



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS MORFOLÓGICOS PROVOCADOS POR
LOS PESTICIDAS: “CAPTÁN”, “KARATE” Y “MANCOZEB” EN SEMILLAS
DE ACELGA (*Beta vulgaris*), RÁBANO (*Raphanus sativus*) Y VAINITA
(*Phaseolus vulgaris*) CON MIRAS AL DESARROLLO DE PROGRAMAS DE
MEJORAMIENTO DE CARACTERISTICAS DE INTERÉS
AGRONÓMICOS.

AUTOR

Bryan Arturo Rueda Benítez

AÑO

2020



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS MORFOLÓGICOS PROVOCADOS POR LOS PESTICIDAS: “CAPTÁN”, “KARATE” Y “MANCOZEB” EN SEMILLAS DE ACELGA (*Beta vulgaris*), RÁBANO (*Raphanus sativus*) Y VAINITA (*Phaseolus vulgaris*) CON MIRAS AL DESARROLLO DE PROGRAMAS DE MEJORAMIENTO DE CARACTERISTICAS DE INTERÉS AGRONÓMICO.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos para optar por el título de Ingeniera en Biotecnología

Profesor Guía

M.Sc. Fernando Xavier Rivas Romero

Autor

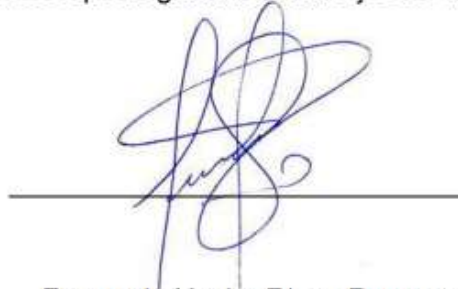
Bryan Arturo Rueda Benítez

Año

2020

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido el trabajo, Evaluación de los cambios morfológicos provocados por los pesticidas "Captán", "Karate" y "Mancozeb" en semillas de acelga (*Beta vulgaris*), rábano (*Raphanus sativus*) y vainita (*Phaseolus vulgaris*) con miras al desarrollo de programas de mejoramiento de características de interés agronómico, a través de reuniones periódicas con el estudiante Bryan Arturo Rueda Benítez, en el semestre 202020, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".



Fernando Xavier Rivas Romero

Máster Universitario en Biotecnología Celular y Molecular de Plantas

C.I. 171809270-1

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Evaluación de los cambios morfológicos provocados por los pesticidas "Captán", "Karate" y "Mancozeb" en semillas de acelga (*Beta vulgaris*), rábano (*Raphanus sativus*) y vainita (*Phaseolus vulgaris*) con miras al desarrollo de programas de mejoramiento de características de interés agronómico, del estudiante Bryan Arturo Rueda Benítez en el semestre 202020, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

A handwritten signature in blue ink, reading "María Isabel Baroja", is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

María Isabel Baroja Oviedo
Máster en Biotecnología Biomédica

CI: 172007721-1

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR CIENTÍFICO

"Declaro haber dirigido científicamente al estudiante para la realización de su trabajo experimental de titulación en base al método científico, conduciéndole con coherencia en el conjunto de experimentos realizados, y orientando sus conocimientos para lograr los objetivos propuestos".



Darwin Arturo Rueda Ortiz

Doctor en Ciencias Biológicas especialista en genética

CI: 040068872-7

DECLARACIÓN DE AUTORIA DEL ESTUDIANTE

"Declaro que este trabajo es original, de autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes"



Bryan Arturo Rueda Benítez

C.I. 171986599-8

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al M. Sc Fernando Rivas y a la M. Sc Isabel Baroja de la Universidad de las Américas por su dirección y guía en el desarrollo de esta investigación.

Al Dr. José Gallardo de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso por su valioso aporte en el análisis estadístico de los datos obtenidos y ser un gran guía durante este trabajo.

Al M.Sc Diego Vela y al Dr. Darwin Rueda de la Universidad de las Fuerzas Armadas, IASA – ESPE en su apoyo para el trabajo de campo en los invernaderos y en los laboratorios.

DEDICATORIA

A mis padres: Darwin y Natalia, a mis hermanos: Alexander y Ioninka y a mi pequeño Jean, por estar conmigo incluso en los momentos más difíciles de mi vida, por enseñarme que debo seguir luchando y no rendirme para alcanzar mis sueños, a confiar en mí mismo y demostrarme que puedo hacerlo.

A mis abuelos, por acompañarme en las aventuras más grandes y en cada uno de mis pasos. Por ser mis confidentes y mis mejores amigos, quienes con toda su ternura y amor me guiaron y enseñaron lo valioso de seguir intentando y no rendirse.

Los amo más que a nada en este mundo, este trabajo es gracias a ustedes.

RESUMEN

La biotecnología ha desarrollado numerosos avances en diferentes áreas, en especial en el área de la biotecnología vegetal, en donde se ha conseguido estandarizar diversas técnicas de mejoramiento. Sin embargo, el uso de estas técnicas conlleva un elevado costo, causando el aumento del precio en los productos tratados, lo que ha incentivado la búsqueda de nuevas metodologías que permitan abaratar costos; una de estas es el uso de pesticidas a bajas concentraciones. En este sentido para el desarrollo de este trabajo, se evaluaron los cambios morfológicos provocados por los pesticidas: "Captán®," Karate® y "Mancozeb®" en semillas de: acelga, rábano y vainita a diferentes concentraciones. Para este trabajo, se realizó un diseño completamente al azar (DCA) en donde se distribuyeron las parcelas con sus respectivas plantas. Durante el tiempo de desarrollo de las plantas, se midieron variables no destructivas y después de la cosecha de los cultivos, se midieron las variables destructivas. Además, se realizó un análisis citológico de las plantas tratadas empleando sus hojas. Para el análisis estadístico se realizó un análisis de supuestos de ANOVA para cada variable; en caso de no cumplir con al menos un supuesto, se realizó un análisis no paramétrico (Kruskal Wallis) y la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon, mientras que, en las variables que si cumplieron con los supuestos, se realizó un ANOVA y una prueba de Tukey. Finalmente, se realizó el análisis organoléptico por medio de la degustación de las plantas tratadas, en la cual por medio de una cuesta se evaluaron las variables: olor, sabor, color, textura y consistencia. Como resultado de esta investigación se obtuvo que las variables: largo y ancho del tallo, cantidad de azúcar, biomasa, largo y ancho de células, ancho de estomas y el número de células y estomas mostraron diferencias significativas. Sin embargo, las variables: cantidad de clorofila, número de hojas y largo de estomas no mostraron diferencias. Finalmente, como resultado del análisis organoléptico se obtuvo que los comensales prefieren las plantas tratadas con pesticidas a comparación de las plantas no tratadas.

ABSTRACT

Biotechnology has developed numerous advances in different areas, especially in the area of plant biotechnology, where various plant breeding techniques have been standardized. However, the use of these techniques entails a high cost, causing the price of treated products to increase, which leads to the search for new methodologies that allow for lower costs, one of these is the use of pesticides at low concentrations. Indeed, the development of this work includes the morphological changes caused by the pesticides: "Captán[®]," "Karate[®]" and "Mancozeb[®]" in seed of: chard, radish and vanilla at different concentrations. For this work, a completely randomized design (DCA) was made. The plots were distributed with their respective plants. During the development of the plants, non-destructive variables were measured and after the harvest of the crops, destructive variables were measured. In addition, a cytological analysis of the treated plants was carried out using their leaves. For the statistical analysis, an ANOVA assumption analysis was performed for each variable, in case of not meeting at least one assumption, a non-parametric analysis (Kruskal Wallis) and the test of Wilcoxon's sign ranks were performed, while for the variables that did meet the assumptions, an ANOVA and a Tukey test were applied. Finally, the organoleptic analysis was carried out by tasting the treated plants, in which the variables: smell, taste, colour, texture and consistency were evaluated by means of a slope. As a result of this research, it was obtained that the variables: length and width of the stem, amount of sugar, biomass, length and width of cells, width of stomas and the number of cells and stomas showed significant differences. However, the variables: amount of chlorophyll, number of leaves and length of stomas showed no differences. Finally, in the organoleptic analysis, it was obtained that testers prefer plants treated with pesticides compared to untreated plants.

ÍNDICE

1	CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	13
1.1	Antecedentes	13
1.2	Planteamiento del problema.....	15
1.3	Objetivos.....	16
1.3.1	General.....	16
1.3.2	Específicos.....	16
1.4	Justificación.....	17
2.	CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	19
2.1	Aspectos generales del rábano	19
2.1.1	Características morfológicas del rábano.....	20
2.2	Aspectos generales de la acelga.....	21
2.1.2	Características morfológicas de la acelga	22
2.2	Aspectos generales de la vainita.....	24
2.2.1	Características morfológicas de la vainita.....	25
2.3	Importancia de los cultivos	26
2.4	Consideraciones en el mejoramiento vegetal	27

3. CAPÍTULO III. DISEÑO DE PLAN EXPERIMENTAL	35
3.1 Material vegetal	35
3.2 Diseño experimental.....	36
3.3 Aplicación de pesticidas en semillas	42
3.4 Adecuación del invernadero y preparación del suelo.....	42
3.5 Análisis estadístico de los datos.....	43
3.6 Siembra de las semillas tratadas y mantenimiento de cultivo	43
3.7 Evaluación de las características organolépticas de los cultivos tratados	44
3.8 Diagrama experimental.....	45
4. CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
4.1 Análisis estadístico de variables no destructivas.....	46
4.2 Análisis estadístico de las variables destructivas.....	52
4.3 Análisis estadístico de las variables citológicas	59
4.4 Análisis estadístico de la variable organoléptica	68

4.5	Discusión	71
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
5.1	Conclusiones	79
5.2	Recomendaciones	79
6	REFERENCIAS	81
7.	ANEXOS	94

1 CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En la época actual, la biotecnología ha desarrollado numerosos avances en diferentes áreas del conocimiento, en especial en el área de la biotecnología vegetal. En donde se han estandarizado diversas técnicas de mejoramiento, tendientes en aumentar el rendimiento, producción y generar plantas más resistentes a un número significativo de factores adversos como: salinidad en el suelo, altas temperaturas, sequías, resistencia a pesticidas y resistencia al ataque de agentes patógenos (Ikechukwu, Jose, Usall, & Gogorcena, 2019). Esto ha permitido desarrollar varios programas de mejora con el objetivo de producir plantas con mayor interés agronómico y con alta rentabilidad. En los programas de mejoramiento se ha involucrado a una gran cantidad de inductores, entre los que se destacan: irradiaciones nucleares, inductores químicos, radiación UV, fitosanitarios e incluso fármacos. En estos programas de mejora también se incluye a las transgénesis (Schaart, Wiel, Lotz, & Smulders, 2016).

De acuerdo con la definición de la FAO, los pesticidas, son sustancias o la mezcla de diferentes sustancias que tienen como objetivo controlar, destruir o evitar el ataque de patógenos, vectores de enfermedades o plantas no deseadas, que puedan interferir en el desarrollo de los cultivos de interés (Tuzimski, 2018). Actualmente, existe una gran variedad de pesticidas dependiendo del tipo de cultivo. Entre los pesticidas más empleados por los agricultores se encuentran la Cloropicrina (PC), el 1,3-dicloropropeno (1,3-D), el Dazomet (DZ), el 2,4-Diclorofenoxiacético (2,4-D) y el Disulfuro de Dimetilo (DMDS) (Huang y colaboradores, 2019). Sin embargo, el uso desmedido de estos, posee un efecto tóxico o negativo al momento de ser colocado en los cultivos (Díaz & Betancourt, 2018). Es por esto que este trabajo se enfoca en el uso de compuestos químicos usualmente empleados

para el control de plagas; ya que al utilizarlos en bajas concentraciones en semillas, pueden causar cambios en la morfología de la planta, provocando mutaciones o errores durante la división celular, generando así el efecto hormético. Uno de los cambios que se da en las semillas al ser sometidas a estos compuestos es inducir a la ploidía en las células, en donde causa la generación de tres o más juegos de cromosomas. La poliploidía puede ser de diferentes tipos, entre ellos tenemos a la diploidía, la autoploidía, la alopoliploidía segmentada y la mixoploidía (Tate, Soltis, & Soltis, 2011).

Por lo planteado con anterioridad, el uso de agentes antimitóticos empleados en el mejoramiento genético de plantas, ha sido favorable para la inducción de ploidía, con un notorio aumento en el tamaño y en su biomasa (Salazar, Valderrama, & Quintero, 2018). En un estudio realizado por (Nukaya y colaboradores, 2019), utilizando tres especies de *Fortunella spp.*, las cuales fueron tratadas con colchicina para producir plantas tetraploides, mismas que fueron cruzadas con plantas diploides para obtener plantas triploides, lo cual permitió obtener frutos con mayor tamaño y mejor estructura, indicando que el uso de estos agentes permite inducir un cambio positivo en las plantas tratadas.

En el año 2017, Padilla y colaboradores desarrollaron una investigación en la cual, utilizando a la mora (*Rubus glaucus* Benth) y al tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav) determinaron que, al emplear diferentes pesticidas biológicos, químicos y ecológicos en dosis bajas que van desde 0.5 g/L a 3.7g/L, se producen cambios genéticos en los granos de polen. Así mismo, determinaron que, al emplear pesticidas biológicos en los granos de polen no se generan daños en su morfología.

En una investigación desarrollada por Felix, Gomes, da Silva, Arbex, & Domingues en 2015, en la que evaluaron las características agronómicas y peso seco del cultivo de avena, al someterla a diferentes concentraciones de pesticidas, obtuvieron que los

herbicidas 2,4-Diclorofenoxiacético ($C_8H_6Cl_2O_3$) en medianas dosis y Verdict® ($C_{16}H_{13}ClF_3NO_4$) en bajas concentraciones, indujeron mejoras en la producción de avena, tanto en características agronómicas, como en peso seco de las plantas tratadas.

Previo al desarrollo de este trabajo de investigación, se realizaron varios bioensayos en los invernaderos del Instituto Agropecuario Superior Andino (IASA) de la Universidad de las Fuerzas Armadas–ESPE, en los cuales se buscó determinar el mejor pesticida y la mejor concentración de estos compuestos para la inducción al mejoramiento de características de interés agronómico en las plantas de acelga, rábano y vainita. Para esto, se sometieron a las semillas en tres tipos de pesticidas: “Captán®”, “Karate®” y “Mancozeb®” a diferentes concentraciones incrementales. Como resultado de estos bioensayos, se determinó que el pesticida “Captán®” a una concentración del 0.80% obtuvo mejores resultados en las semillas de acelga; el pesticida “Karate®” a una concentración del 1.80% desarrollo un mejor rendimiento en semillas de rábano y el pesticida “Mancozeb®” a una concentración del 0.30% generó plantas con mejores características agronómicas en las semillas de vainita.

1.2 Planteamiento del problema.

Uno de los principales retos que se está afrontando en la actualidad es la escases de alimentos que existe en algunos lugares del mundo, ya que al encontrarse con una sobrepoblación, la producción de alimentos a partir de cultivos vegetales no posee el rendimiento esperado, ya sea por pérdidas durante la cosecha o por causas ambientales, tales como: elevadas temperaturas, ataque de patógenos y salinidad del suelo (Lippmann, Babben, Menger, Delker, & Quint, 2019).

Otro de los factores que afecta a la producción, es el limitado rendimiento que existe en los cultivos al generar plantas con un bajo nivel de biomasa y plantas de menor tamaño. Esto puede deberse a la falta de nutrientes que existen en el suelo o a la falta de adaptación

que tienen los cultivos en los suelos en los que se encuentran, provocando un retraso en la producción y pérdidas de recursos (Espe y colaboradores, 2018).

Al existir varios inconvenientes para el óptimo desarrollo de los cultivos, se emplean diversas técnicas para mejorar el rendimiento, las cuales consisten en disminuir el área de trabajo, mejorar el factor tiempo y producir plantas con mayor biomasa y tamaño. Sin embargo, el uso de estas técnicas representa un elevado costo, causando el aumento del precio de los productos. Por lo que, al existir esta necesidad es importante plantear una nueva alternativa que permita desarrollar plantas con un mejor rendimiento, a menor costo. En este contexto, el uso de bajas concentraciones de pesticidas con el interés de generar plantas con un mayor valor comercial mediante el incremento de su ploidía, podría ser una solución innovadora y costo efectiva.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Evaluar los cambios morfológicos de interés agronómico, provocados por los pesticidas “Captán”, “Karate” y “Mancozeb” en semillas de: acelga (*Beta vulgaris*), rábano (*Raphanus sativus*) y vainita (*Phaseolus vulgaris*) con miras a un potencial mejoramiento genético.

1.3.2 Específicos

- ❖ Determinar los cambios morfológicos en plantas de acelga, rábano y vainita con dosis mínimas de pesticidas.
- ❖ Analizar los resultados de las variables agronómicas y citológicas de las plantas tratadas.
- ❖ Evaluar las propiedades organolépticas de las plantas tratadas y no tratadas con pesticidas.

1.4 Justificación

A pesar de existir reportes sobre el uso de agentes antimicrobianos como la colchicina, se siguen buscando diferentes alternativas que permitan obtener mejores resultados y abaratar costos. Es por ello, que se han planteado diversas alternativas, una de ellas es el uso de pesticidas en bajas concentraciones con el fin de inducir el efecto hormético. Según Abbas, Nadeem, Tanveer, & Zohaib en 2016, el efecto hormético se produce al usar bajas dosis de pesticidas, desarrollando una estimulación del crecimiento de la planta de un 20% - 30% en condiciones controladas, y de un 10% - 25% en condiciones no controladas.

Como en diferentes estudios mencionados con anterioridad, al emplear bajas dosis de pesticidas, se producen cambios en su morfología. Tal como es el caso del estudio desarrollado por Padilla y colaboradores en 2017, en donde se emplean bajas concentraciones de pesticidas biológicos, ecológicos y químicos en granos de polen de mora (*Rubus glaucus Benth*) y de tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav*), con el fin de evaluar su efecto en la morfología y viabilidad del grano de polen. Con este estudio, se abre la posibilidad de emplear estos pesticidas como una alternativa en la mejora de características de interés agronómico.

De igual forma, en una investigación desarrollada por Del Hierro y colaboradores en 2016, en donde emplearon tres tipos diferentes de pesticidas (químicos, biológicos y ecológicos), se determinó que los pesticidas de origen químico pueden causar un daño significativo, de hasta el 80% en las estructuras de los granos de polen. Sin embargo, al emplear pesticidas de origen biológico y ecológico, existió un menor impacto en la estructura del grano, con un porcentaje de alteración del 10% y 50% respectivamente. De igual manera, existió daño en la tasa de germinación del tubo polínico durante la reproducción sexual.

A pesar de existir estudios que demuestran el efecto positivo de los pesticidas en la morfología de los granos de polen, no existen suficientes estudios que profundicen el uso de estos compuestos como agentes inductores a cambios morfológicos. Sin embargo, si se han desarrollado estudios enfatizando el uso de la colchicina o el uso de rayos UV para la inducción a cambios morfológicos o genéticos. Tal y como es el caso de Qian y colaboradores, 2020, quienes empleando rayos UV (UV-A y UV-B) en plántulas de pepino (*Cucumis sativus L.*), lograron obtener versiones más compactas y robustas para su posterior cultivo en invernadero.

Es por esto que, el objetivo del siguiente estudio es evaluar los cambios morfológicos provocados por tres pesticidas: “Captán®”, “Karate®” y “Mancozeb®” en semillas de acelga, rábano y vainita con miras al desarrollo de programas de mejoramiento de características de interés agronómico, con el propósito de generar un nuevo uso a los pesticidas.

No obstante, es importante poner de manifiesto que existen otros factores como las características sociales y percepción de los agricultores, que influyen directamente con respecto al uso excesivo de estos compuestos químicos (Jallow, Awadh, Albaho, Devi, & Thomas, 2017). De hecho, los pesticidas han sido empleados para el control de plagas en los cultivos, causando en los últimos un aumento en la toxicidad en los suelos (Huang y colaboradores, 2019). Además, se ha informado que los pesticidas son compuestos bioacumulables y se los ha designado como agentes contaminantes prioritarios (Neuwirthová y colaboradores, 2019).

2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Aspectos generales del rábano

El rábano (*Raphanus sativus*) pertenece a la familia de las *Brassicaceae*, que se engloba alrededor de 380 géneros y 3000 especies, esta familia es originaria del Mediterráneo Oriental en el sur de Asia, introducida y cultivada en casi todo el mundo, esta planta es muy utilizada en la gastronomía y posee un potencial uso en el área de la medicina al contribuir en el efecto diurético y digestivo (Ferrell y colaboradores, 2015). Su categorización taxonómica se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1.

