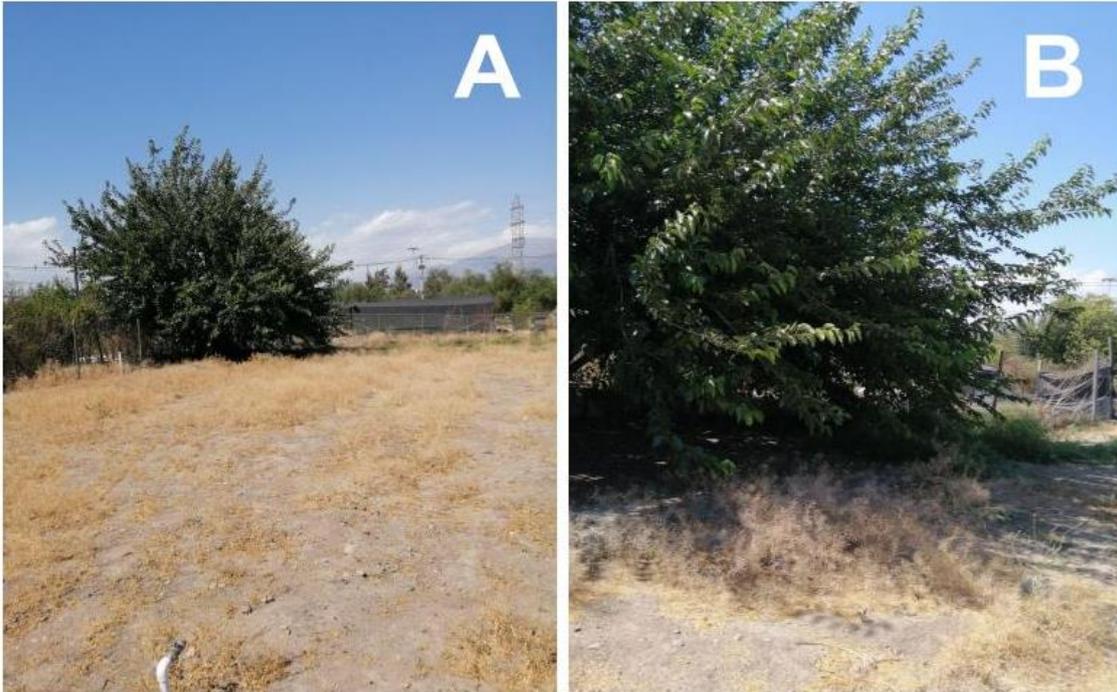
**Anexo 6.** Plantas de kale (izquierda), repollo (centro) y brócoli (derecha) al momento de su uso experimental en el ensayo 2 (grupo 3).



**Anexo 7.** Plantas de kale (izquierda), repollo (centro) y brócoli (derecha) al momento de su uso experimental en el ensayo 2 (grupo 4).



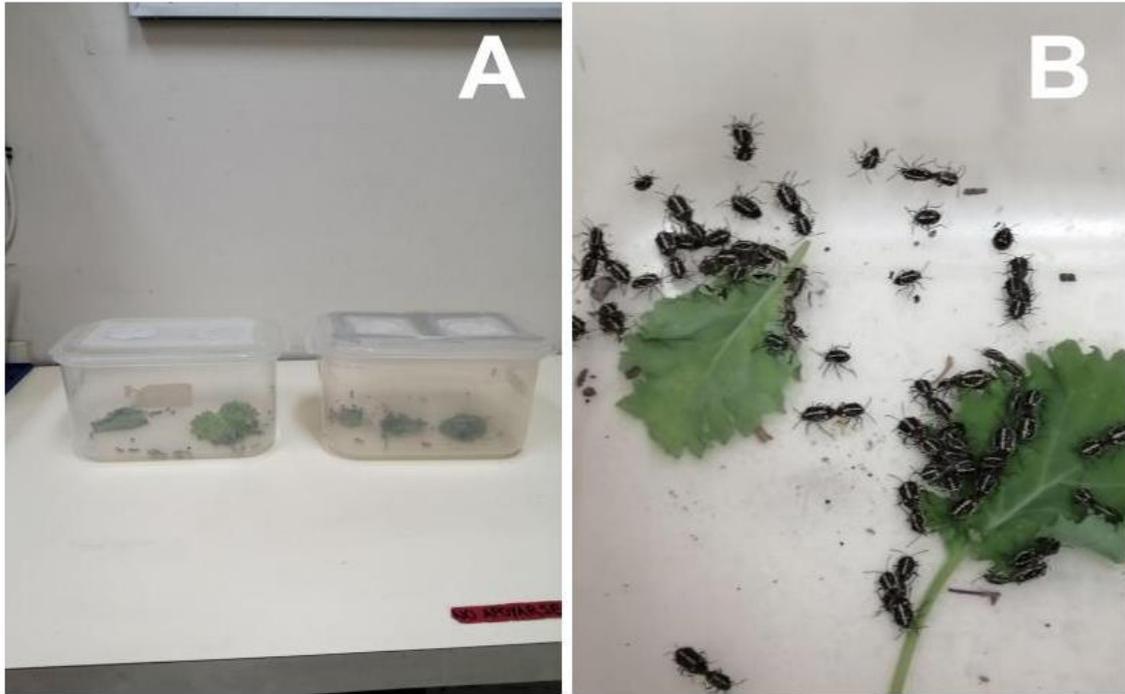
**Anexo 8.** Plantas de kale (izquierda), repollo (centro) y brócoli (derecha) al momento de su uso experimental en el ensayo 2 (grupo 5).