Taxonomía del rábano.

<i>Taxonomía del rábano</i>	
Reino superior:	<i>Eukaryota</i>
Reino:	<i>Viridiplantae</i>
Filo:	<i>Streptophyta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Orden:	<i>Brassicales</i>
Familia:	<i>Brassicaceae</i>
Género:	<i>Raphanus</i>
Especie:	<i>Raphanus sativus</i>

Tomado de (NCBI Taxid: **3726**)

2.1.1 Características morfológicas del rábano

El sistema radicular del rábano cuenta con una raíz pivotante o raíz primaria, la cual puede llegar a tener un tamaño de entre 30cm y 1m, esta raíz se caracteriza por ser carnosa y el color de su corteza puede ser: blanco, rosado, amarillo o rojo (da Silva y colaboradores, 2020). El rábano posee minerales como el yodo, azufre y zinc, además, posee glucosinolatos o también conocidos como tioglicósidos, compuestos que dan el sabor picante característico de esta planta, este compuesto posee un efecto de defensa contra ataque de patógenos, por lo que se ha investigado con mayor profundidad, y se ha observado que posee propiedades medicinales en lo que respecta el tratamiento del cáncer, enfermedades hepáticas y vesiculares (Rincón, 2014). El tallo del rábano puede alcanzar a una altura de hasta 1 m, posee una forma erecta, poco ramificada y algo hispido en la base. Además, posee vellosidades por todo el tallo para prevenir la evaporación del agua (da Silva y colaboradores, 2020). Las hojas del rábano son hojas compuestas lobuladas y con bordes dentados, con vellosidades para evitar una rápida evaporación del agua. Asimismo, posee de 1 a 3 pares de segmentos laterales y un segmento terminal de mayor tamaño (Sangthong, Weerapreeyakul, Lehtonen, Leppanen, & Rautio, 2017). La inflorescencia del rábano es racimosa y abierta, dispuesta sobre pedicelos delgados, sus flores son hermafroditas con pétalos blancos o rosados, se encuentran dispuestas sobre peciolos, delgados, ascendentes y en racimos y los sépalos se encuentran erguidos, posee 6 estambres y un estigma lobulado con uno o hasta tres pares de segmentos laterales y la fecundación de esta planta es por medio de la polinización cruzada (alógama) (Wang y colaboradores, 2017). Los frutos del rábano son silicuas indehiscentes, poseen un tejido parenquimatoso, en el cual se sitúan las semillas (2-10 semillas). Sus semillas poseen un tamaño de 3-4mm de color verde cuando son inmaduras, tornándose pardas en la madurez (Edelenbos, Wold, Wieczynska, & Luca, 2020).



Figura 1. Morfología del rábano a) Raíz carnosa b) Tallo poco ramificado c) Hojas compuestas, lobuladas y dentadas d) Florescencia del rábano e) Frutos silicuas f) Semillas

Tomado de (CalPhotos, 2019c)

2.2 Aspectos generales de la acelga

La acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla*), es una subespecie de la especie *Beta vulgaris* perteneciente a la familia de las *Amaranthaceae*. Esta especie es nativa de Europa Meridional, en la región mediterránea (Sacan & Yanardag, 2010). Esta, planta es muy utilizada en la gastronomía, ya que sus hojas pueden ser consumidas ya sea cocinadas o crudas y es una rica fuente de vitaminas, β -carotenos, calcio, potasio, hierro, magnesio y ácido fólico (Roy & Chakrabarti, 2003). Su categorización taxonómica se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2.

Taxonomía de la acelga

<i>Taxonomía de la acelga</i>	
Reino superior:	<i>Eukaryota</i>
Reino:	<i>Viridiplantae</i>
Filo:	<i>Streptophyta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Orden:	<i>Brassicales</i>
Familia:	<i>Amaranthaceae</i>
Género:	<i>Beta</i>
Especie:	<i>Beta vulgaris L.</i>
Subespecie:	<i>Beta vulgaris var. cicla</i>

Tomado de (NCBI Taxid: **1527200**)

2.1.2 Características morfológicas de la acelga

La acelga, a diferencia de la remolacha, posee una raíz más simple, ramificada y no posee una raíz principal, fibrosa y poco carnosa llegando a medir hasta los 30 cm de profundidad (Sacan & Yanardag, 2010). La acelga posee hojas basales en roseta con forma ovado-cordadas a rómbico-cuneadas, posee un peciolo o también conocido como penca, con nerviación central muy desarrollada que se extiende hasta en el limbo (Bussmann y colaboradores, 2019). La acelga genera un tálamo floral al segundo año, en donde pasa por un periodo de bajas temperaturas. Este tallo es ramificado, con flores sésiles y

hermafroditas, las cuales pueden aparecer en grupos o individualmente, su inflorescencia está compuesta por una panícula (inflorescencia racimosa), sus flores son sésiles y se caracterizan por ser hermafroditas. Su cáliz puede ser de color verdoso y conformada por 5 sépalos y 5 pétalos (pentámera), además, posee 7 estambres y un ovario semiínfero (Bussmann y colaboradores, 2019). La acelga se caracteriza por ser una planta bianual, el fruto es un aquenio que tornará a un color marron para indicar que se encuentran maduras las semillas que lleva en su interior y su semilla es esférica e irregular, la cual posee un diámetro de aproximadamente 5cm (Kołota, Adamczewska-Sowińska, & Balbierz, 2017).



Figura 2. Morfología de la acelga: a) Raíz fibrosa y simple b) Penca ancha y alargada que se extiende hasta el limbo c) Hojas con forma ovado-cordada d) Fruto de la acelga e) Semilla esférica e irregular

Tomado de (CalPhotos, 2019a)

2.2 Aspectos generales de la vainita

La vainita (*Phaseolus vulgaris*) también conocida como alubia verde o ejote, pertenece al género *Phaseolus* de la familia *Fabaceae*, esta especie es originaria de Centroamérica y Sudamérica, se caracteriza por ser una especie anual y muy utilizada en la gastronomía por su alta cantidad de vitaminas y minerales como el B6, calcio, hierro, fósforo y zinc (Calero Hurtado, Quintero Rodríguez, & Pérez Díaz, 2017). Su categorización taxonómica se describe en la Tabla 3.

Tabla 3.

Taxonomía de la vainita

<i>Taxonomía de la vainita</i>	
Reino superior:	<i>Eukaryota</i>
Reino:	<i>Plantae</i>
Filo:	<i>Streptophyta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Orden:	<i>Fabales</i>
Familia:	<i>Fabaceae</i>
Género:	<i>Phaseolus</i>
Especie:	<i>Phaseolus vulgaris.</i>

Tomado de (NCBI Taxid: **3885**)

2.2.1 Características morfológicas de la vainita

El sistema radicular de la vainita tiene un diámetro de 2-5mm y cuenta con una raíz principal o pivotante de la cual se formarán las raíces secundarias, terciarias y pelos absorbentes que ayudarán a la captación de agua y nutrientes (Chipana, Clavijo, Medina, & Castillo, 2017). El tallo de la vainita es herbáceo, con una sección cilíndrica; cuenta con dos nudos, el primer nudo se encuentra en la base del tallo y el segundo, de forma ascendente se encuentran las hojas primarias, sus hojas son compuestas, formadas por tres folíolos, un peciolo y un raquis; el folíolo central o también conocido como terminal es simétrico, mientras que los otros dos folíolos son asimétricos (Toledo, 2003). La hoja de la vainita se caracteriza por ser una hoja compuesta, con una forma ovada, nervadura pinnada y con un margen entero (Toledo, 2003). Las flores de la vainita tienen un ápice que posee 5 lóbulos, 2 de los cuales se encuentran parcialmente unidos, 5 pétalos desiguales y 10 estambres, su flor es papilionácea, con una simetría bilateral. Además, posee un pedicelo glabro o subglabro con pelos uncinulados (Al-Khayri, Jain, & Johnson, 2018). El fruto de la vainita es una legumbre lineal que puede llegar a medir hasta 20cm de largo, y lleva en su interior a las semillas que a su vez, tienen forma globosa (Al-Khayri, Jain, & Johnson, 2018).

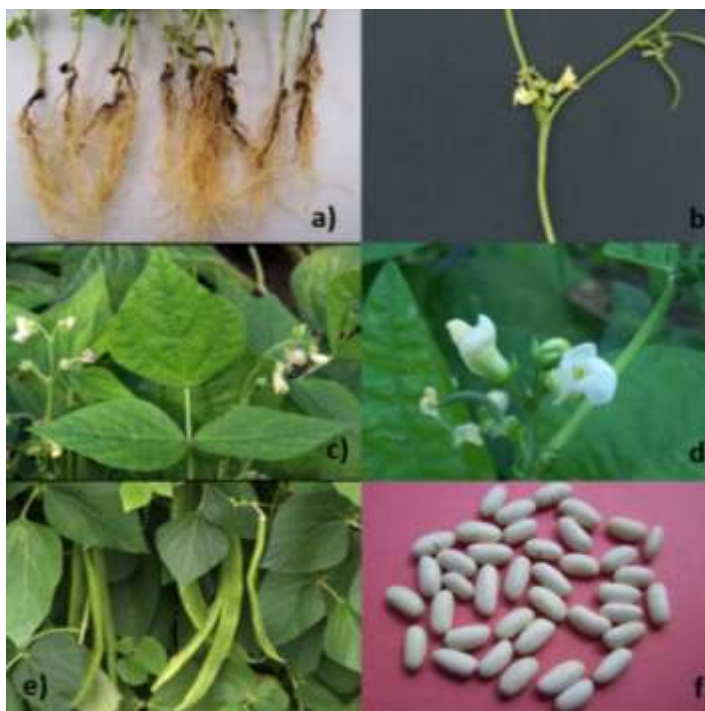


Figura 3. Morfología de la vainita a) Raíz pivotante con raíces secundarias y terciarias b) Tallo herbáceo c) Hojas compuesta y ovada d) Flor papilionácea e) Fruto lineal f) Semillas de forma globosa

Tomado de (CalPhotos, 2019b)

2.3 Importancia de los cultivos

El desarrollo de la agricultura en las últimas décadas ha sido determinado por el crecimiento de la población y la demanda que estos exigen, por lo que aumenta en gran medida del consumo de estos alimentos. En el Ecuador, la agricultura ha mantenido en el pasar de los años un efecto positivo en el desarrollo económico, causando importantes cambios ya sea por la demanda a nivel nacional o nivel internacional (FAO, 2009).

Durante muchos años, se han cultivado una gran variedad de hortalizas, siendo el rábano, vainita y acelga las hortalizas más producidas (INEC, 2020). El rábano es una de las hortalizas con mayor importancia, ya que posee un alto contenido de vitaminas y minerales tales como la vitamina A, B2 y C. Además, posee una gran cantidad de

antioxidantes. Su ciclo productivo es corto y puede variar entre 20 y 70 días (Takaya, Kondo, Furukawa, & Niwa, 2003). En el Ecuador existen alrededor de 14.455 hectáreas cultivadas de rábano, de las cuales, las principales provincias productoras de estas hortalizas se encuentran en la serranía ecuatoriana, tales como: Imbabura, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Loja (INEC, 2020).

Por otro lado, la vainita es uno de los cultivos más desarrollados en el Ecuador (INEC, 2020). Esta hortaliza se caracteriza por tener vitaminas y minerales como la vitamina A, B₆ y C, además de poseer ácido fólico y fibra. Este cultivo posee un ciclo de producción que va desde los 60 hasta los 75 días. La vainita al igual que el rábano, es una de las hortalizas más producidas en la agricultura, la cual posee una superficie de 10.052 hectáreas cultivadas (SIPA, 2018).

Finalmente, la acelga se caracteriza por ser una rica fuente de vitaminas como la vitamina A, B₆, C y E, además, de aportar nutrientes como el zinc, cobre, potasio, entre otros. Este tipo de cultivo se caracteriza por ser bianual y tener un ciclo de producción que va desde los 55 hasta los 65 días (Gennari y colaboradores, 2011). No se conoce con exactitud las hectáreas del cultivo; sin embargo, su sector productivo se encuentra en la serranía ecuatoriana, siendo Tungurahua, Cotopaxi, Pichincha y Chimborazo, los principales productores de acelga en el Ecuador.

2.4 Consideraciones en el mejoramiento vegetal

En la actualidad existen diversos programas para el mejoramiento genético en plantas, con diversas aplicaciones en las hortalizas, ya sea empleando irradiación, radiación de rayos UV o uso de inductores químicos. Uno de estos programas de mejoramiento vegetal se lleva a cabo en la fresa (*Fragaria x ananassa*) utilizada como modelo de experimentación, en donde emplearon luz UV-C para la mejora de la especie en su resistencia al ataque de agentes patógenos (Forges y colaboradores, 2018). En el 2018, Forges y colaboradores de la

Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse en Francia emplearon cultivos de fresa (*Fragaria x ananassa*) para someterlas a radicación UV. Para esto, trasplantaron los cultivos a macetas que contenían el compost (Tipo TS4, Klasmann y Deimann) para que tengan un mejor desarrollo. Una vez el grupo de investigación obtuvo las plantas trasplantadas, procedieron a distribuir las de forma aleatoria y colocar fertilizante mediante goteo. Después de dos meses de desarrollo, se colocaron las plantas en diferentes cajas cada una, las cuales en su interior contenían luz UV-C a diferente frecuencia y tiempo de exposición. Además, dejaron una planta como control. Como resultado de esta investigación, se obtuvieron plantas que fueron resistentes en un 25% contra el ataque del hongo *Botrytis cinerea*. Esta resistencia se obtuvo al someter las plantas a una amplificación de 0.85 - 1.70 KJ/m².

Por otro lado, en un estudio desarrollado por Olakunle Olasupo, Olumuyiwa Ilori, & Abimbola Muiyiwa, en el 2016 en la Universidad de Ibadan, tuvo como objetivo el irradiar con rayos UV 8 accesiones del caupí (*Vigna unguiculata*). Para este estudio se emplearon plantas élite y plantas modificadas, A partir de estos cultivos se obtuvieron plántulas cultivadas en condiciones controladas para inducir el proceso de floración y extracción de sus granos de polen, las cuales fueron expuestas a radiación UV-B durante 60, 120, 180, 240, 300 y 360 min respectivamente. Al finalizar la radiación, se emplearon los granos de polen para polinizar a los parentales y obtener las semillas de la primera generación. Dichas semillas fueron sembradas para la producir una segunda generación. Como resultado de esta investigación, determinaron que la dosis letal para el tratamiento de estas semillas va desde los 142,6 min a los 210,1 min.

A medida que pasa el tiempo, se generan nuevos métodos para el mejoramiento vegetal. Uno de estos nuevos métodos tiene que ver con el uso de irradiación gamma. En un estudio desarrollado por Ulukapi & Ozmen, 2018 en la Universidad de Akdeniz, emplearon al frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) para evaluar sus cambios morfológicos

empleando irradiación gamma del Cobalto 60 (^{60}Co) en diferentes dosis como agente inductor al mejoramiento vegetal. Para este estudio, los investigadores emplearon las semillas del frijol y las colocaron en cajas Petri (alrededor de 100 semillas en cada caja) para cada grupo, uno para el control y el resto para ser sometidas a irradiación. Las dosis de irradiación de cobalto 60 que se emplearon en el estudio fueron las siguientes: 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 y 500 Gy. Una vez finalizó la irradiación, las semillas fueron sembradas con el fin de ir midiendo sus respectivos valores agronómicos. Al finalizar el estudio se determinó que, al emplear bajas dosis de irradiación gamma en el tratamiento de las semillas de frijol, se obtienen plantas con un mayor tamaño y un mayor porcentaje de supervivencia a comparación de las que no fueron tratadas. La dosis óptima de irradiación gamma es de 318.22Gy.

Así mismo, existen estudios en donde se utiliza la irradiación gamma para la obtención de características de interés. En un estudio desarrollado por Taheri, Abdullah, Ahmad, & Abdullah, 2014 en la Universidad Putra Matra de Malasia, en el cual tenían como objetivo evaluar el efecto de ocho dosis diferentes de radiación gamma (0, 10, 20, 25, 35, 40, 60 y 100 Gy) en tres variedades de *Curcuma alismatifolia*: Chiang Mai Red, Sweet Pink, Kimono Pink y una especie de *Curcuma* híbrida. Una vez que finalizó la irradiación, se sembraron las plantas en un suelo preparado, con el fin de medir el porcentaje de mortalidad del rizoma a los 40 días de la exposición. Como resultado de este estudio, se determinó que la variedad híbrida de *Curcuma alismatifolia* poseía un mayor porcentaje de mortalidad (51%) al someterla a una radiación de 28 Gy, siendo esta la especie con menor sensibilidad a la irradiación, le sigue Chiang Mai Red, Sweet Pink y Kimono Pink con 21, 23 y 25 Gy respectivamente, siendo Chiang Mai Red la especie más sensible a la irradiación al tener un porcentaje de mortalidad del 63%.

Otro de los métodos comúnmente utilizados para la inducción a cambios en la estructura de la planta y obtener mejores resultados, es por medio del uso de agentes químicos tales como la citocalasina B y la colchicina. La citocalasina B tiene la función de unirse a la actina de los filamentos de la planta y evitar la elongación, causando daños en la división celular y generando cambios en la morfología de las células (MacLean-Fletcher, 1980).

Existen diferentes tipos de citocalasinas; sin embargo, la citocalasina B tiene la función de inhibir el transporte de monosacáridos a través de la membrana celular. Sabiendo su efecto en la estructura de la planta, se han generado diversos estudios enfocados en el uso de este agente químico. En un estudio desarrollado por Fang, Zhang, Yang, Cao, & Qin, 2018, en la cual emplearon granos de polen maduros de diferente flores de manzana (*Malus pumila* Mill) sembrados en medios de cultivo enriquecido junto con la citocalasina B para la desarrollo del tubo polínico.

Para observar el efecto de la citocalasina B en el desarrollo del tubo polínico, se adicionó etiqueta fluorescente y facilitar la observación del tubo polínico y así observar su desarrollo. Finalizando el estudio, se demostró que la citocalasina B alteró la morfología de los tubos polínicos y generaron un mayor diámetro a comparación de aquellas que no fueron tratadas con este agente químico. Así mismo, la citocalasina B causó una distribución anormal de los filamentos de actina en el vástago de los tubos de polen tratados.

En un estudio desarrollado por Pope, Thorpe, Azzawi, & Hail, 1979, emplearon granos de trigo (*Triticum aestivum* L. var. *Cappelle*) y granos de maíz (*Zea mays* var. *Cultivar*) en medios de cultivo enriquecidos con la presencia de la citocalasina B. Una vez las semillas fueron sembradas en los medios de cultivo se tomaron las medidas del crecimiento de sus raíces. Durante el experimento, los investigadores tomaron 1-2mm de las raíces para someterlas en una solución tampón

y llevarlas a una fase de fijación; esto, con el fin de poder teñir el tejido con el colorante citrato de plomo y observar el tejido en un microscopio electrónico. Como resultado de su estudio, determinaron que la citocalasina B no inhibe el crecimiento de del tubo polínico; sin embargo, este compuesto genera daños en los componentes de la pared celular.

Además de la citocalasina B, existe otro inductor químico empleado para el mejoramiento de características de interés en diferentes especies vegetales, este compuesto químico es la colchicina. La colchicina es un producto utilizado para la inducción de poliploidía. extraído de las semillas de *Colchicum autumnale L.*, a finales de la década de 1930, se descubrió que la colchicina inhibía la formación del huso mitótico, causando la formación de células poliploides (Rauf, Munir, Abdullojon, & Basra, 2006).

En un estudio desarrollado por Nukaya y colaboradores, 2019, en donde emplearon tres tipos de *Fortunella spp.*, las cuales son semillas tetraploides (kumquat Meiwa, kumquat redondo y el kumquat Changshou) que fueron sometidas a un tratamiento con colchicina. Esto, con el fin de generar plantas triploides a partir del cruce con plantas de *Fortunella spp.* diploides. Para lograr este cruce, los investigadores usaron los óvulos monoembrionarios, en los que hicieron la polinización una vez que generaron la emasculación. Posteriormente, colocaron en medios de cultivo Murashige y Skoog (MS) para el desarrollo de la plántula. Una vez que la plántula alcanzó su desarrollo óptimo, se las trasplantó a macetas, para su crecimiento en invernadero. Una vez conseguido el tamaño óptimo, se realizó el análisis de ploidía por medio de citometría de flujo usando las hojas jóvenes de estas plantas. Como resultado de esta investigación, se produjeron plantas triploides en casi todos los cruces que los investigadores han desarrollado, obteniendo las características de interés de cada especie en la progenie.

Así mismo, un estudio desarrollado por Molero, Vilorio, & Vilorio, 2018, en la cual el objetivo de su estudio fue inducir a la poliploidía a plantas de *Aloe vera L.* utilizando a la colchicina. Para esto, se sembraron las plántulas en medios de Murashige y Skoog para el desarrollo de las raíces. Una vez que se obtuvo el crecimiento de las raicillas, se las sometió a un tratamiento con colchicina a diferentes tiempos, además, se dejaron algunas plántulas como testigo al someter las raicillas en agua. Una vez que se cumplió el tiempo de inducción a la poliploidía, se les realizó un análisis citogenético para cuantificar el número de cromosomas presentes. Finalizada la extracción de raicillas, se las sembró en nuevos medios de cultivo y se las dejaron crecer por 45 h para un análisis citogenético. Como resultado de esto, obtuvieron células poliploides, al usar una concentración de colchicina del 0,10% en un tiempo de inducción de 48h, logrando obtener un 52% de plantas poliploides con un desarrollo óptimo.

El uso de estos compuestos como agentes inductores en la poliploidía ha permitido generar nuevas alternativas para la producción de plantas con características de interés agronómico a un menor costo. Entre una de esas alternativas está el uso de pesticidas para la inducción de poliploidía. Según Valencia-Quintana y colaboradores, 2013 los cambios genéticos generados por los plaguicidas son expresados por varios biomarcadores, entre ellos cambios estructurales en los cromosomas y en las cromátidas e inactivación del huso acromático, lo que resulta en células aneuploides y poliploides, eventos de recombinación como el entrecruzamiento e intercambios de cromátidas hermanas, esterilidad y letalidad embrionaria, mutaciones en tejidos somáticos y mutaciones en células germinales, tal y como es en el caso de los granos de polen.

Es por esto que, el uso de estos pesticidas ha generado mayor interés al momento de producir células poliploides y obtener características agronómicas importantes. Un ejemplo claro de esto se demuestra con el estudio desarrollado por Del Hierro y colaboradores, 2016 en la

Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE en el Ecuador, en la cual emplean los granos de polen del tomate de árbol (*Solanum betaceum*) y los sometieron a diferentes concentraciones en 3 tipos de pesticidas, los cuales son: químicos, biológicos y ecológicos. Para esto, extrajeron los granos de polen del tomate del árbol con el fin de someterlos en 6 tipos de pesticidas. De estos 6 pesticidas se emplearon 2 pesticidas de cada tipo: químicos (2), biológicos (2) y ecológicos (2), en diferentes concentraciones y tiempos, para que al completar el tiempo exposición, se pueda observar el efecto de estos en el grano del polen por medio de un microscopio electrónico.

Como resultado de esta investigación se obtuvo que, al emplear pesticidas químicos se generó un daño a nivel morfológico del 80%. Le siguen los pesticidas ecológicos al tener un porcentaje de daño morfológico del 50% y por último los biológicos, que produjeron un daño muy bajo del 10%

Por otro lado, en un estudio desarrollado por Padilla y colaboradores, 2017 tenían como objetivo el determinar el efecto de la aplicación de pesticidas en la morfología, viabilidad y germinación de granos de polen de la mora (*Rubus glaucus* Benth.) y tomate de árbol (*Solanum betaceum*. Cav) utilizando pesticidas químicos, orgánicos y biológicos. Para esto, extrajeron los granos de polen de las flores de cada una de las especies de forma manual y se los sembró en medios de cultivo a los que se les suministraron diferentes dosis de los pesticidas.

Una vez que hubo un correcto desarrollo del tubo polínico, se usó un microscopio electrónico para determinar el efecto de los pesticidas, dando como resultado que los pesticidas químicos produjeron un mayor daño en la morfología del tubo polínico, luego siguen los pesticidas orgánicos y por último los pesticidas biológicos, siendo estos, menos dañinos para el desarrollo de las semillas del grano del tomate de árbol y el de la mora.

Así también, en un estudio desarrollado por Abbas, Nadeem, Tanveer, & Zohaib, 2016 se emplean diferentes dosis de herbicidas en avena para determinar el efecto hormético de estos y la dosis ideal para un mejor crecimiento. Para esto, los investigadores seleccionaron las semillas de avena que son susceptibles al compuesto químico del herbicida, Fenoxaprop-P-etilo ($C_{18}H_{16}ClNO_5$) (PubChem, 2018). Se colocaron las semillas en suelos preparados y seguidamente se adicionó en las semillas el herbicida, a diferentes concentraciones. A medida de que la planta mostraba su crecimiento, se fueron tomando los datos del tamaño de la raíz, número de hojas, volumen de la raíz y el peso seco de la raíz.

Al finalizar el estudio, determinaron que hubo un notorio incremento de las plantas en las primeras semanas del desarrollo. Además, observó que hubo un aumento del 28% y 17% en el número de semillas al usar dosis que iban de 1, 3 y 6 g.a.i.ha⁻¹ (gramos de ingredientes activo por hectárea) Además, se determinó que valores superiores de 6 g.a.i. ha⁻¹ afectan negativamente el crecimiento y la capacidad de producción de semillas.

De igual manera, en un estudio desarrollado por M. D. A. Silva, Aragão, Barbosa, Jeronimo, & Carlin, 2009, en el cual evaluaron el efecto del herbicida glifosato ($C_3H_8NO_5P$) (Pubchem, 2020) en el desarrollo de la caña de azúcar al emplearlo en bajas dosis. Para esto, se obtuvieron plantas de la caña de azúcar en brotes aislados y se les suministró el herbicida a los 50 días de la siembra de los brotes a diferentes concentraciones: 0 (Blanco), 1.8, 3.6, 7.2, 18, 36, 72, 180, 360 y 720 g.a.i. ha⁻¹. Posteriormente, se evaluaron los valores agronómicos y el peso fresco, peso seco y tamaño de la raíz una vez que cumpliera el desarrollo de la planta.

Como resultado de esta investigación, se obtuvo que al emplear una dosis de 1,8 g.a.i ha⁻¹, de glifosato se generó un incremento en el crecimiento de la planta en sus primeras etapas.

Finalmente, en un trabajo desarrollado por Felix, Gomes, da Silva, Arbex, & Domingues, 2015 desarrollado en la Universidad de Federal do Ceará en Brasil, en donde su objetivo fue evaluar el efecto de los pesticidas en el desarrollo de la avena negra (*Avena sativa L.*) al someterla a diferentes concentraciones. Para esta investigación emplearon los siguientes pesticidas con sus respectivas concentraciones: Haloxifop-P-Metilo – Veredict® ($C_{16}H_{13}ClF_3NO_4$) (PubChem, 2007) con dosis de: 0.625, 1.25 and 2.50 g ha⁻¹, Glifosato ($C_3H_8NO_5P$) (Pubchem, 2020) con dosis de: 12.50, 25.00 and 50.00 g ha⁻¹, Sal de dimetilamina 2,4-D ($C_{10}H_{13}Cl_2NO_3$) (PubChem, 2005) con dosis de: 100.00, 200.00 and 300.00 g ha⁻¹ y ácido salicílico ($C_7H_6O_3OHOC_6H_4COOH$) (PubChem, 2004) con una dosis de 100 g ha⁻¹ en las plantas cultivadas. Una vez se suplementaron las dosis en cada planta se midieron sus respectivos valores agronómicos, peso fresco, peso seco y tamaño de la raíz.

Como resultado de esta investigación, se obtuvo que al emplear los herbicidas 2,4-D en dosis medias y Veredict® en dosis bajas, es posible generar plantas de avena de un mayor tamaño.

3. CAPÍTULO III. DISEÑO DE PLAN EXPERIMENTAL

3.1 Material vegetal

Para este trabajo se emplearon semillas de rábano de la variedad “Crimson Giant” (Agrosad, USA), semillas de acelga de la variedad “Fordhook Giant” (Agrosad, USA) y semillas de vainita de la variedad “Jade” (Farmagro, Ecuador). El tiempo de desarrollo y cosecha de las plantas se realizó en la semana 6, semana 10 y semana 11 respectivamente. Las muestras que se utilizaron para las variables de respuesta (valores citológicos y variables destructivas) se tomaron en la última semana de desarrollo previo a la cosecha, mientras que los valores agronómicos fueron evaluados durante el desarrollo de las plantas.

3.2 Diseño experimental

Para la distribución de las parcelas, se desarrolló un diseño completamente al azar para las tres plantas a tratar, el cual tuvo un área de cobertura de 2116,8 m² y contó con 12 camas en cada parcela, generando un total de 36 camas. El resultado de esta distribución se pueda observar en la Figura 4.



Figura 4: Distribución de parcelas en invernadero

Para la siembra de las semillas tratadas con los pesticidas, se asignó una cama a cada tratamiento. Los tratamientos que se emplearon en este trabajo con sus respectivas semillas y pesticidas se describen en la Tabla 4.

Tabla 4:

Concentraciones utilizadas en cada semilla

Pesticidas	Concentraciones (P/V)	Tratamiento	Semillas
Mancozeb	0%	T0	Vainita
	0,30%	T1	
	0,50%	T2	
	0,70%	T3	
Karate	0%	T0	Rábano
	1,80%	T1	
	2%	T2	
	2,20%	T3	
Captán	0%	T0	Acelga
	0,80%	T1	
	1%	T2	
	1,20%	T3	

Nota: Todas las semillas recibieron un tiempo de inducción de 2h. Finalizado el tiempo se realizó un lavado con agua destilada

Para la medición de las variables de respuesta se tomaron en cuenta los siguientes datos: para la variable medición de la clorofila, se empleó un clorómetro (Hansatech, Inglaterra) aplicando directamente el medidor del equipo en la hoja. La medición de la clorofila se realizó en las horas de la mañana. Como hipótesis nula (H0) se planteó que el incremento de la cantidad de clorofila del rábano, acelga y vainita, se debe al incremento del tamaño celular y al aumento del número de estomas; mientras que la hipótesis alternativa (H1) busca determinar que al menos una de las plantas tratadas de cada especie no posee el mismo efecto.

Para la variable número de hojas, se realizó el conteo de forma manual en las plantas seleccionadas para la medición de la clorofila, tal y como se puede observar en la Figura 5.



Figura 5: Toma de datos de valores no destructivos a) conteo de hojas. b) medición de clorofila

Para esta variable se plantearon las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula (H0): determina que el incremento del número de hojas del rábano, acelga y vainita, se debe al incremento del tamaño celular y por ende, al aumento del número de estomas; mientras que, la Hipótesis alternativa (H1): determina que al menos una de las plantas tratadas de cada especie no posee el mismo efecto.

En el caso del rábano y de la vainita, para la variable largo de planta y ancho de planta, se midió el largo del tallo desde su inicio, hasta la primera yema. En la acelga, se midió desde el inicio del tallo hasta el limbo (cm) y se utilizó un calibrador para medir el ancho del tallo de la planta (mm). Valor obtenido a partir de la parte más alta de la planta. Como hipótesis nula (H0) se planteó que el incremento del largo y ancho del rábano, acelga y vainita, se debe al incremento del tamaño celular y, por ende, al aumento del número de estomas; mientras que, la hipótesis afirmativa indica que al menos una de las plantas tratadas de cada especie no posee el mismo efecto.

Una vez las plantas cumplieron su tiempo de crecimiento, se cosecharon para la medición del resto de variables; en el rábano, la cosecha se realizó a la semana 6, en la acelga en la semana 11 y en la vainita en la semana 12. Cabe destacar que previo a la cosecha de los cultivos, se tomaron hojas de las plantas de forma aleatoria para los análisis citológicos. Además, se tomaron algunas plantas de forma aleatoria para la medición de las variables consideradas destructivas.

Para la obtención del contenido de azúcar en las muestras, se obtuvo el jugo de cada planta por medio de un extractor. Una vez obtenido el jugo de cada muestra, se midieron los grados Brix por medio del refractómetro (ATAGO, Japón). Como hipótesis nula (H_0) se planteó que el incremento de la cantidad de azúcar del rábano, acelga y vainita, se debe al aumento del tamaño celular y el tamaño del follaje; mientras que, la hipótesis afirmativa (H_1) busca determinar que al menos una de las plantas tratadas de cada especie no posee el mismo efecto (Figura 6a y 6b).

Para la obtención de la variable peso fresco se colocaron las plantas en una balanza (Trooper OHAUS, New Jersey). En cuanto a la variable peso seco, fue necesario primero deshidratar las hojas mediante el uso de un desecador a 60°C por 48 h. Una vez se cumplió el tiempo, se retiraron las bolsas del secador y se pesaron las muestras para la obtención del peso seco.



Figura 6: Medición de variables destructivas: a) Medición peso seco b) Secado de muestras para obtención de peso seco c) Extracción de jugo. d) Medición de azúcar en refractómetro

Una vez obtenidos los dos pesos, se calculó la cantidad de biomasa presente en la planta, haciendo uso de la fórmula que se detalla a continuación:

$$Biomasa (\%) = \left(\frac{Peso\ seco\ total\ (g)}{Peso\ fresco\ total\ (g)} \right) * 100$$

Fórmula 1: Formula para la obtención de biomasa en las plantas de acelga, rábano y vainita.

Obtenida de (Reyes, Flores, Miguel, & Pérez, 2013).

Para estas variables se plantearon las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula (H0): determina que el incremento de biomasa del rábano, acelga y vainita, la cual se debe al aumento del tamaño celular y el tamaño del follaje; mientras que la Hipótesis alternativa (H1): determina que al menos una de las plantas tratadas de cada especie no posee el mismo efecto.

Para la medición de la variable largo total de la planta, se midió en el caso del rábano se midió el largo de su raíz carnosa, en la acelga se

midió el largo de la hoja y en la vainita se midió el largo de su fruto (vainita). Para el ancho de la planta, en la acelga se midió el ancho de la hoja, en el rábano se midió el ancho de la raíz y en la vainita se midió el ancho del fruto. Como hipótesis nula (H_0) se planteó que el incremento del largo y ancho total del rábano, acelga y vainita, se debe al incremento del tamaño celular y por ende el aumento del número de estomas; mientras que, la hipótesis afirmativa se planteó que al menos una de las plantas tratadas de cada especie no posee el mismo efecto.

Para el análisis citológico de las plantas, previo a su cosecha se tomaron varias hojas de las plantas seleccionadas. En cada hoja se realizó un raspado en la epidermis hasta dejar completamente transparente a la hoja (Carrillo-Hernandez y colaboradores, 2014). Esto, con el fin de visualizar de mejor manera a las células y a los estomas por medio de un microscopio óptico de marca Olympus (C001) (Olympus, Japón) y empleando un lente reticulado (μm), en donde se cuantificó la variable largo y ancho de células. Para esta variable se planteó la hipótesis nula (H_0), determina que, el incremento del largo y ancho de las células del rábano, acelga y vainita, se debe a la influencia del pesticida en la formación del huso mitótico en las células, mientras que para la hipótesis afirmativa (H_1) busca determinar que al menos una de las plantas tratadas de cada especie no posee el mismo efecto.

Así mismo, se analizó la variable largo y ancho de los estomas. Para esta variable se planteó como hipótesis nula (H_0), el incremento del largo y ancho de los estomas del rábano, acelga y vainita se debe a la influencia del pesticida en la planta, mientras que para la hipótesis afirmativa (H_1) busca determinar que al menos una de las plantas tratadas de cada especie no posee el mismo efecto. Además, se midió la variable número de células, la cual tuvo como hipótesis nula (H_0) determinar el incremento del número de células del rábano, acelga y vainita, la cual se debe a que el pesticida tiene influencia en la formación del huso mitótico de las células, mientras que para la

hipótesis afirmativa (H1) busca determinar que al menos una de las plantas tratadas de cada especie no posee el mismo efecto.

Finalmente, se midió la variable número de estomas, teniendo como hipótesis nula (H0) determinar el incremento del número de estomas del rábano, acelga y vainita, la cual se debe a que el pesticida tiene influencia en la formación del huso mitótico de las células, mientras que para la hipótesis afirmativa (H1) busca determinar que al menos una de las plantas tratadas de cada especie no posee el mismo efecto. Los resultados de esta variable se visualizan en anexos 1.

3.3 Aplicación de pesticidas en semillas

Para los tratamientos de las semillas con los pesticidas, se sometieron a diferentes concentraciones por un tiempo de 2 h en recipientes plásticos con un volumen de 500 ml. Cada tratamiento contó con un control, el cual solo contenía agua. Cada tratamiento fue analizado por triplicado.

3.4 Adecuación del invernadero y preparación del suelo

Para la adecuación del invernadero, se realizó una limpieza profunda que consistió en la remoción de malezas y cultivos presentes en su interior. Este invernadero se encuentra ubicado en la hacienda “El Prado” del Instituto Agropecuario Superior Andino (IASA) de la Universidad de las Fuerzas Armadas– ESPE. Además, se realizaron adecuaciones con respecto a las líneas de riego. Una vez que se realizaron las adecuaciones del invernadero, se preparó el suelo, en donde se incorporó el humus para la generación de las camas.



Figura 7: Adecuación y preparación del suelo a) Limpieza del invernadero b) Generación de camas en cada parcela c) Adecuación del sistema de riego d) Incorporación del humus

3.5 Análisis estadístico de los datos

Una vez finalizada la parte experimental se realizaron los análisis estadísticos para cada variable. Para esto, se estudió el análisis de supuestos de ANOVA en el cual, se evaluó la homocedasticidad, normalidad e independencia de los datos. De este análisis, para los datos que no cumplieron con al menos uno de los supuestos, se realizó un análisis no paramétrico (Kruskal Wallis y prueba de los rangos con signo de Wilcoxon), mientras que las variables que cumplieron con los criterios, siguieron un análisis paramétrico (ANOVA y prueba de Tukey) (Ver anexos 2).

3.6 Siembra de las semillas tratadas y mantenimiento de cultivo

Para la siembra de las semillas tratadas previamente con los pesticidas se empleó la siembra a golpe, la cual consistió en generar un hoyo en la línea del cultivo, en donde se colocaron 3 semillas en cada uno, con una distancia de 0,30 m. La profundidad del agujero varió dependiendo del tamaño de las semillas. Para evitar la invasión de malezas, como es el caso del pasto (*Pennisetum clandestinum*) se realizó una poda manual en cada parcela. Además, se realizó el riego de los cultivos por

goteo en cada cama por un tiempo de 45 min por 3 días a la semana, tal y como se puede observar en la Figura 8.



Figura 8: Poda de malezas y riego de cultivos

3.7 Evaluación de las características organolépticas de los cultivos tratados

Finalmente, se realizó un análisis organoléptico por medio de una degustación de las plantas tratadas, en la cual se solicitó la ayuda de degustadores para el cumplimiento de una encuesta (Anexo 3), en donde se evaluaron las características de la planta, tales como el sabor, textura, color y consistencia (Anexo 4). La comparación entre las plantas tratadas se puede observar en los Anexos 5, 6 y 7.