**Anexo 9.** Sector de Manejo de Cultivos de la PUC. En “A” se muestra una vista general del sector. En “B” se muestra el lugar específico de donde se recolectaron los individuos adultos de *B. hilaris*.



**Anexo 10.** Sector de Manejo de Cultivos de la PUC. En “A” se muestran plantas silvestres de yuyo, desde donde se recolectaron individuos adultos de *B. hilaris*. En “B” se muestra un individuo adulto de *B. hilaris* posado en una planta de yuyo.



**Anexo 11.** Individuos de *B. hilaris* almacenados en cajas de plástico en el laboratorio de Entomología de Cultivos (“A”). En “B” se muestra el interior de una de las cajas.



**Anexo 12.** Sitio de experimentación donde se realizó el ensayo de infestación de pulgones.



**Anexo 13.** Unidades experimentales utilizadas en el ensayo 1 (A: repollo; B: kale; C: brócoli).



**Anexo 14.** Ubicación en que fueron dispuestos cada uno de los grupos de plantas del ensayo 2 en el sitio de experimentación. El número en rojo representa al número de cada grupo de plantas, y sobre él se encuentra ubicado el grupo de plantas correspondiente.



**Anexo 15.** Hojas de brócoli luego de constituir el alimento de *B. hilaris* durante un día (izquierda: 30 g·L<sup>-1</sup>; centro: 10 g·L<sup>-1</sup>; derecha: 1 g·L<sup>-1</sup>). En este caso (ensayo 1), el área control correspondió al área que se encuentra ubicada a la derecha de la nervadura central de la hoja, mientras que el área tratada con solución de salvado de quínoa correspondió al área ubicada a la izquierda de la nervadura central.



**Anexo 16.** Hojas de brócoli luego de constituir el alimento de individuos de *B. hilaris* durante dos días (izquierda: 30 g·L<sup>-1</sup>; centro: 10 g·L<sup>-1</sup>; derecha: 1 g·L<sup>-1</sup>). En este caso (y a diferencia del ensayo 1), el área control correspondió al área que se encuentra a la izquierda de la nervadura central de la hoja (área designada como “\*”), mientras que el área tratada con solución de salvado de quínoa correspondió al área a la derecha de la nervadura central.

**Anexo 17.** Promedios de los índices de preferencia  $\pm 1$  error estándar, calculados en función del número de individuos de *B. hiliaris* presentes en hojas de repollo, brócoli y kale, a distintas concentraciones de salvado de quínoa (1, 10 y 30 g·L<sup>-1</sup>).

Tratamiento	Índice de preferencia según variedad de <i>B. oleracea</i>		
Concentración de salvado de quínoa (g·L <sup>-1</sup> )	Repollo	Brócoli	Kale
1	0,692 $\pm$ 0,135	0,409 $\pm$ 0,130	0,872 $\pm$ 0,168
10	0,487 $\pm$ 0,137	0,604 $\pm$ 0,224	0,568 $\pm$ 0,190
30	0,3025 $\pm$ 0,0326	0,683 $\pm$ 0,222	0,367 $\pm$ 0,167

**Anexo 18.** Promedios de los índices de preferencia  $\pm 1$  error estándar, calculados en función de la superficie de hoja dañada por *B. hiliaris* (cm<sup>2</sup>/individuo/día) en repollo, brócoli y kale, a distintas concentraciones de salvado de quínoa (1, 10 y 30 g·L<sup>-1</sup>).