3.8 Diagrama experimental

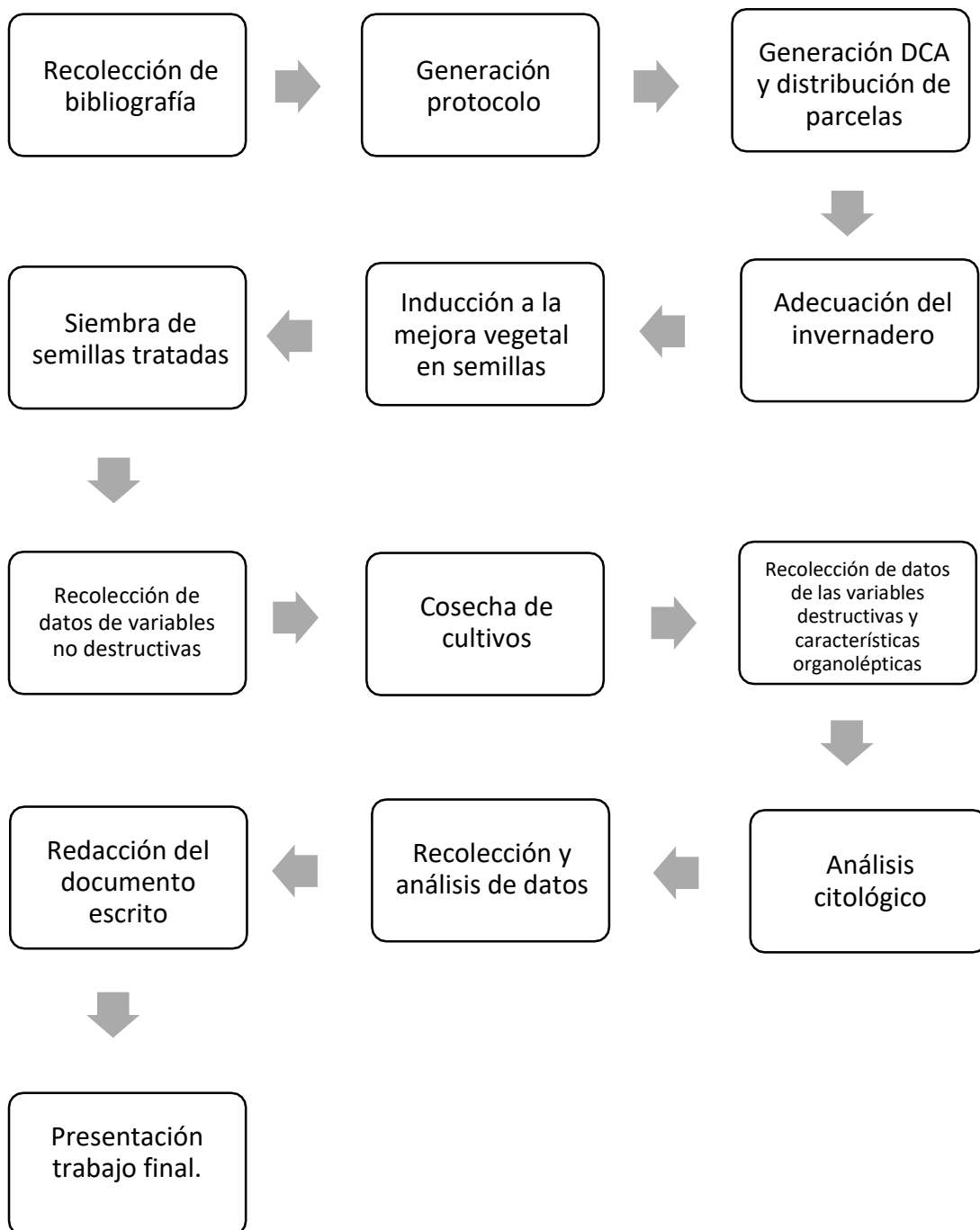


Figura 9: Diagrama experimental del proceso

4. CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis estadístico de variables no destructivas

En el gráfico de barras que se muestra en la Figura 10, se representa el efecto de 3 concentraciones incrementales de los pesticidas: “Mancozeb”, “Karate” y “Captán” con respecto al nivel de clorofila en las plantas de acelga, rábano y vainita.

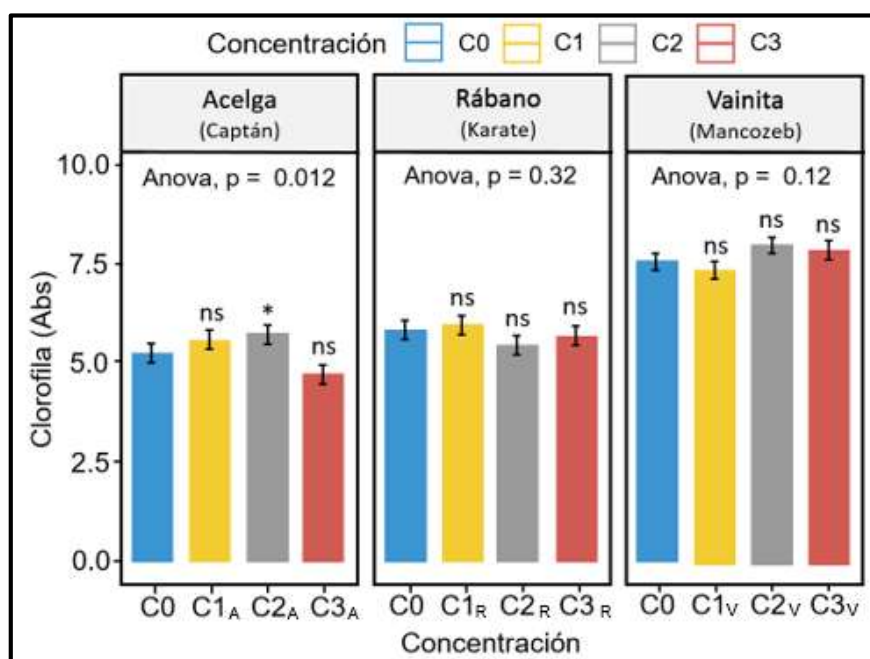


Figura 10: Efecto de 3 concentraciones incrementales de los pesticidas Captán® (C0= 0%, C1_A = 0.80%, C2_A = 1%, C3_A = 1.20%), Karate® (C0= 0%, C1_R = 1.80%, C2_R = 2%, C3_R = 2.20%) y Mancozeb® (C0= 0%, C1_V = 0.30%, C2_V = 0.50%, C3_V = 0.70) sobre el nivel de clorofila en la: Acelga, Rábano y Vainita

Como se puede apreciar en la Figura 10, la concentración que muestra diferencias significativas en C2 (2% - Mancozeb®) en la acelga, al tener un valor p menor al 0,05.

Con el fin de determinar las diferencias en la cantidad de clorofila entre los tratamientos y el nivel de significancia, en la Tabla 6 se muestran los resultados de la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon.

Tabla 6

*Prueba de los rangos con signo Wilcoxon con respecto a la clorofila
Para las acelga y vainita con respecto a la concentración de...*

Especies	Concentración	C0	C1	C2
Acelga	C1	1	NA	NA
Acelga	C2	0.1729	0.952	NA
Acelga	C3	0.4723	0.043	0.001315
Vainita	C1	1	NA	NA
Vainita	C2	1	0.047	NA
Vainita	C3	1	0.20	1

Como se puede observar en la Tabla 6, no existen diferencias entre los tratamientos, únicamente la concentración 3 (C3) de la acelga muestra diferencias significativas al compararse con el resto de las concentraciones obteniendo un valor p menor al 0,05.

Con respecto al largo y ancho de los tallos de: acelga, rábano y vainita, en la Figura 11 se detalla el efecto de los pesticidas.

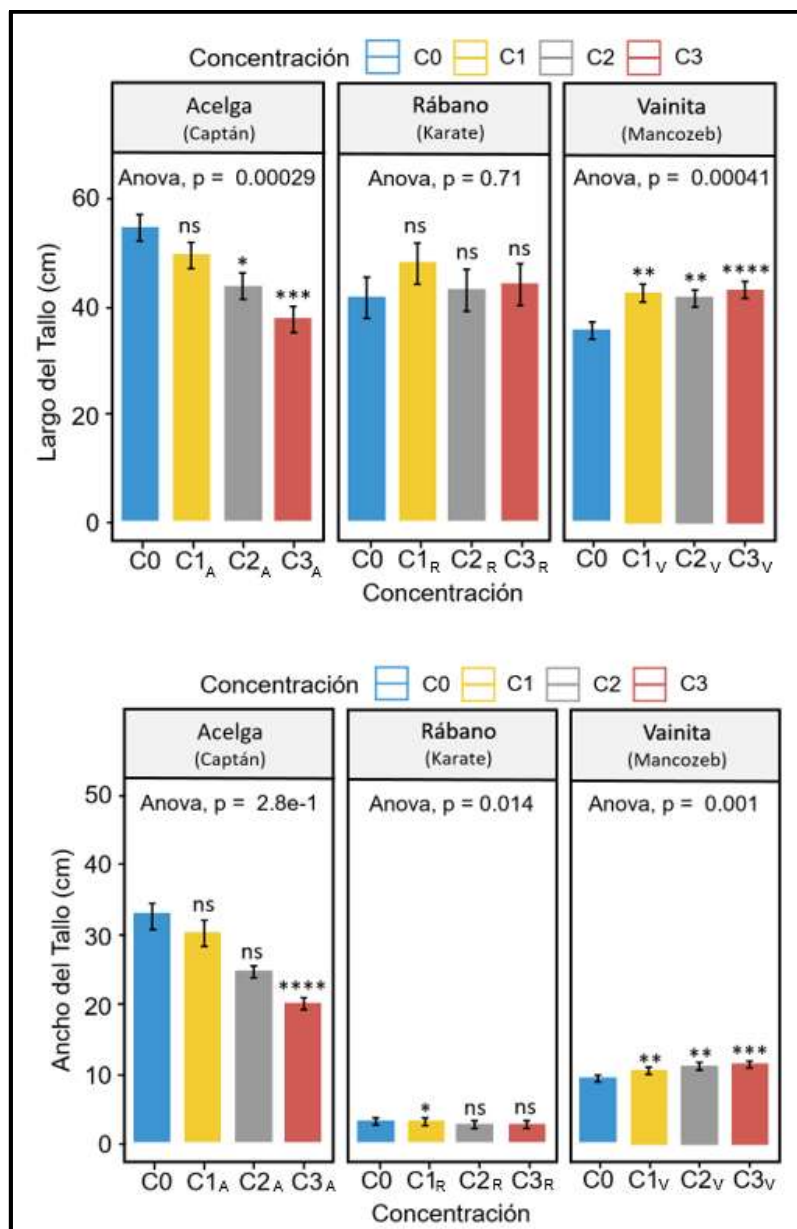


Figura 11: Efecto de 3 concentraciones incrementales de los pesticidas Captán® (C0= 0%, C1_A = 0.80%, C2_A = 1%, C3_A = 1.20%), Karate® (C0= 0%, C1_R = 1.80%, C2_R = 2%, C3_R = 2.20%) y Mancozeb® (C0= 0%, C1_V = 0.30%, C2_V = 0.50%, C3_V = 0.70) sobre el largo y ancho del tallo en la: Acelga, Rábano y Vainita

De acuerdo con la Figura 11, en el tratamiento con “Mancozeb®” (C0= 0%, C1 = 0.30%, C2 = 0.50%, C3 = 0.70%) en la vainita se evidencia un mejor desarrollo con respecto al largo y al ancho del tallo (valor p menor al 0,05).

Adicionalmente, para establecer las diferencias que existen entre los tratamientos y el control, se generó la prueba de los rangos con signo Wilcoxon, obteniendo los resultados que se muestran en las Tablas 7, 8 y 9

Tabla 7

Prueba de los rangos con signo Wilcoxon para la Acelga.

Esp ecie	Vari able	Concentr ación	C0	C1	C2
Acel ga	Larg o del tallo	C1	1	NA	NA
Acel ga	Larg o del tallo	C2	0.194	0.105 9	NA
Acel ga	Larg o del tallo	C3	0.005	0.000 9897	1
Acel ga	Anc ho del tallo	C1	1	NA	NA
Acel ga	Anc ho del tallo	C2	0.342	0.154 3	NA
Acel ga	Anc ho del tallo	C3	0.000 1446	7.81e- 06	0.03 384

Tabla 8

Prueba de los rangos con signo Wilcoxon para el Rábano.

Espe cie	Variab les	Concentra ción	C0	C1	C 2
Rába no	Ancho del tallo	C1	0.0 75	NA	N A
Rába no	Ancho del tallo	C2	1	0.00 602	N A
Rába no	Ancho del tallo	C3	1	0.06 94	1

Tabla 9

Prueba de los rangos con signo Wilcoxon para la Vainita.

Espe cie	Variab les	Concentra ción	C0	C1	C2
Vaini ta	Largo del tallo	C1	0.013	N A	N A
Vaini ta	Largo del tallo	C2	0.012	1	N A
Vaini ta	Largo del tallo	C3	0.0002 126	1	1
Vaini ta	Ancho del tallo	C1	0.057	N A	N A
Vaini ta	Ancho del tallo	C2	0.058	1	N A
Vaini ta	Ancho del tallo	C3	0.0013 46	1	1

Como se puede observar en las Tablas 7, 8 y 9, existen diferencias entre los tratamientos con respecto al control al tener un valor p menor al 0,05 en la acelga, rábano y vainita. Sin embargo, no existen diferencias al comparar entre los tratamientos tanto en el largo como en el ancho de la vainita, como en el largo y ancho de la acelga (C2 al comparar con C1) ($p > 0,05$).

Continuando con el análisis estadístico de las variables no destructivas, en la Figura 12 se muestra el número de hojas durante el desarrollo de las plantas al ser tratadas con los pesticidas.

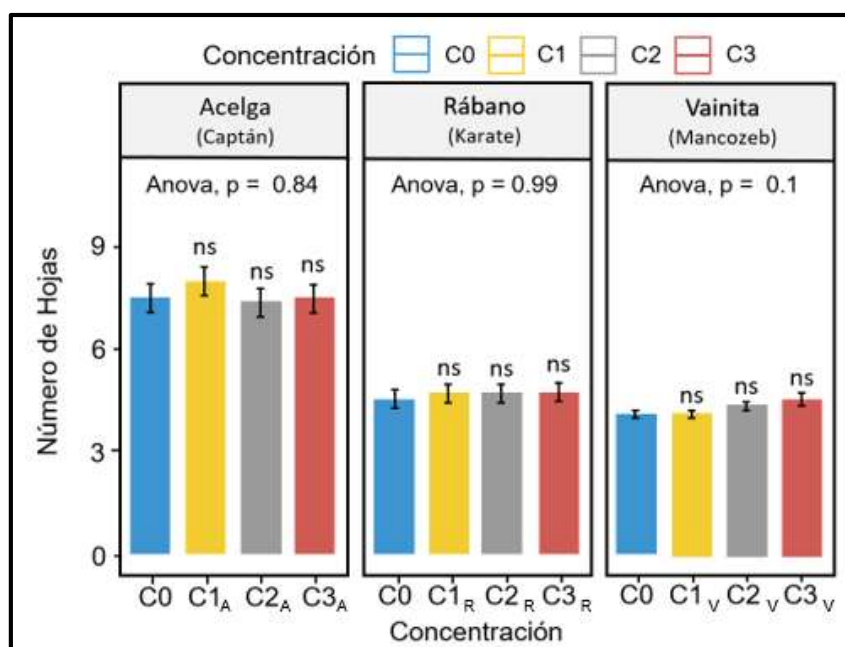


Figura 12: Efecto de 3 concentraciones incrementales de los pesticidas Captán® (C0= 0%, C1_A = 0.80%, C2_A = 1%, C3_A = 1.20%), Karate® (C0= 0%, C1_R = 1.80%, C2_R = 2%, C3_R = 2.20%) y Mancozeb® (C0= 0%, C1_V = 0.30%, C2_V = 0.50%, C3_V = 0.70) sobre el número de hojas en la: Acelga, Rábano y Vainita

Como se puede observar en la Figura 12, las plantas muestran un valor p mayor al 0.05. Esto permite suponer que la prueba de los rangos con signo Wilcoxon no evidencia diferencias entre los tratamientos.

4.2 Análisis estadístico de las variables destructivas

Para realizar el análisis de las variables destructivas de las plantas, se procesaron las muestras con la finalidad de obtener los siguientes valores: contenido de azúcar, peso seco, peso fresco, largo total de la planta y ancho total de la planta.

En la Figura 13 se muestran las variables: largo y ancho total de la planta a partir de las muestras vegetales.

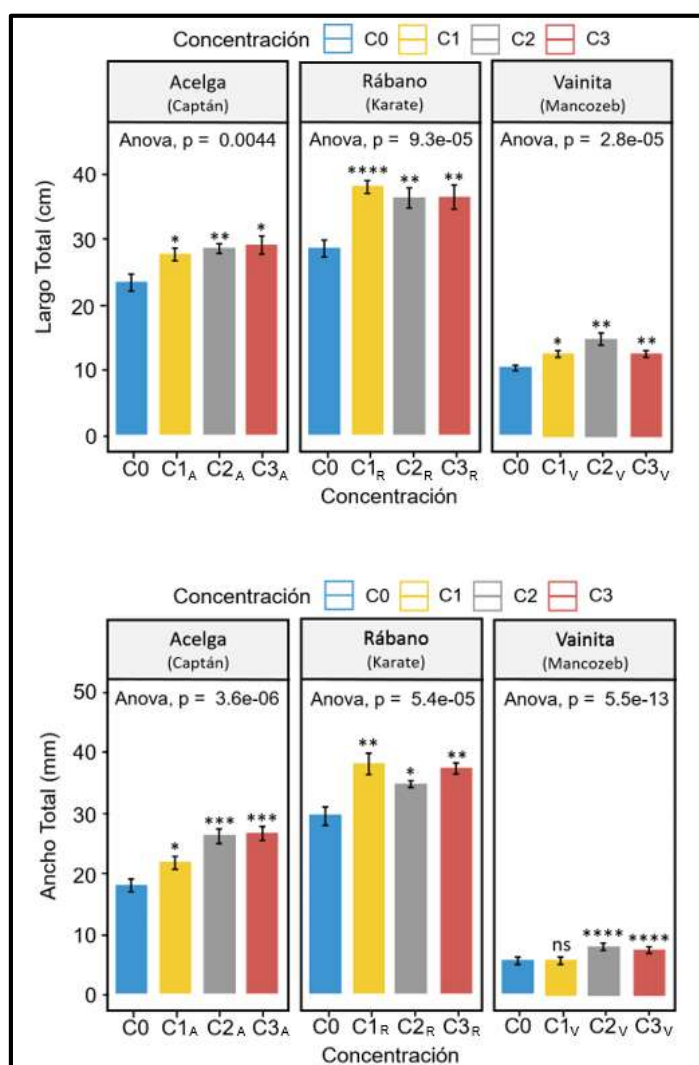


Figura 13: Efecto de 3 concentraciones incrementales de los pesticidas Captán® (C0= 0%, C1_A = 0.80%, C2_A = 1%, C3_A = 1.20%), Karate® (C0= 0%, C1_R = 1.80%, C2_R = 2%, C3_R = 2.20%) y Mancozeb® (C0= 0%, C1_V = 0.30%, C2_V = 0.50%, C3_V = 0.70) sobre el largo y ancho total de la planta en la: Acelga, Rábano y Vainita

Como se puede observar en la Figura 13, todos los tratamientos muestran diferencias significativas con respecto al control, al tener un valor p menor al 0,05.

Además, con la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon para las variables que no cumplieron con los supuestos, se desarrollaron las Tablas 10 y 11 que se muestran a continuación:

Tabla 10:

Prueba de los rangos con signo Wilcoxon.

Variabl e	Concentració n	C0	C1	C2
Largo total Rábano	C1	0.000338 4	NA	N A
Largo total Rábano	C2	0.01283	1	N A
Largo total Rábano	C3	0.03243	0.809 4	1

Tabla 11:

Prueba de los rangos con signo Wilcoxon.

Variabl e	Concentració n	C0	C1	C2
Largo total Vainita	C1	0.1201	NA	NA
Largo total Vainita	C2	0.01184	0.425 8	NA
Largo total Vainita	C3	0.02185	1	0.658 6
Ancho total Vainita	C1	0.7431	NA	NA
Ancho total Vainita	C2	0.000103 5	6,51E -02	NA
Ancho total Vainita	C3	6,95E-02	4,30E -02	1

Como se puede observar en las Tablas 10 y 11, las variables se ajustan al modelo y muestran que si existen diferencias significativas al comparar los tratamientos con el testigo, con la excepción de las variables: largo total de rábano y ancho total de la vainita, las cuales poseen un valor p mayor al de 0,05. Por otro lado, al comparar los tratamientos con las variables: largo total de vainita, largo total del rábano y el ancho total de la vainita (con C3), no existen diferencias significativas.

Continuando con el análisis estadístico de los datos obtenidos, en la Figura 14 se puede identificar la variable cantidad de azúcar presente en las plantas de acelga, rábano y vainita.

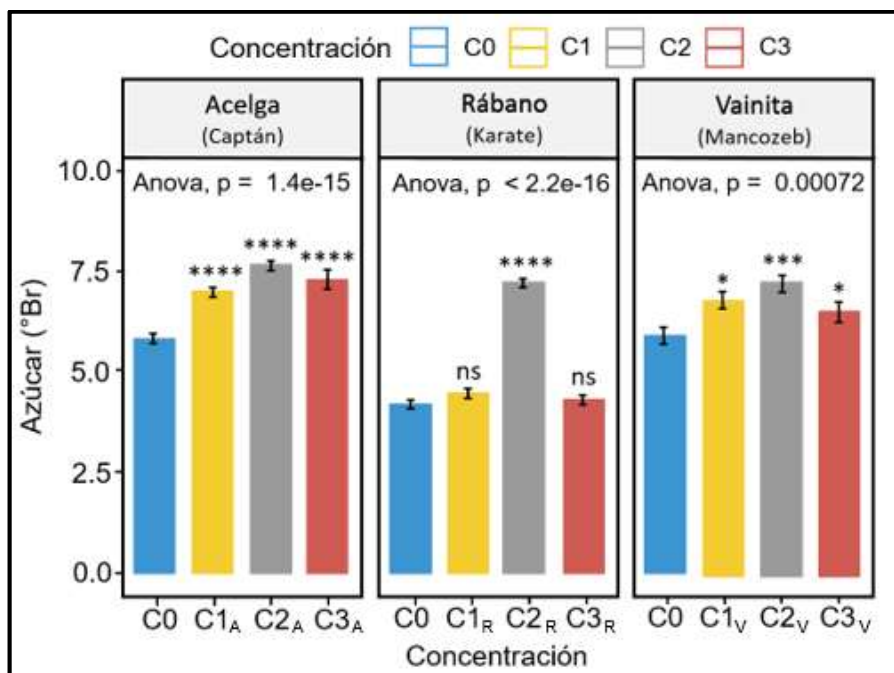


Figura 14: Efecto de 3 concentraciones incrementales de los pesticidas Captán® (C0= 0%, C1_A = 0.80%, C2_A = 1%, C3_A = 1.20%), Karate® (C0= 0%, C1_R = 1.80%, C2_R = 2%, C3_R = 2.20%) y Mancozeb® (C0= 0%, C1_V = 0.30%, C2_V = 0.50%, C3_V = 0.70) sobre la cantidad de azúcar en la: Acelga, Rábano y Vainita

Como se puede observar en la Figura 14, todos los tratamientos muestran diferencias significativas con respecto al control, al tener un valor p menor al 0,05.

En las Tablas 12, 13 y 14 se muestran la prueba de los rangos con signo Wilcoxon.

Tabla 12:

Prueba de los rangos con signo Wilcoxon de la Acelga.

Variabl e	Concentració n	C0	C1	C2
Azúcar Acelga	C1	3,17E -02	NA	NA
Azúcar Acelga	C2	1,86E -02	0.000729 2	NA
Azúcar Acelga	C3	4,66E -02	1	0.311 3

Tabla 13:

Prueba de los rangos con signo Wilcoxon del Rábano.

Variable	Concentración	C0	C1	C2
Azúcar Rábano	C1	1	NA	NA
Azúcar Rábano	C2	1,92E- 02	1,92E- 02	NA
Azúcar Rábano	C3	1	0.8984	1,85E- 02

Tabla 14:

Prueba de los rangos con signo Wilcoxon de la Vainita.

Variable	Concentración	C0	C1	C2
Azúcar Vainita	C1	0.1017	NA	NA
Azúcar Vainita	C2	0.002924	1	NA
Azúcar Vainita	C3	0.185	1	0.5801

Como se puede observar en las Tablas 12, 13 y 14 existen diferencias significativas al comparar los tratamientos con el control ya que el valor p es menor al 0.05. Sin embargo, al comprar la cantidad de azúcar de acelga (C3 con C1 y C2), rábano (C3 con C1 y C2) y vainita (C3 con C1 y C2, C2 con C1 y C1 con C0), no hay diferencias significativas entre los tratamientos ya que poseen un valor p mayor al 0.05.

Una vez finalizado el análisis estadístico de la variable cantidad de azúcar en la Figura 15 se generó un diagrama de barras en donde se identifica el efecto de los pesticidas con respecto a la cantidad de biomasa presente en las plantas tratadas.

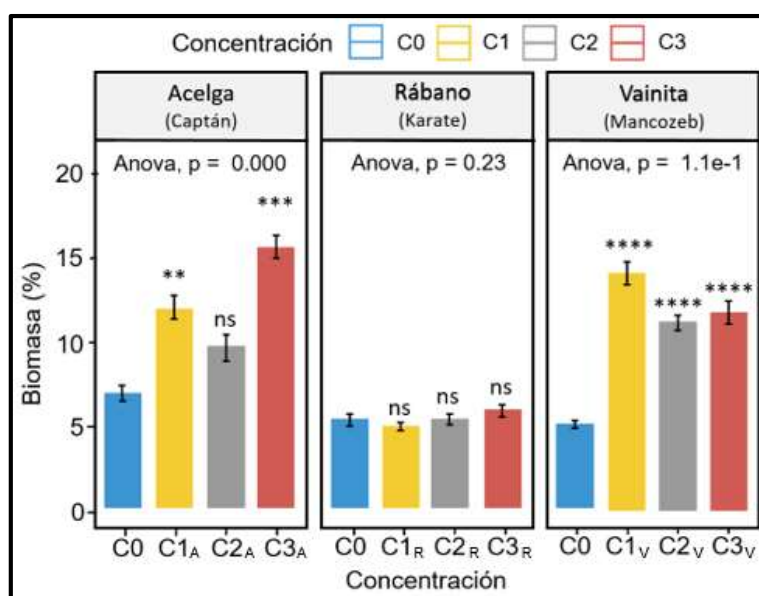


Figura 15: Efecto de 3 concentraciones incrementales de los pesticidas Captán (C0= 0%, C1_A = 0.80%, C2_A = 1%, C3_A = 1.20%), Karate (C0= 0%, C1_R = 1.80%, C2_R = 2%, C3_R = 2.20%) y Mancozeb (C0= 0%, C1_V = 0.30%, C2_V = 0.50%, C3_V = 0.70) sobre la cantidad de biomasa en: Acelga, Rábano y Vainita

En la Figura 15 se observa que todos los tratamientos muestran diferencias significativas con respecto al control, al tener un valor p menor al 0,05, con la excepción del rábano en donde no existen diferencias significativas ya que su valor p es mayor al 0,05.

Así mismo se realizó la prueba de los rangos con signo Wilcoxon, mismas que se detallan en las Tablas 15 y 16:

Tabla 15:

Prueba de los rangos con signo Wilcoxon de la Acelga

Variable	Concentración	C0	C1	C2
Biomasa Acelga	C1	0.01105	NA	NA
Biomasa Acelga	C2	0.579	1	NA
Biomasa Acelga	C3	0.001678	1	0.2786

Tabla 16:

Prueba de los rangos con signo Wilcoxon de la Vainita

Variable	Concentración	C0	C1	C2
Biomasa Vainita	C1	2,03E-02	NA	NA
Biomasa Vainita	C2	1,96E-02	0.1461	NA
Biomasa Vainita	C3	2.01e-05	0.6293	1

Para la variable: biomasa - rábano; al tener un valor p mayor al 0,05 en el Kruskal Wallis, no se desarrolló la prueba de Wilcoxon ya que muestra un valor mayor al 0,05, señalando que no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Es importante señalar que en las variables: biomasa – vainita y biomasa – acelga existen diferencias significativas al comparar los tratamientos con respecto al control, ya que su valor p es menor al 0,05.

4.3 Análisis estadístico de las variables citológicas

Para el análisis estadístico de las variables citológicas, se tomaron los datos recolectados en el conteo y medición de las células y estomas. Los resultados se pueden observar en la Figura 15.

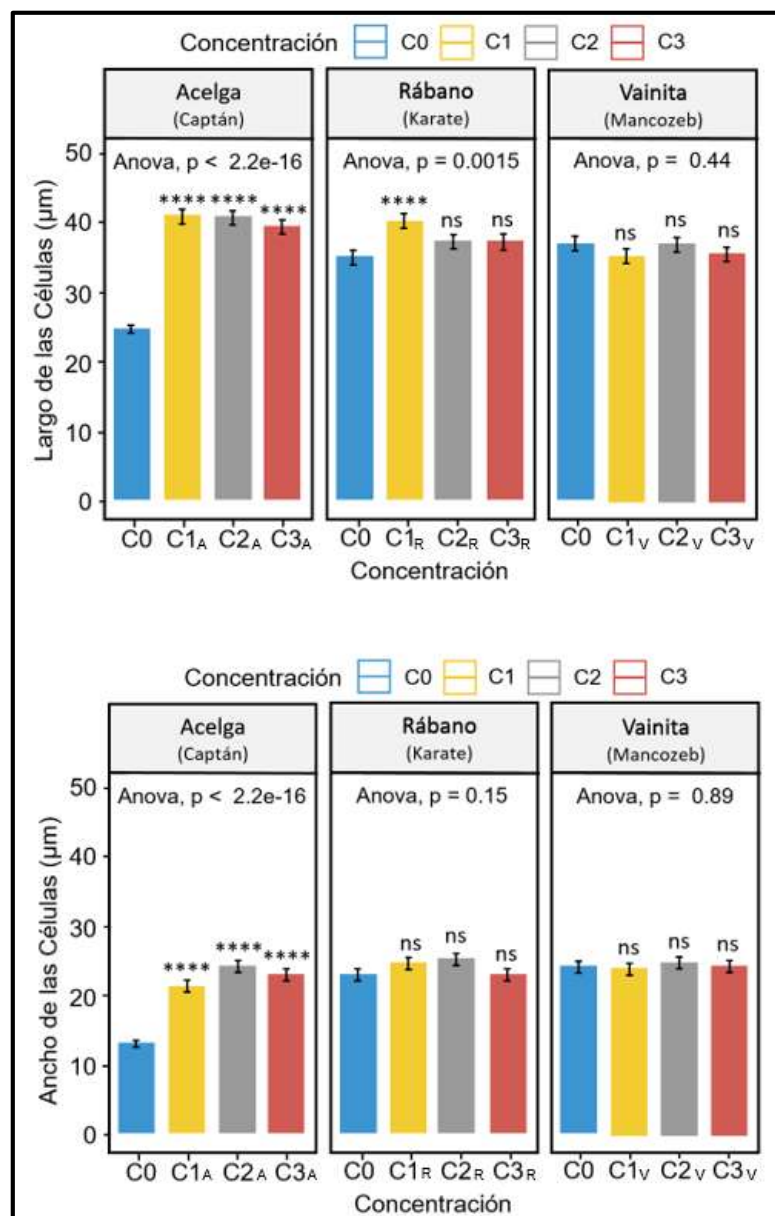


Figura 16: Efecto de 3 concentraciones incrementales de los pesticidas Captán® (C0= 0%, C1_A = 0.80%, C2_A = 1%, C3_A = 1.20%), Karate® (C0= 0%, C1_R = 1.80%, C2_R = 2%, C3_R = 2.20%) y Mancozeb® (C0= 0%, C1_V = 0.30%, C2_V = 0.50%, C3_V = 0.70) sobre el largo y ancho de las células en la: Acelga, Rábano y Vainita

Como se puede observar en la Figura 16 existen diferencias significativas con respecto al largo y ancho de las células de la acelga, ya que posee un valor menor al 0,05, sin embargo, en las variables: largo y ancho de las células – vainita y largo y ancho de las células – rábano no existen diferencias significativas ya que su valor p es mayor al 0,05.

Además, se realizó la prueba de los rangos con signo Wilcoxon, las cuales se detallan en las Tablas 17 y 18:

Tabla 17:

Prueba de los rangos con signo Wilcoxon de la acelga

Variable	Concentración	C0	C1	C2
Largo Células Acelga	C1	1.25e-23	NA	NA
Largo Células Acelga	C2	3,30E-19	1	NA
Largo Células Acelga	C3	2,50E-18	1	1
Ancho Células Acelga	C1	1,76E-16	NA	NA
Ancho Células Acelga	C2	6,23E-16	0.01285	NA
Ancho Células Acelga	C3	5,12E-19	0.1953	1

Tabla 18:

Prueba de los rangos con signo Wilcoxon del rábano

Variable	Concentración	C0	C1	C2
Largo Células Rábano	C1	0.00034 75	NA	N A
Largo Células Rábano	C2	0.3156	0.167 7	N A
Largo Células Rábano	C3	0.4367	0.445	1
Ancho Células Rábano	C1	0.8489	NA	N A
Ancho Células Rábano	C2	0.5456	1	N A
Ancho Células Rábano	C3	1	1	1

Como se puede observar en las Tablas 17 y 18, al comparar el largo y ancho celular con respecto al control de la acelga, se aprecia que existen diferencias significativas ya que se obtuvo un valor p menor al 0,05. Sin embargo, al comparar los tratamientos con respecto al blanco del rábano, no existen diferencias significativas, a excepción de la concentración 1 (C1) con el control (C0), el cual obtuvo un valor p menor al 0,05.

De igual manera se realizó un análisis estadístico con respecto al largo y ancho de los estomas, los resultados de esto se pueden observar en la Figura 16.

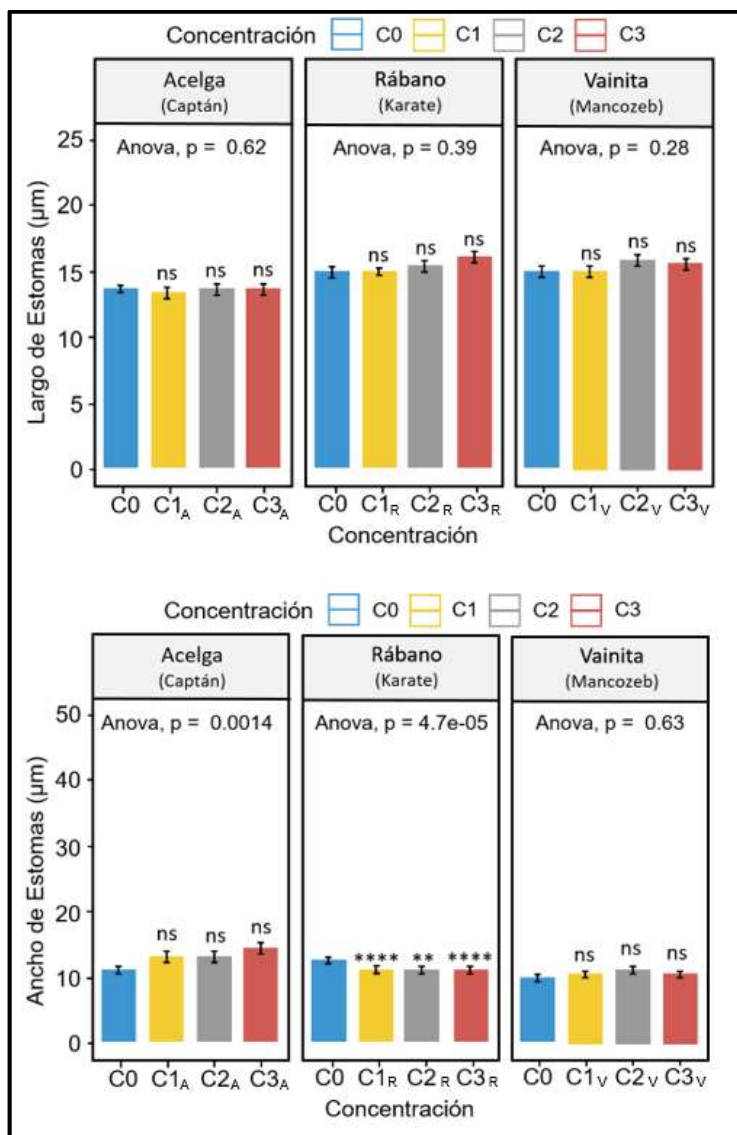


Figura 17: Efecto de 3 concentraciones incrementales de los pesticidas Captán® (C0= 0%, C1_A = 0.80%, C2_A = 1%, C3_A = 1.20%), Karate® (C0= 0%, C1_R = 1.80%, C2_R = 2%, C3_R = 2.20%) y Mancozeb® (C0= 0%, C1_V = 0.30%, C2_V = 0.50%, C3_V = 0.70) sobre el largo y ancho de los estomas en la: Acelga, Rábano y Vainita

Como se puede observar en la Figura 17 no existen diferencias significativas con respecto al largo y ancho de los estomas ya que posee un valor mayor al 0,05; sin embargo, en la variable ancho de estomas – rábano si existen diferencias significativas ya que su valor p es menor al 0,05.

Así mismo, se realizó una prueba de los rangos con signo Wilcoxon, la cual se detalla en la Tabla 19.

Tabla 19:

Prueba de los rangos con signo Wilcoxon.

Variable	Concentración	C0	C1	C2
Ancho Células Rábano	C1	3,30E-02	NA	NA
Ancho Células Rábano	C2	0.01679	1	NA
Ancho Células Rábano	C3	0.0004872	1	1

Como se puede observar en la Tabla 19, al comprar los tratamientos con respecto al blanco, existen diferencias significativas al poseer un valor p menor al 0,05. Por otro lado, al realizar la comparación entre los tratamientos (C1, C2 y C3), no existen diferencias significativas ya que poseen un valor p mayor a 0,05. Cabe mencionar que no se realizó la prueba de los rangos con signo Wilcoxon para el largo de los estomas de las tres plantas y el ancho para la acelga y vainita, ya que el valor p del Kruskal Wallis realizado es mayor al 0,05.

Para finalizar el análisis estadístico de la variable citológica, se generó un diagrama de barras, en donde se observa el efecto de los pesticidas con respecto al número de células y estomas (Figura 18).

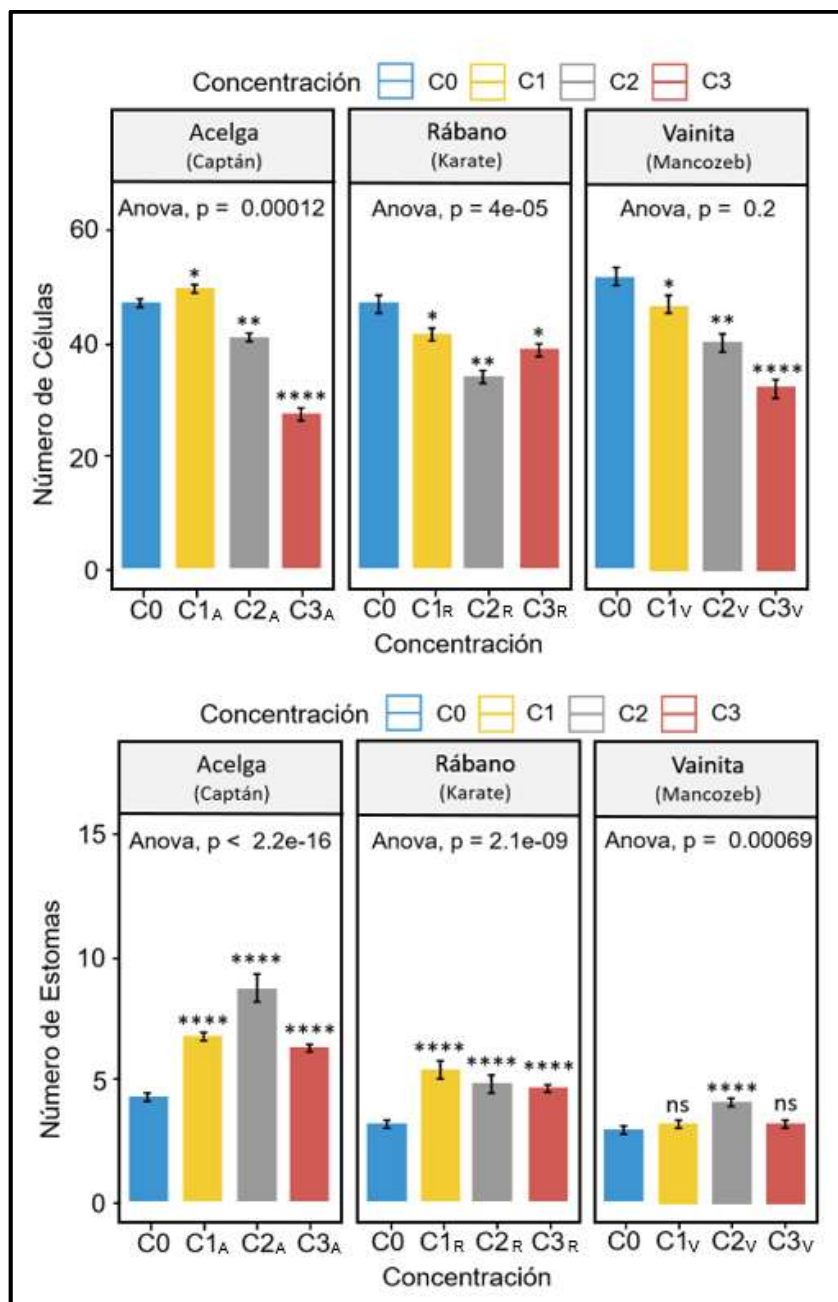


Figura 18: Efecto de 3 concentraciones incrementales de los pesticidas Captán® (C0= 0%, C1_A = 0.80%, C2_A = 1%, C3_A = 1.20%), Karate® (C0= 0%, C1_R = 1.80%, C2_R = 2%, C3_R = 2.20%) y Mancozeb® (C0= 0%, C1_V = 0.30%, C2_V = 0.50%, C3_V = 0.70) sobre el número de células y estomas en la: Acelga, Rábano y Vainita

Como se puede observar en la Figura 18, existen diferencias significativas con respecto al número de células y estomas ya que su valor p es menor al 0,05, con excepción de la variable número de

células – vainita, la cual no muestra diferencias significativas ya que su valor p es mayor al 0,05.