Tratamiento	Índice de preferencia según variedad de <i>B. oleracea</i>		
Concentración de salvado de quínoa (g·L <sup>-1</sup> )	Repollo	Brócoli	Kale
1	0,692 $\pm$ 0,148	0,4501 $\pm$ 0,0712	0,857 $\pm$ 0,269 a
10	0,432 $\pm$ 0,154	0,553 $\pm$ 0,126	0,228 $\pm$ 0,109 ab
30	0,360 $\pm$ 0,233	0,344 $\pm$ 0,145	0,1143 $\pm$ 0,0425 b

Medias con letras distintas dentro de la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos, de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Anexo 19.** ANDEVA ( $\alpha = 0,05$ ) de los índices de preferencia promedios calculados en función del número individuos adultos vivos de *B. hilaris* en hojas de repollo.

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	2	0,45570	0,22785	2,72	0,103
Bloque	2	0,05033	0,02517	0,30	0,746
Error	13	1,08976	0,08383		
Falta de ajuste	4	0,21857	0,05464	0,56	0,695
Error puro	9	0,87119	0,09680		
Total	17	1,59580			

**Anexo 20.** ANDEVA ( $\alpha = 0,05$ ) de los índices de preferencia promedios calculados en función del número individuos adultos vivos de *B. hilaris* en hojas de brócoli.

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	2	0,2386	0,11929	0,46	0,639
Bloque	2	0,1553	0,07766	0,30	0,744
Error	13	3,3402	0,25693		
Falta de ajuste	4	1,1825	0,29564	1,23	0,363
Error puro	9	2,1576	0,23973		
Total	17	3,7340			

**Anexo 21.** ANDEVA ( $\alpha = 0,05$ ) de los índices de preferencia promedios calculados en función del número individuos adultos vivos de *B. hiliaris* en hojas de kale.

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	2	0,7762	0,3881	2,01	0,174
Bloque	2	0,2467	0,1233	0,64	0,544
Error	13	2,5147	0,1934		
Falta de ajuste	4	0,9093	0,2273	1,27	0,349
Error puro	9	1,6054	0,1784		
Total	17	3,5376			

**Anexo 22.** ANDEVA ( $\alpha = 0,05$ ) de los índices de preferencia promedios calculados en función de la superficie dañada por chinche en hojas de repollo.

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	2	0,3668	0,18338	1,82	0,201
Bloque	2	1,6870	0,84349	8,37	0,005
Error	13	1,3097	0,10074		
Falta de ajuste	4	0,5816	0,14541	1,80	0,213
Error puro	9	0,7280	0,08089		
Total	17	3,3634			

**Anexo 23.** ANDEVA ( $\alpha = 0,05$ ) de los índices de preferencia promedios calculados en función de la superficie dañada por chinche en hojas de brócoli.

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	2	0,11676	0,058379	0,67	0,531
Bloque	2	0,00023	0,000115	0,00	0,999
Error	12	1,04831	0,087359		
Falta de ajuste	4	0,23454	0,058635	0,58	0,688
Error puro	8	0,81377	0,101721		
Total	16	1,16706			

**Anexo 24.** ANDEVA ( $\alpha = 0,05$ ) de los índices de preferencia promedios calculados en función de la superficie dañada por chinche en hojas de kale.

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	2	1,5515	0,77575	5,61	0,019
Bloque	2	0,2039	0,10195	0,74	0,499
Error	12	1,6580	0,13817		
Falta de ajuste	4	0,1818	0,04546	0,25	0,904
Error puro	8	1,4762	0,18453		
Total	16	3,5598			

**Anexo 25.** ANDEVA ( $\alpha = 0,05$ ) del número de pulgones por planta promedios en plantas de repollo, brócoli y kale, tratadas y no tratadas con solución de salvado ( $30 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ).

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	5	1885	376,9	1,47	0,242
Bloque	4	2216	553,9	2,17	0,110
Error	20	5114	255,7		
Total	29	9215			