Además, se realizó la prueba de los rangos con signo Wilcoxon, la cual se detalla en las siguientes tablas:

Tabla 20:

Prueba de los rangos con signo Wilcoxon de la acelga.

Variabl e	Concentració n	C0	C1	C2
Númer o Células Acelga	C1	0.0670 4	NA	NA
Númer o Células Acelga	C2	7,33E- 04	0.137 4	NA
Númer o Células Acelga	C3	0.6693	1	0.149 4

Tabla 21:

Prueba de los rangos con signo Wilcoxon de la acelga.

Variabl e	Concentració n	C0	C1	C2
Número Estoma s Acelga	C1	9,64E -17	NA	NA
Número Estoma s Acelga	C2	1,62E -15	1	NA
Número Estoma s Acelga	C3	2,34E -12	0.0182 4	0.0424 5

Tabla 22:

Prueba de los rangos con signo Wilcoxon del rábano.

Variabl e	Concentració n	C0	C1	C2
Número Células Rábano	C1	1	NA	N A
Número Células Rábano	C2	0.480 1	0.001308	N A
Número Células Rábano	C3	0.107 5	0.000266 9	1

Tabla 23:

Prueba de los rangos con signo Wilcoxon del rábano.

Variable	Concentración	C0	C1	C2
Número Estomas Rábano	C1	2,45E- 04	NA	NA
Número Estomas Rábano	C2	1.1e- 05	1	NA
Número Estomas Rábano	C3	7.19e- 06	0.7247	1

Tabla 24:

Prueba de los rangos con signo Wilcoxon de la vainita.

Variabl e	Concentraci ón	C0	C1	C2
Númer o Células Vainita	C1	1	NA	NA
Númer o Células Vainita	C2	1	1	NA
Númer o Células Vainita	C3	0.078 8	0.0988 6	0.0289 9

Tabla 25:

Prueba de los rangos con signo Wilcoxon de la vainita.

Variabl e	Concentraci ón	C0	C1	C2
Númer o Estoma s Vainita	C1	1	NA	NA
Númer o Estoma s Vainita	C2	0.000424 2	4,00 E-04	NA
Númer o Estoma s Vainita	C3	1	1	0.0725 7

4.4 Análisis estadístico de la variable organoléptica

Una vez finalizada la fase de campo se tomaron los órganos vegetativos necesarios para su degustación.

Para determinar las propiedades organolépticas de las plantas se realizó una encuesta, para lo cual se solicitó la colaboración de docentes y estudiantes de la Universidad de las Américas y también de la Carrera de Ciencias Agropecuarias IASA – ESPE. En la encuesta se evaluaron las siguientes variables: textura, sabor, color, olor y consistencia. Los resultados de las encuestas se detallan en las Figuras 18, 19 y 20.

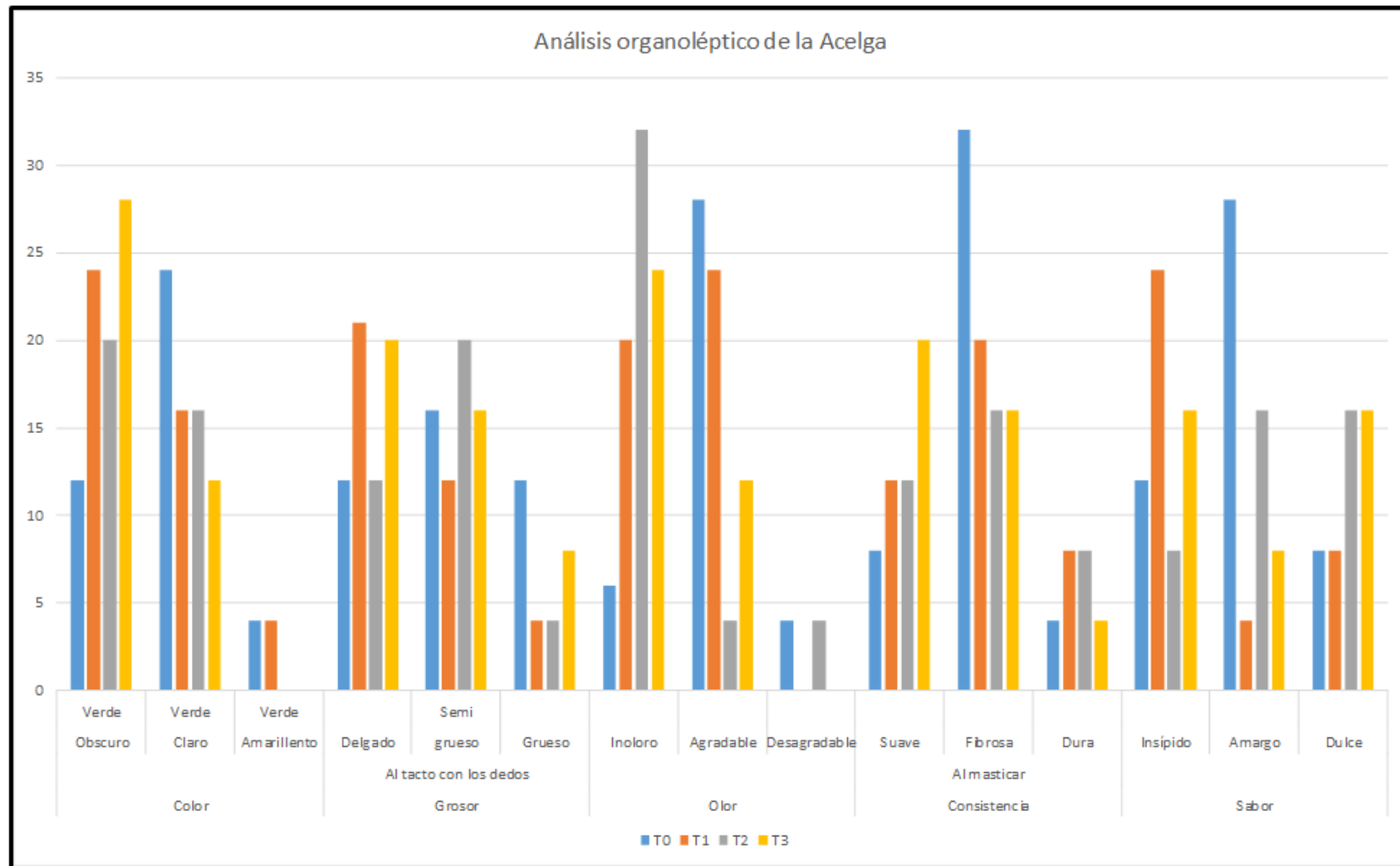


Figura 19: Resultados de la encuesta de la acelga.

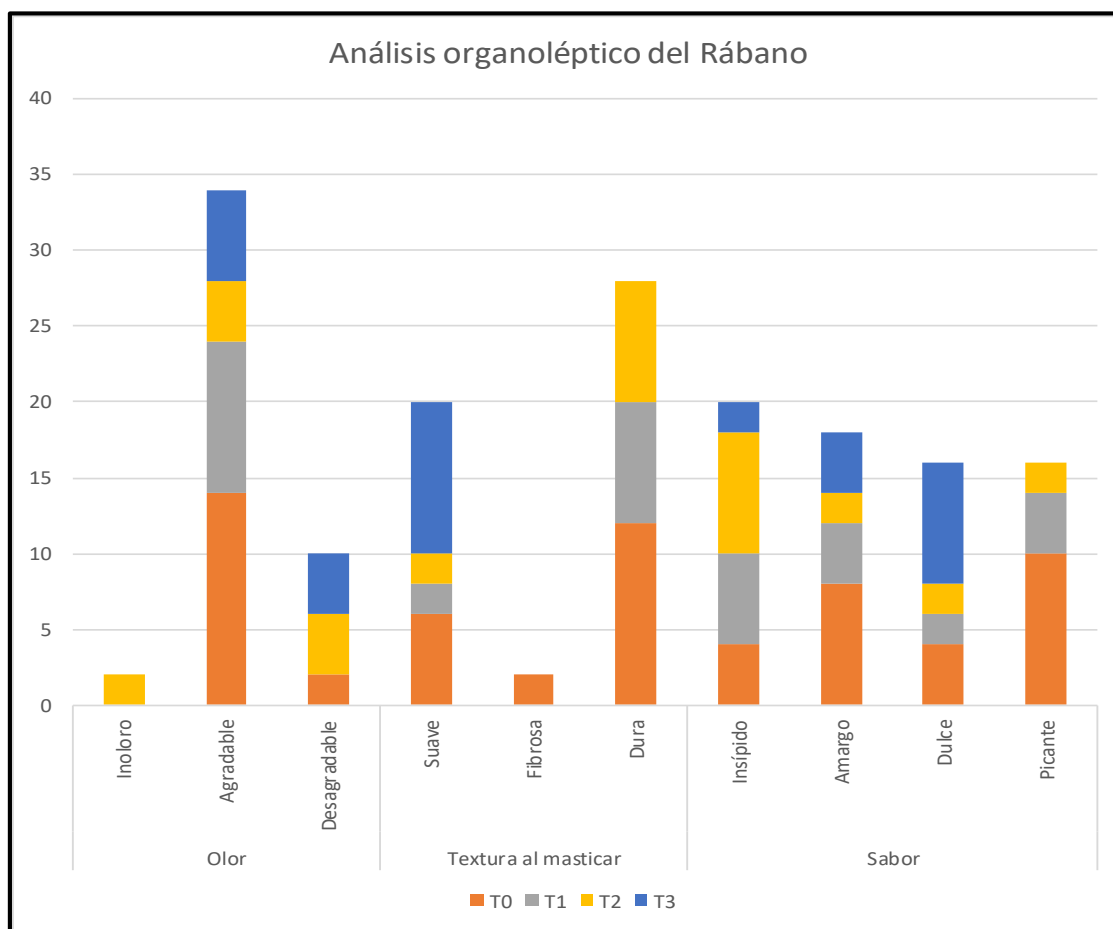


Figura 20: Resultados de la encuesta del rábano.

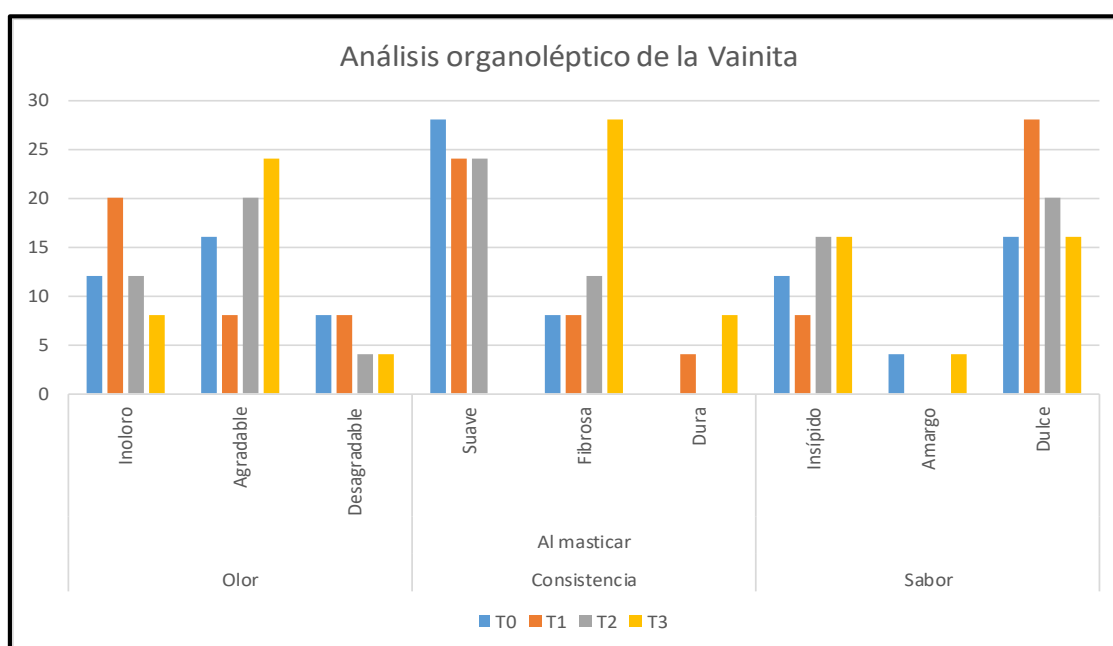


Figura 21: Resultados de la encuesta de la vainita.

El análisis de los resultados organolépticos obtenidos en las Figuras 18, 19 y 20, indican que las plantas tratadas con los diferentes pesticidas, en general tienen mayor aceptación organoléptica que las plantas testigo.

4.5 Discusión

- **Variables no destructivas**

De los 3 pesticidas utilizados para inducir respuesta positiva en las plantas, “Mancozeb” fue el pesticida que logró un mayor efecto en el incremento de los niveles de clorofila en las plantas de vainita, al igual que el pesticida Captán en las plantas de acelga. Este efecto podría explicarse por el uso de pesticidas azufrados, los cuales tienen un poder feofitinizante y oxidante durante la transferencia de electrones en la fotosíntesis. Lo señalado concuerda con la investigación realizada por Balaguer en 2015, en donde se manifiesta que el uso de compuestos azufrados generan una mejor transferencia de electrones al fotosistema II de las plantas, causando un aumento en la cantidad de clorofila. Resultados similares fueron obtenidos en la investigación realizada por (Brito, Tropaldi, Carbonari, & Velini, 2018) empleando bajas dosis de glifosato en cultivos de café (*Coffea arabica* L.), lo cual permitió obtener un aumento en la cantidad de clorofila en plantas tratadas con este herbicida.

Como se mencionó anteriormente, existen pesticidas que aumentan la presencia de clorofila, al someter a las semillas a bajas concentraciones, permitiendo así aumentar el intercambio de electrones con el fotosistema 2 de las plantas. Sin embargo, los pesticidas que se utilizaron en esta investigación no generaron un aumento de clorofila (Figura 10). Una de las razones por las que el nivel de clorofila en las plantas tratadas con pesticidas fue menor al del control se podría explicar por los cambios provocados por los pesticidas durante la inducción al mejoramiento, en donde pudo existir un bloqueo en el intercambio de electrones obtenidos

por la luz con el fotosistema de las plantas tratadas. Explicando, los bajos niveles de clorofila en el rábano al emplear el pesticida “Karate®” ($C_{23}H_{19}ClF_3NO_3$) (PubChem, 2020) el cual, al no contener compuestos azufrados no generó el efecto feofitinizante deseado.

Este efecto en la disminución de absorción de clorofila en las plantas tratadas con pesticidas se corrobora con la investigación de Balaguer, 2015, manifestando que el uso de pesticidas que no contengan compuestos azufrados en las plantas tratadas, se genera una disminución con respecto a la cantidad de clorofila. Resultados similares fueron obtenidos por Salem, 2016, cuando utilizó diferentes pesticidas aplicados a plantas de maíz. Como resultado de esta investigación, se determinó que al emplear el pesticida “Actra” ($C_8H_{10}ClN_5O_3S$) (PubChem, 2020) existe una disminución de clorofila en las plantas tratadas, ya que estos compuestos poseen el efecto de inhibir al fotosistema en la recepción de electrones. Por otro lado, en un trabajo desarrollado por Varshney, Hayat, Alyemeni, & Ahmad en 2012 en el cual suministraron diferentes pesticidas a las semillas de maíz y tomate de árbol, determinaron que el pesticida “Malatión” ($C_{10}H_{19}O_6PS_2$) (PubChem, 2020) bloquea el intercambio de electrones al fotosistema, causando una disminución en la absorción de la clorofila de hasta el 20%. No obstante, en la presente investigación hubo una mínima reducción de absorción de clorofila, menor al 20% previamente manifestado.

En un estudio realizado por Gonzalez, 1998 se demostró que el uso de pesticidas en bajas concentraciones (hormesis) podrían alterar la estructura de las células, provocando un efecto positivo en el incremento del tamaño de la planta. Este efecto también pudo haber ocurrido en algunas de las plantas sujetos del presente estudio. Es así que, con relación al largo y ancho del tallo en las plantas de acelga y rábano (Figura 11) no se registraron diferencias significativas con respecto al control. Ya que el mayor crecimiento de estas plantas se da en las hojas (acelga) y en la raíz (rábano). Esto se debe a que los tallos de estas plantas son acaules, esto quiere decir que su tallo es aéreo y compacto. Sin embargo,

en las plantas de vainita tratadas con los pesticidas se evidenciaron diferencias significativas con relación a las plantas control. Lo señalado se corrobora con el trabajo realizado por Berrocal, Blas, Flores, & Siles, 2013, en donde se emplearon pesticidas como el “Vertimec” y “Pentacloro” en plantas de *Allium cepa* (cebolla) a diferentes concentraciones. Estos resultados demuestran que el uso de pesticidas en la cebolla como agentes inductores al mejoramiento se produce un notorio incremento con respecto al largo y ancho de la planta.

Adicionalmente, y dentro de la misma línea de estudio, se pudo observar un efecto positivo en el uso de pesticidas en bajas concentraciones. En un estudio realizado por Padilla y colaboradores, 2017, sobre el uso de diferentes tipos de pesticidas en la morfología de los granos de polen en mora (*Rubus glaucus Benth*) y en tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav.*). Como resultado de esta investigación se encontró un efecto favorable en la elongación de los tubos polínicos, evidenciando el potencial uso de estos compuestos como agentes inductores al mejoramiento de propiedades fisiológicas. Este estudio tiene relación con el presente trabajo de investigación, ya que se evidencia el efecto de los pesticidas en el incremento de la fisiología de la planta, permitiendo generar un uso potencial en la germinación. Siendo este efecto traducido en un mejor desarrollo con respecto al largo y ancho del tallo y el largo y ancho total de las plantas tratadas.

Así mismo, en un estudio realizado por Cedergreen, Streibig, Kudsk, Mathiassen, & Duke, 2007 sobre el incremento del largo y ancho en plantas de manzanilla sin olor (*Tripleurospermum inodorum*) usando como inductor positivo al herbicida glifosato, obtuvieron curvas de crecimiento positivas entre el 25 y 76% con respecto al largo y ancho de las plantas tratadas en comparación del testigo. Este resultado concuerda con los resultados obtenidos en las plantas de vainita utilizadas en la presente investigación, en donde al emplear bajas concentraciones de pesticidas mostraron un incremento con respecto al largo y ancho de la planta a comparación del testigo, evidenciando un aumento del 13% con

respecto al largo y un aumento del 3% con respecto al ancho del tallo en las plantas de vainita con respecto al control. Estos resultados nos permiten suponer que este aumento de tamaño en la vainita con respecto al largo y ancho se debe al efecto de los pesticidas, los cuales podrían tener un efecto en la división celular de las plantas, causando la duplicación del material genético o el bloqueo de la división celular, que podría generar un aumento en el tamaño celular y por ende el aumento del tamaño en largo y ancho de la planta tratada. Finalmente, en un trabajo realizado por Mollae, Matloob, Mobli, Thompson, & Chauhan, 2020 en el cual emplearon al arrozillo (*Echinochloa colona*) para evaluar el efecto del glifosato a diferentes dosis, se demostró que al emplear el pesticida a bajas concentraciones, se genera un notorio incremento del largo y ancho de las plantas tratadas en comparación con el control.

- **Variables destructivas**

Con respecto al largo y ancho total de las plantas de acelga, rábano y vainita tratadas con diferentes dosis de pesticidas, se evidencia diferencias significativas con respecto al control (Figura 13). En un estudio realizado por Felix, Gomes, da Silva, Arbex, & Domingues, 2015 en donde emplearon los pesticidas: "Veredict", Glifosato, Sal de dimetilamina de 2,4-D a bajas concentraciones, encontraron un incremento en el largo y ancho de la planta. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en la presente investigación.

Se ha evidenciado que, en la adición de ciertas sustancias químicas durante el desarrollo vegetativo de las plantas, generan cambios a nivel citológico (aumento en el tamaño celular), el cual se encuentra relacionado con la biomasa presente en las plantas tratadas. Esto nos permite suponer que el aumento del tamaño de las plantas se da gracias a un mejor desarrollo en la absorción de nutrientes de las mismas durante su crecimiento, permitiendo así generar mayor cantidad de biomasa y por ende un mejor crecimiento de las plantas. Resultados similares se han evidenciado en diferentes estudios como es el caso del trabajo realizado

por Tong, Shi, Yuan, & Li, 2010 en donde evidencia que la colchicina inhibe a la tubulina para la formación de las fibras del huso mitótico, provocando la duplicación del material genético y la inhibición de la división, causando el gigantismo celular y el incremento del tamaño en la planta. Suponiendo que el efecto de estos compuestos químicos actúa de igual forma que la colchicina, se podría generar una nueva alternativa para inducir al mejoramiento vegetal al emplear los pesticidas a bajas concentraciones.

Con respecto a la cantidad de biomasa obtenida en este estudio, se demuestra que existe una relación directa con el largo y ancho de la planta. La vainita al ser tratada con “Mancozeb®” y la acelga tratada con “Captán®” mostraron un aumento significativo de biomasa del 17% y hasta un 30% de este componente en comparación del control (Figura 15). Lo indicado coincide con el estudio desarrollado por Velini y colaboradores, 2008, en la cual emplearon bajas concentraciones de glifosato como agente inductor al mejoramiento de plantas de maíz y de soja mejoraron la cantidad de biomasa en las mismas. Con este resultado, se puede corroborar que las plantas de acelga y vainita tratadas con los pesticidas generan un aumento de biomasa. Este resultado nos permite plantear la posibilidad del uso potencial de estos compuestos químicos para el mejoramiento de características de interés agronómico.

De igual manera, en un estudio desarrollado por Mollaei, Matloob, Mobli, Thompson, & Chauhan, 2020 para evaluar el aumento de biomasa en plantas de arrocillo emplearon bajas concentraciones del herbicida glifosato, determinaron un incremento en largo y ancho de las plantas al igual que una mayor cantidad biomasa. Este efecto podría explicarse a que los pesticidas interfieren al momento de la división celular, causando un aumento del tamaño celular. A pesar que los pesticidas empleados en este estudio son diferentes a los empleados en otros trabajos de investigación, se evidencia que el efecto es similar.

En lo que respecta a la cantidad de azúcar presente en las plantas tratadas con los pesticidas (Figura 14), se evidenció un aumento significativo de azúcar de hasta un 13% en comparación del testigo. Lo señalado se corrobora con el estudio desarrollado por Bouzo, Débora, Becerra, Ceccoli, & Gariglio, 2015, en el cual se manifiesta que la cantidad de azúcar en grados Brix ($^{\circ}\text{Br}$) se ve favorecida por diversos factores externos. Lo que permite suponer que la cantidad de pesticidas suministrados en las semillas de acelga, rábano y vainita fomenta una mejor absorción de los nutrientes presentes en el suelo y por ende una mayor cantidad de azúcar. Partiendo de esto, (Gonzalez, 1998) explica que muchos de estos pesticidas poseen un efecto celular inestable, es decir, que pueden alterar la estructura celular de una determinada especie y por ende generar un notorio aumento de diferentes características de interés en la planta. Es por esto, que los resultados obtenidos en la vainita con el pesticida “Ridomil Gold” que contiene “Mancozeb®” en las concentraciones de 0,5% y 0,7% mostraron un aumento en la cantidad de azúcar al igual que la acelga tratada con “Captán®” en las concentraciones de 0,8% y 1%.

Con relación al análisis organoléptico, los resultados de las encuestas demuestran que el uso de dosis mínimas de pesticidas ayuda al incremento significativo con respecto a las propiedades organolépticas de cada planta. Este incremento podría explicarse por un aumento de citoquininas, generando un aumento de la cantidad de azúcar en los tejidos de la planta, influenciada por el uso de estos compuestos químicos. Según Kieber & Schaller, 2014 las citoquininas se encuentran involucradas en el crecimiento y desarrollo de las plantas, incluyendo la división celular al igual que en la absorción de nutrientes.

- **Análisis citológico**

De los análisis citológicos realizados con respecto al largo y ancho de las células, la acelga mostró un aumento significativo en comparación con el control (Figuras 16). Por otro lado, en relación al largo y ancho de los

estomas, las plantas de rábano tratadas con bajas dosis de pesticidas mostraron diferencias significativas con respecto al control (Figura 17). Como se manifestó previamente, el uso de estos compuestos químicos podría tener un efecto inestable en las células de la planta, interfiriendo en la división celular y por ende generando un aumento del largo y ancho de las células y de estomas. Estos resultados guardan relación con lo que sostienen Valencia y colaboradores, 2013 y Waters y colaboradores, 1990 en donde obtuvieron que, en los 200 bioensayos realizados, las plantas al ser tratadas con “glifosato” ($C_3H_8NO_5P$) producen cambios a nivel morfológico y citológico. Explicando que los compuestos presentes en los herbicidas son inestables y poseen la capacidad de alterar el genoma de las plantas, incrementando el tamaño de las mismas. Además, manifiestan que dependiendo el carácter de las células puede variar el efecto de estos compuestos para generar el cambio morfológico. Por lo que, a pesar de que se emplearon diferentes pesticidas en el presente estudio.

Adicionalmente, es posible que estos compuestos químicos afecten a diferentes aminoácidos, en especial a la tirosina, la cual se caracteriza por aportar mayor soporte estructural a las paredes celulares de las plantas, la generar un mejor desarrollo.

A pesar que en este estudio no se realizó un análisis molecular, ni estudios citogenéticos, suponemos que existen cambios a nivel cromosómicos al someter a las semillas de acelga, rábano y vainita a bajas concentraciones de pesticidas, generando cambios en los genes SCREAM 1 (SCRM1), SCREAM 2 (SCRM2), SPEECHLESS (SPCH), MUTE y FAMA (FMA) (Kanaoka y colaboradores, 2008). Estos genes se encuentran relacionados con la identidad de los estomas y en su división. En un estudio desarrollado por Meinke, 2020, manifiesta que los genes de SCRM1 y SCRM2 son los genes asociados al desarrollo del linaje estomatal, en el cual las células epidérmicas no encapsuladas desencadenan una serie de divisiones con el fin de generar un complejo estomatal.

Así mismo, según la investigación realizada por Lee, Lucas, Goodrich, & Sack, 2014 manifiestan que el gen FAMA (FMA) tiene la función de inducir a la eliminación de las células guarda maduras y promover la diferenciación de los nuevos estomas. Por otro lado, en un estudio desarrollado por Lau y colaboradores, 2014 manifiesta que el gen SPEECHLESS (SPCH) es el encargado de codificar los factores de transcripción que están involucrados en procesos de división asimétricos, permitiendo establecer el linaje estomal. Para finalizar el proceso de transcripción el gen de expresión MUTE se activa, deteniendo la división estomal.

A pesar de la variabilidad de los resultados obtenidos en cuanto al tamaño celular y de los estomas (Figura 16) se evidencia que al emplear bajas dosis de pesticida es posible obtener el mejoramiento de características de interés agronómico ya que las plantas de acelga tratadas con las concentraciones C1, C2 y C3 (C1 = 0.80%, C2 = 1%, C3 = 1.20%) del pesticida "Captán" mostraron un mejor desarrollo.

En estudios realizados por Silva & Velini, 2015 se demostró que el uso de bajas concentraciones de pesticidas mejoran la morfología de las plantas logrando un mejor efecto dosis-respuesta, este fenómeno también lo señalan Del Hierro y colaboradores, 2016, quienes obtuvieron que al momento de someter los granos de polen a diferentes pesticidas en diferentes concentraciones, se generan cambios a nivel morfológico y también genético. Finalmente, en estudios realizados por Hayes, 2007 se señala que la hormesis puede encontrarse relacionada con un mejor efecto de absorción de nutrientes hacia las plantas.

Por lo tanto, se puede suponer que al emplear los pesticidas en bajas concentraciones se genera un efecto hormético positivo, mejorando la dosis-respuesta en las plantas para aumentar las características de interés agronómico. Efecto que se ve reflejado en la cantidad de azúcar, largo y ancho de la planta, biomasa, entre otros.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El uso de bajas concentraciones de los pesticidas “Karate®”, “Captán®” y “Mancozeb®” permitieron generar un mejoramiento de características fenotípicas de interés agronómico en plantas de acelga (*Beta vulgaris*), rábano (*Raphanus sativus*) y vainita (*Phaseolus vulgaris*) al someterlas en un tiempo de inducción de 2 horas.

Con el uso de bajas concentraciones de los pesticidas se logró mejorar el largo y ancho total de la planta, así como también incrementar el largo y ancho del tallo de las plantas tratadas.

Los pesticidas investigados facilitaron un mejor desarrollo de las plantas con respecto a la cantidad de biomasa, azúcar, largo y ancho total de la planta, largo y ancho del tallo, número de células, largo y ancho de células y número de estomas a comparación del control.

Las variables: clorofila, número de hojas y largo y ancho de estomas no mostraron cambios significativos en esta investigación.

Las propiedades organolépticas: textura, sabor, color, olor y consistencia se vieron mejoradas con el uso de bajas concentraciones de los pesticidas de acuerdo con la apreciación de las personas que testaron las variedades.

5.2 Recomendaciones

Es recomendable usar los pesticidas: “Captán®”, “Karate®” y “Mancozeb®” en bajas concentraciones para mejorar las características agronómicas de las plantas. Así mismo, es importante colocar a las semillas en un tiempo de inducción de 2 horas con las dosis recomendadas con el fin de garantizar los cambios esperados.

Se recomienda realizar estudios citogenéticos y moleculares complementarios para establecer el tipo de cambio genético en las plantas tratadas y de esta manera, corroborar los datos obtenidos.

Es importante replicar la investigación en 3 ciclos de producción de las plantas con la finalidad de reducir el error experimental.

6 REFERENCIAS

- Abbas, T., Nadeem, M. A., Tanveer, A., & Zohaib, A. (2016). *LOW DOSES OF FENOXAPRO-P-ETHYL CAUSE HORMESIS IN LITTLESEED CANARYGRASS AND WILD OAT*. 38040, 527–533. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582016340300013>
- Agencia Nacional de Regulación control y vigilancia sanitaria. (2017). *INSTRUCTIVO EXTERNO*. Recuperado de https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/IE-C.2.1-PLA-01_V1_criterios_categorizacion_de_plaguicidas.pdf
- Al-Khayri, J. M., Jain, S. M., & Johnson, D. V. (2018). Advances in plant breeding strategies: Fruits. In *Advances in Plant Breeding Strategies: Fruits* (Vol. 3). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-91944-7>
- Amat Rodrigo, J. (16AD, January). RPubS - ANOVA con R. Retrieved June 25, 2020, from https://rpubs.com/Joaquin_AR/219148
- Arranz, J., y Zamora, M. (2000) Análisis de autocorrelación. Recuperado de: <http://ciberconta.unizar.es/Leccion/autocorrelacion/analisis%20de%20autocorrelacion.PDF>
- Barco Hernández, P., Burbano Delgado, A., Mosquera Sánchez, S., Villada Castillo, H., & Navia Porras, D. (2011). Efecto de recubrimiento a base de almidón sobre la maduración del tomate (*Solanum lycopersicum*). *Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustria*, 8(2), 96–103.
- Balaguer, L. (2015). *Alteraciones de los pigmentos fotosintéticos, de la fluorescencia de las clorofilas y de la ultraestructura de líquenes expuestos a dióxido de azufre y nitrato*. Recuperado de <https://eprints.ucm.es/52072/1/5306060890.pdf>
- Berrocal, A., Blas, R., Flores, J., & Siles, M. (2013). Evaluación del potencial mutagénico de biocidas (vertimec y pentacloro) sobre cebolla Evaluation

of the mutagenic potential of biocides (vertimec and pentachloro) on onion. *Rev. Colomb. Biotecnol*, XV(1), 11.

Biostats. (2020) Test for homogeneity of variances – Levene’s test and the Fligner-Killeen test. Recuperado de: <https://biostats.w.uib.no/test-for-homogeneity-of-variances-levenes-test/>

Bouzo, C., Débora, ;, Becerra, L., Ceccoli, ; Gabriel, & Gariglio, N. (2015). *Photothermal quotient in melon and its relationship with the fruits sugar concentration*. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.03.08>

Brito, I., Tropaldi, L., Carbonari, C. A., & Velini, E. D. (2018). Hormetic effects of glyphosate on plants. *Pest Management Science*, 74(5), 1064–1070. <https://doi.org/10.1002/ps.4523>

Bussmann, R. W., Batsatsashvili, K., Kikvidze, Z., Paniagua-Zambrana, N. Y., Khutsishvili, M., Maisaia, I., Tchelidze, D. (2019). *Beta vulgaris L. Amaranthaceae*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77088-8_22-2

Calero Hurtado, A., Quintero Rodríguez, E., & Pérez Díaz, Y. (2017). Utilización de diferentes bioproductos en la producción de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L). *Agrotecnia de Cuba*, 41(1), 17–24.

CalPhotos. (2019a). CalPhotos - Beta vulgaris . Retrieved April 21, 2020, from https://calphotos.berkeley.edu/cgi-bin/img_query

CalPhotos. (2019b). Phaseolus vulgaris . Retrieved April 21, 2020, from https://calphotos.berkeley.edu/cgi/img_query?where-lifeform=any&rel-taxon=contains&where-taxon=phaseolus+vulgaris+&rel-namesoup=matchphrase&where-namesoup=&rel-location=matchphrase&where-location=&rel-county=eq&where-county=any&rel-state=eq&where-state=any&rel-country=eq&where-country=any&where-collectn=any&rel-photographer=contains&where-photographer=&rel-kwid=equals&where-kwid=&max_rows=24

CalPhotos. (2019c). Raphanus sativus. Retrieved April 20, 2020, from https://calphotos.berkeley.edu/cgi-bin/img_query

- Carrillo-hernandez, M. A., Lilia, A. N. A., Liberato, V. Y., Departamento, P., Zoología, B., & Post, C. D. G. A. (2014). *OBSERVACIONES SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE ESTOMAS EN PLANTAS*. (January 2015).
- Cedergreen, N., Streibig, J. C., Kudsk, P., Mathiassen, S. K., & Duke, S. O. (2007). The Occurrence of Hormesis in Plants and Algae. *Dose-Response*, 5(2), dose-response.0. <https://doi.org/10.2203/dose-response.06-008.cedergreen>
- Chipana, V., Clavijo, C., Medina, P., & Castillo, D. (2017). INOCULACIÓN DE VAINITA (*Phaseolus vulgaris* L.) CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE *Rhizobium etli* Y SU INFLUENCIA SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO. *Ecología Aplicada*, 16(2), 91. <https://doi.org/10.21704/rea.v16i2.1012>
- da Silva, D. F., Cipriano, P. E., de Souza, R. R., Siueia Júnior, M., da Silva, R. F., Faquin, V., ... Guimarães Guilherme, L. R. (2020). Anatomical and physiological characteristics of *Raphanus sativus* L. submitted to different selenium sources and forms application. *Scientia Horticulturae*, 260(September 2019), 108839. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108839>
- Del Hierro, A., Guerra, S., Padilla, F., Arroyo, C. R., Soria, N., & Debut, A. (2016). Assessing the morphological variations on the pollen grains of *Solanum betaceum* caused by chemical, biological and ecological pesticides. *Biology and Medicine*, 8(3). <https://doi.org/10.4172/0974-8369.1000286>
- Díaz, O., & Betancourt, C. (2018). Los pesticidas; clasificación, necesidad de un manejo integrado y alternativas para reducir su consumo indebido: una revisión. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(2), 14–30. Retrieved from <http://revistas.up.edu.pe/index.php/apuntes/article/view/792/836%5Cnhttp://revistas.up.edu.pe/index.php/apuntes/article/download/792/800%5Cnhttp://revistas.up.edu.pe/index.php/apuntes/article/view/792>

- Dietrichson, A. (2019) Métodos cuantitativos. Recuperado de: <https://bookdown.org/dietrichson/metodos-cuantitativos/>
- Edelenbos, M., Wold, A.-B., Wieczynska, J., & Luca, A. (2020). Roots: Radishes. In *Controlled and Modified Atmospheres for Fresh and Fresh-Cut Produce*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-804599-2.00060-0>
- Espe, M. B., Hill, J. E., Leinfelder-Miles, M., Espino, L. A., Mutters, R., Mackill, D., ... Linquist, B. A. (2018). Rice yield improvements through plant breeding are offset by inherent yield declines over time. *Field Crops Research*, 222(March), 59–65. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.03.017>
- Fang, K. F., Zhang, Q., Yang, R., Cao, Q. Q., & Qin, L. (2018). Cytochalasin B Treatment of Apple (*Malus pumila* Mill.) Pollen Tubes Alters the Cytoplasmic Calcium Gradient and Causes Major Changes in the Cell Wall Components. *Russian Journal of Plant Physiology*, 65(3), 384–393. <https://doi.org/10.1134/S1021443718030111>
- FAO. (2009). *Ecuador - Nota de Análisis Sectorial: Agricultura y Desarrollo*. 42. Retrieved from <http://www.fao.org/3/ak168s/ak168s00.pdf>
- FAO. (2018). *Nuestras legumbres*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/ca2597es/CA2597ES.pdf>
- Felix, L., Gomes, S., da Silva, T., Arbex, P., & Domingues, E. (2015). Hormesis method for increasing oat straw with a view to viability of direct-seeding systems. *Revista Ciência Agronômica*, 46, 48–53. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S1806-66902015000100006>
- Ferreira, J., Vieira, E., Souza, S. M. A., & Rodrigues, R. C. L. B. (2019). Treatment of sugarcane vinasse from cachaça production for the obtainment of *Candida utilis* CCT 3469 biomass. *Biochemical Engineering Journal*, 148(April), 131–137. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2019.04.009>
- Ferrell, J. A., Sellers, B., Macdonald, G. E., & Leon, R. (2015). Wild Radish — Biology and Control. *Ifas Ss-Agr-236*, 1–3. Retrieved from <https://edis.ifas.ufl.edu/wg215>

- Forges, M., Vàsquez, H., Charles, F., Sari, D. C., Urban, L., Lizzi, Y., & Bardin, M. (2018). Impact of UV-C radiation on the sensitivity of three strawberry plant cultivars (*Fragaria x ananassa*) against *Botrytis cinerea*. *Scientia Horticulturae*, 240(May), 603–613. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.063>
- Genebank - Naro. (2016). NARO Genebank - Leaf beet, Spinach beet [*Beta vulgaris* L. var. *cicla* L.]. Retrieved April 16, 2020, from Leaf beet, Spinach beet [*Beta vulgaris* L. var. *cicla* L.] website: https://www.gene.affrc.go.jp/databases-plant_images_detail_en.php?plno=5370010002
- Gennari, L., Felletti, M., Blasa, M., Angelino, D., Celeghini, C., Corallini, A., & Ninfali, P. (2011). Total extract of *Beta Vulgaris* var. *Cicla* seeds versus its purified phenolic components: Antioxidant activities and antiproliferative effects against colon cancer cells. *Phytochemical Analysis*, 22(3), 272–279. <https://doi.org/10.1002/pca.1276>
- Gonzalez, P. (1998). *Estabilidad térmica y actividad insecticida de compuestos piretroides y metoprene en formulaciones fumígenas*. Recuperado de http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_3029_GonzalezAudino.pdf
- Hayes, D. P. (2007). Nutritional hormesis. *European Journal of Clinical Nutrition*, 61(2), 147–159. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602507>
- Huang, B., Yan, D., Wang, X., Wang, X., Fang, W., Zhang, D., ... Cao, A. (2019). Soil fumigation alters adsorption and degradation behavior of pesticides in soil. *Environmental Pollution*, 246, 264–273. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.12.003>
- Ikechukwu, V., Jose, J., Usall, J., & Gogorcena, Y. (2019). Breeding strategies for identifying superior peach genotypes resistant to brown rot. *Scientia Horticulturae*, 246(May 2018), 1028–1036. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.027>

- INEC. (2020). Estadísticas Agropecuarias . Retrieved April 24, 2020, from <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- Jallow, M. F. A., Awadh, D. G., Albaho, M. S., Devi, V. Y., & Thomas, B. M. (2017). Pesticide risk behaviors and factors influencing pesticide use among farmers in Kuwait. *Science of The Total Environment*, *574*, 490–498. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.085>
- Kanaoka, M. M., Pillitteri, L. J., Fujii, H., Yoshida, Y., Bogenschutz, N. L., Takabayashi, J., ... Torii, K. U. (2008). SCREAM/ICE1 and SCREAM2 specify three cell-state transitional steps leading to Arabidopsis stomatal differentiation. *Plant Cell*, *20*(7), 1775–1785. <https://doi.org/10.1105/tpc.108.060848>
- Kieber, J. J., & Schaller, G. E. (2014). Cytokinins. *The Arabidopsis Book*, *12*(February 2015), e0168. <https://doi.org/10.1199/tab.0168>
- Koch, W. D. J. (2008). Beta vulgaris subsp. cicla (L.) W.D.J. Koch. <https://doi.org/https://doi.org/10.5962/bhl.title.6623>
- Kołota, E., Adamczewska-Sowińska, K., & Balbierz, A. (2017). Response of swiss chard (Beta vulgaris L. var. cicla L.) to nitrogen fertilization. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, *16*(2), 47–56.
- Lau, O. S., Davies, K. A., Chang, J., Adrian, J., Rowe, M. H., Ballenger, C. E., & Bergmann, D. C. (2014). Direct roles of SPEECHLESS in the specification of stomatal self-renewing cells. *Science*, *345*(6204), 1605–1609. <https://doi.org/10.1126/science.1256888>
- Lee, E., Lucas, J. R., Goodrich, J., & Sack, F. D. (2014). Arabidopsis guard cell integrity involves the epigenetic stabilization of the FLP and FAMA transcription factor genes. *Plant Journal*, *78*(4), 566–577. <https://doi.org/10.1111/tpj.12516>
- Lippmann, R., Babben, S., Menger, A., Delker, C., & Quint, M. (2019). Development of Wild and Cultivated Plants under Global Warming Conditions. *Current Biology*, *29*(24), R1326–R1338.

<https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.10.016>

MacLean-Fletcher, S. (1980). Mechanism of action of cytochalasin B on actin. *Cell*, 20(2), 329–341. [https://doi.org/10.1016/0092-8674\(80\)90619-4](https://doi.org/10.1016/0092-8674(80)90619-4)

María Sánchez-García, B., González-Flores, F., Luis Pons-Hernández, J., Acosta-Gallegos, J. A., Cabral-Enciso, M., Fraire-Velázquez, S., ... Rodríguez-Guerra, R. (2006). Fusarium lateritium: NEW PATHOGEN OF BEAN ROOTS IN MEXICO. *Agricultura Técnica En México*, 32, 251–257. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v32n3/v32n3a1.pdf>

Meinke, D. W. (2020). Genome-wide identification of EMBRYO-DEFECTIVE (EMB) genes required for growth and development in Arabidopsis. *New Phytologist*, 226(2), 306–325. <https://doi.org/10.1111/nph.16071>

Mollae, M., Matloob, A., Mobli, A., Thompson, M., & Chauhan, B. S. (2020). Response of glyphosate-resistant and susceptible biotypes of Echinochloa colona to low doses of glyphosate in different soil moisture conditions. *PLoS ONE*, 15(5), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233428>

Molero, T., Vilorio, M., & Vilorio, E. (2018). Inducción de poliploidía con colchicina en vitroplantas de Aloe vera (L.). *Revista Colombiana de Biotecnología*, 20(1), 97–105. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v19n2.73762>

National Center for Biotechnology Information. PubChem Database. Salicylic acid, CID=338, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Salicylic-acid> (accessed on May 13, 2020)

National Center for Biotechnology Information. PubChem Database. 2,4-D Dimethylamine salt, CID=16180, https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2_4-D-Dimethylamine-salt (accessed on May 13, 2020)

National Center for Biotechnology Information. PubChem Database. Haloxyfop-P-methyl, CID=13363033,

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Haloxypop-P-methyl>
(accessed on May 13, 2020)

National Center for Biotechnology Information. PubChem Database. 3-Amino-2-oxopropyl phosphate, CID=5, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/3-Amino-2-oxopropyl-phosphate> (accessed on May 13, 2020)

National Center for Biotechnology Information. PubChem Database. Thiamethoxam, CID=5485188, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5485188> (accessed on July 1, 2020)

National Center for Biotechnology Information. PubChem Database. Malathion, CID=4004, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/4004> (accessed on July 1, 2020)

National Center for Biotechnology Information. PubChem Database. Cyhalothrin, CID=5281873, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5281873> (accessed on July 1, 2020)

NCBI. (2020a). Taxonomy browser (Beta vulgaris subsp. cicla). Retrieved April 20, 2020, from Beta vulgaris subsp. cicla website: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?mode=Info&id=1527200&lvl=3&keep=1&srchmode=1&unlock&lin=s&log_op=lineage_toggle

NCBI. (2020b). Taxonomy browser (Phaseolus vulgaris). Retrieved April 21, 2020, from https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?mode=Undefined&id=3885&lvl=3&lin=s&keep=1&srchmode=1&unlock&log_op=lineage_toggle

NCBI. (2020c). Taxonomy browser (Raphanus sativus). Retrieved April 20, 2020, from Raphanus sativus website:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?mode=Info&id=3726&lvl=3&lin=f&keep=1&srchmode=1&unlock>

- Neuwirthová, N., Trojan, M., Svobodová, M., Vašíčková, J., Šimek, Z., Hofman, J., & Bielská, L. (2019). Pesticide residues remaining in soils from previous growing season(s) - Can they accumulate in non-target organisms and contaminate the food web? *Science of the Total Environment*, *646*, 1056–1062. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.357>
- Nukaya, T., Sudo, M., Yahata, M., Nakajo, Y., Ohta, T., Yasuda, K., ... Kunitake, H. (2019). Characteristics in autotetraploid kumquats (*Fortunella* spp.) induced by colchicine treatment to nucellar embryos and their utilization for triploid breeding. *Scientia Horticulturae*, *245*(August 2018), 210–217. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.015>
- Olakunle Olasupo, F., Olumuyiwa Ilori, C., & Abimbola Muiyiwa, A. (2016). Radio-sensitivity of cowpea to ultra-violet radiation by pollen treatment. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, *8*(11), 228–239. <https://doi.org/10.5897/JPBCS2016.0602>
- Padilla, F., Soria, N., Oleas, A., Rueda, D., Manjunatha, B., Kundapur, R. R., ... Rajeswari, B. (2017). The effects of pesticides on morphology, viability, and germination of Blackberry (*Rubus glaucus* Benth.) and Tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.) pollen grains. *3 Biotech*, *7*(3). <https://doi.org/10.1007/s13205-017-0781-y>
- Pope, D. G., Thorpe, J. R., Azzawi, M. J. A., & Hail, J. L. (1979). The Effect of Cytochalasin B on the Rate of Growth and Ultrastructure of Wheat Coleoptiles and Maize Roots. *Planta*, *383*, 373–383.
- PubChem. (2018, April 18). Fenoxaprop-P-ethyl. Retrieved April 23, 2020, from Fenoxaprop-P-ethyl | C18H16ClNO5 - PubChem website: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/91707>
- Qian, M., Rosenqvist, E., Flygare, A., Kalbina, I., Teng, Y., Jansen, M. A. K., & Strid, Å. (2020). *Scientia Horticulturae* UV-A light induces a robust and dwarfed phenotype in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) without a ff

- ecting fruit yield. *Scientia Horticulturae*, 263(August 2019), 109110. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109110>
- Rauf, S., Munir, H., Abdullojon, E., & Basra, S. M. (2006). Role of Colchicine and Plant Growth Regulators To Overcome Interspecific Incompatibility. *PLANT PHYSIOLOGY*, 32, 223–232. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/266583321>
- Reyes, J. T. S., Flores, H. J. M., Miguel, C., & Pérez, Á. (2013). *Calidad de planta de tres especies de pino en el vivero “ Morelia ”, estado de Michoacán Plant quality of three pine species of “ Morelia ” nursery at Michoacán state*. 5(26), 98–111.
- Rincón, A. (2014). Biosíntesis De Los Glucosinolatos E Importancia Nutricional Humana Y Funciones De Protección a Las Plantas. *Alimentos Hoy*, 22(31), 64–80.
- Roy, S. K., & Chakrabarti, A. K. (2003). VEGETABLES OF TEMPERATE CLIMATES | Commercial and Dietary Importance. In *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (pp. 5925–5932). <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/01233-5>
- Sacan, O., & Yanardag, R. (2010). Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of chard (*Beta vulgaris* L. var. cicla). *Food and Chemical Toxicology*, 48(5), 1275–1280. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.02.022>
- Salazar, S. A., Valderrama, G. J., & Quintero, J. D. (2018). Effect of colchicine on *Kalanchoe daigremontianam* Raym.-Hamet & H.Perrier (Crassulaceae) leaf morphology and stomates. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(1), 212–222. Retrieved from doi: <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i1.7059>
- Salem, R. E. M. E. (2016). Side Effects of Certain Pesticides on Chlorophyll and Carotenoids Contents in Leaves of Maize and Tomato Plants. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 05(2008), 566–571.

- Sangthong, S., Weerapreeyakul, N., Lehtonen, M., Leppanen, J., & Rautio, J. (2017). High-accuracy mass spectrometry for identification of sulphur-containing bioactive constituents and flavonoids in extracts of *Raphanus sativus* var. *caudatus* Alef (Thai rat-tailed radish). *Journal of Functional Foods*, *31*, 237–247. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.02.003>
- Schaart, J. G., Wiel, C. C. M. Van De, Lotz, L. A. P., & Smulders, M. J. M. (2016). Opportunities for Products of New Plant Breeding Techniques. *Trends in Plant Science*, *21*(5), 438–449. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2015.11.006>
- Silva, M. D. A., Aragão, N. C., Barbosa, M. de A., Jeronimo, E. M., & Carlin, S. D. (2009). Hormetic effect of glyphosate on the initial development of sugarcane. *Bragantia*, *68*(4), 973–978. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052009000400017>
- Silva, A., & Velini, D. (2015). *Hormesis method for increasing oat straw with a view to viability of*. 48–53.
- SIPA. (2018). Cifras Agroproductivas. Retrieved April 24, 2020, from <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- STHDA. (2017, August 31). Add P-values and Significance Levels to ggplots | R-bloggers. Retrieved June 13, 2020, from <http://www.sthda.com/english/articles/24-ggpubr-publication-ready-plots/76-add-p-values-and-significance-levels-to-ggplots/>
- Taheri, S., Abdullah, T. L., Ahmad, Z., & Abdullah, N. A. P. (2014). Effect of Acute Gamma Irradiation on *Curcuma alismatifolia* Varieties and Detection of DNA Polymorphism through SSR Marker. *BioMed Research International*, *2014*, 1–18. <https://doi.org/10.1155/2014/631813>
- Takaya, Y., Kondo, Y., Furukawa, T., & Niwa, M. (2003). Antioxidant Constituents of Radish Sprout (Kaiware-daikon), *Raphanus sativus* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *51*(27), 8061–8066. <https://doi.org/10.1021/jf0346206>

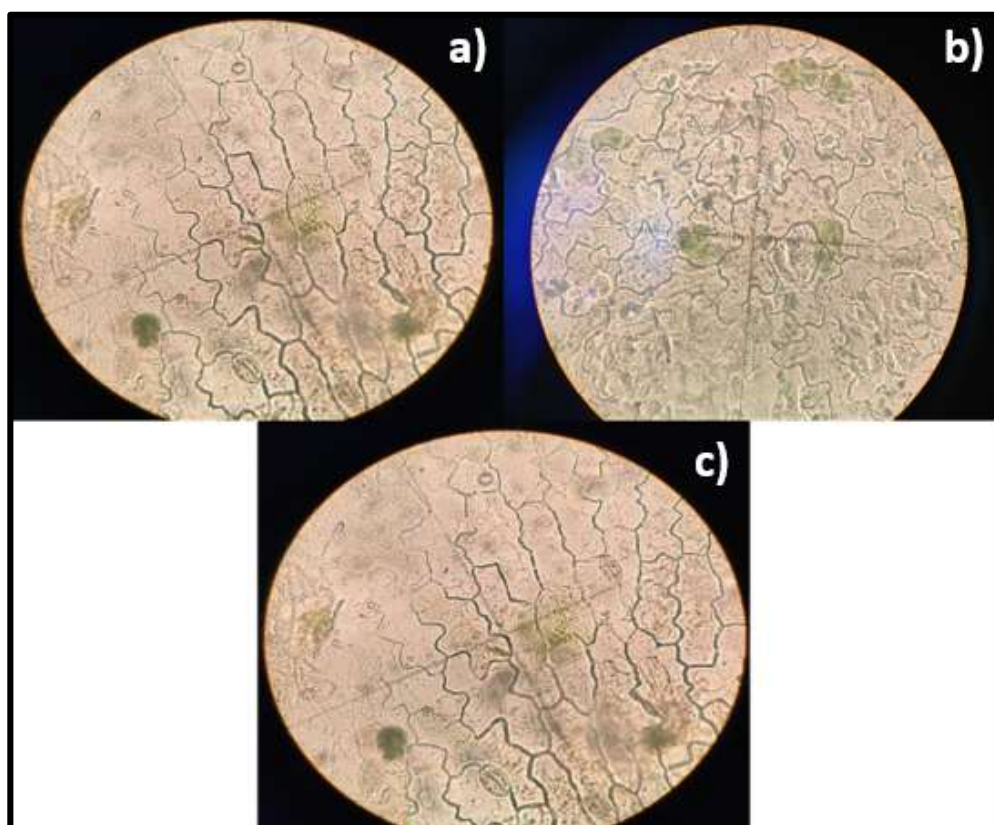
- Tate, J. A., Soltis, D. E., & Soltis, P. (2011). The evolution of the genome. In T. Ryan Gregory (Ed.), *The Evolution of the Genome* (pp. 371–426). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-301463-4.X5000-1>
- Toledo, J. H. (2003). *Cultivo de la Vainita*. Retrieved from http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/865/1/Toledo-Cultivo_vainita.pdf
- Tong, J., Shi, X. P., Yuan, W., & Li, G. R. (2010). Morphological and cytological studies of diploid and colchicine-induced tetraploid lines of crape myrtle (*Lagerstroemia indica* L.). *Scientia Horticulturae*, *124*(1), 95–101. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.12.016>
- Tuzimski, T. (2018). Herbicides and Pesticides. In *Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering* (3rd ed.). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-409547-2.14395-1>
- Ulukapi, K., & Ozmen, S. F. (2018). Study of the effect of irradiation (^{60}Co) on M 1 plants of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars and determined of proper doses for mutation breeding . *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, *11*(2), 157–161. <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2017.12.004>
- Valencia-Quintana, R., Sánchez Alarcón, J., Gómez-Arroyo, S., Cortés Eslava, J., Waliszewski, S. M., Fernández, S., & Villalobos-Pietrini, R. (2013). Genotoxicidad de plaguicidas en sistemas vegetales. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, *29*(SPEC.ISSUE), 133–157.
- Varshney, S., Hayat, S., Alyemeni, M. N., & Ahmad, A. (2012). Effects of herbicide applications in wheat fields: Is phytohormones application a remedy? *Plant Signaling and Behavior*, *7*(5), 37–41. <https://doi.org/10.4161/psb.19689>

- Vázquez, D., Salas, L., Preciado, P., Segura, M. Á., Gonzáles, J. A., & Valenzuela, J. (2016). Effect of salicylic acid in the production and quality nutraceutical tomato fruits Efecto del ácido salicílico en la producción y calidad nutracéutica de frutos de tomate * Effect of salicylic acid in the production and quality nutraceutical tomato fruits. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 17(August), 3405–3414. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/311426500_Efecto_del_acido_salicilico_en_la_produccion_y_calidad_nutraceutica_de_frutos_de_tomate_Effect_of_salicylic_acid_in_the_production_and_quality_nutraceutical_tomato_fruits
- Vázquez, Ibarra J. A., Peña-Valdivia, C. B., Trejo, C., Villegas-Bastida, A., Benedicto-Valdéz, S., & Sánchez-García, P. (2015). Promoting growth of lettuce plants (*Lactuca sativa* L.) with sublethal ozone doses applied to culture medium. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38(4), 405–413.
- Velini, E. D., Alves, E., Godoy, M. C., Meschede, D. K., Souza, R. T., & Duke, S. O. (2008). Glyphosate applied at low doses can stimulate plant growth. *Pest Management Science*, 64, 489–496. <https://doi.org/10.1002/ps>
- Wang, J., Qiu, Y., Cheng, F., Chen, X., Zhang, X., Wang, H., ... Li, X. (2017). Genome-wide identification, characterization, and evolutionary analysis of flowering genes in radish (*Raphanus sativus* L.). *BMC Genomics*, 18(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12864-017-4377-z>
- Wunderlin, R., Hansen, B., & Franck, A. (2020a). *Phaseolus vulgaris* - Página de especies - ISB: Atlas de plantas de Florida. Retrieved April 16, 2020, from <https://florida.plantatlas.usf.edu/Plant.aspx?id=1381>
- Wunderlin, R., Hansen, B., & Franck, A. (2020b). *Raphanus sativus* - Species Page - ISB: Atlas of Florida Plants. Retrieved April 15, 2020, from <https://florida.plantatlas.usf.edu/Plant.aspx?id=1841>

7. ANEXOS

ANEXOS 1

Medición de variables citológicas en acelga, rábano y vainita



ANEXOS 2

Análisis de supuestos de ANOVA para cada variable

Especie	Variable	Independencia	Normalidad	Homocedasticidad
ACELGA	LARGO TALLO	NO	NO	NO
ACELGA	ANCHO TALLO	NO	NO	NO
RABANO	ANCHO TALLO	SI	NO	SI
VAINITA	LARGO TALLO	NO	NO	SI
VAINITA	ANCHO TALLO	NO	SI	NO
ACELGA	LARGO TOTAL	SI	SI	SI
ACELGA	ANCHO TOTAL	SI	SI	SI
RABANO	ANCHO TOTAL	SI	SI	SI
RABANO	LARGO TOTAL	NO	NO	SI
VAINITA	LARGO TOTAL	SI	SI	NO
VAINITA	ANCHO TOTAL	SI	SI	NO
ACELGA	AZUCAR	SI	NO	SI
RABANO	AZUCAR	NO	SI	NO
VAINITA	AZUCAR	SI	NO	SI
ACELGA	CLOROFILA	NO	NO	SI
RABANO	CLOROFILA	NO	NO	SI
VAINITA	BIOMASA	SI	SI	NO
ACELGA	BIOMASA	SI	NO	SI
RABANO	LARGO DE CELULAS	SI	NO	NO
VAINITA	ANCHO DE	NO	NO	NO

	CELULA S			
ACELGA	LARGO DE CELULA S	NO	SI	NO
ACELGA	ANCHO DE CELULA S	SI	NO	NO
RABAN O	ANCHO DE ESTOMA S	NO	NO	NO
RABAN O	NUMERO DE CELULA S	NO	NO	NO
VAINITA	NUMERO DE CELULA S	NO	NO	NO
VAINITA	NUMERO DE CELULA S	NO	NO	NO
ACELGA	NUMERO DE ESTOMA S	NO	NO	NO
ACELGA	NUMERO DE ESTOMA S	NO	SI	SI
RABAN O	NUMERO DE ESTOMA S	NO	NO	NO
RABAN O	CLOROFI LA	SI	NO	SI
VAINITA	BIOMAS A	SI	SI	NO
VAINITA	LARGO DE CELULA S	SI	NO	NO
ACELGA	ANCHO DE CELULA S	NO	NO	SI
RABAN O	LARGO DE	NO	SI	NO

	ESTOMAS			
VAINITA	ANCHO DE ESTOMAS	NO	NO	NO
ACELGA	LARGO DE ESTOMAS	NO	NO	NO
RABANO	LARGO DE ESTOMAS	NO	NO	SI
VAINITA	ANCHO DE ESTOMAS	SI	NO	SI
ACELGA	NUMERO DE HOJAS	NO	NO	SI
RABANO	NUMERO DE HOJAS	NO	NO	SI
VAINITA	NUMERO DE HOJAS	NO	NO	SI
RABANO	LARGO TALLO	NO	NO	NO

ANOV A	KRUSKAL_W ALLIS
NA	P < 0,05
NA	P < 0,05
NA	P < 0,05
NA	P < 0,05
NA	P < 0,05
P < 0,05	NA
P < 0,05	NA
P < 0,05	NA
NA	P < 0,05
NA	P < 0,05
NA	P < 0,05

NA Rechaza
hipótesis nula

NA Rechaza
hipótesis nula

ANEXOS 3

Formato de encuesta para análisis organoléptico en las plantas de acelga, rábano y vainita.

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA															
PROYECTO DE MEJORA GENÉTICA															
14 de febrero 2019															
ENCUESTA DE CALIDAD DE ACELGA															
Marque con una X la respuesta en cada casillero															
	Color			Grosor Al tacto con los dedos			Olor			Consistencia Al masticar			Sabor		
	Verde oscuro	Verde claro	Verde amarillento	Delgado	Semi grosso	Grosso	Inoloro	Agradable	Desagradable	Suave	Fibrosa	Dura	Inspido	Amargo	Dulce
T0															
T1															
T2															
T3															

Otros parámetros:

1. ¿Cuáles son los factores que toma en cuenta al comprar acelga?
2. Frescura:
3. Calidad:
4. Presentación:
5. Precio:
6. Certificación:
7. Otros (especifique):

Nombre del Encuestado: Firma:

ANEXOS 4

Degustación de las plantas tratadas: a) Degustación del rábano. b) Degustación de la vainita. c) Degustación de la acelga



ANEXOS 5

Comparación entre tratamientos de la acelga.



ANEXOS 6

Comparación entre tratamientos del rábano



ANEXOS 7

Comparación entre tratamientos de la vainita.



