



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS LICENCIATURA EN BIOTECNOLOGÍA

“Evaluación en campo del efecto del PCVS4 en especies dicotiledóneas”

Tesis para obtener el título de
LICENCIADO EN BIOTECNOLOGÍA

Presenta:

Abel Carrasco Carballo

Director de tesis:

Dr. Jesús Sandoval Ramírez

Codirector de tesis:

M. en C. José Luis Arturo Parra Suárez

Puebla, abril 2022





El presente trabajo se desarrolló en el Laboratorio de Elucidación y Síntesis en Química Orgánica y en la localidad de Santo Domingo Ingenio, Oaxaca, bajo la dirección del Dr. Jesús Sandoval Ramírez y el M. en C. José Luis Arturo Parra Suárez, con soporte del proyecto PRONACES 317580.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	3
Índice de figuras	5
Índice de cuadros	7
RESUMEN.....	9
ABSTRAC.....	11
ANTECEDENTES	13
1.1 Producción de hortalizas en México.....	17
1.2 Especies dicotiledóneas	20
1.2.1 Calabacita (<i>Cucurbita pepo L</i>)	20
1.2.2 Ejote (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	22
1.2.3 Chile (<i>Capsicum annuum</i>).....	23
1.3 Brasinoesteroides y promotores de crecimiento vegetal esteroideos.....	24
OBJETIVOS.....	29
Objetivo general	29
Objetivos particulares	29
METODOLOGÍA.....	30
Etapas	30
• Pre-siembra.....	30
• Siembra	32
• Post-siembra.....	32
• Cosecha.....	33
• Condiciones climáticas	33
• Análisis estadístico	33
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	34
3.1 Germinación.	36
3.1.1 Ejote (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	36
3.1.2 Calabacita (<i>Cucurbita pepo</i>).....	39
3.1.3 Chile jalapeño (<i>Capsicum annuum</i>)	43

3.2 Variables morfológicas	45
3.2.1 Ejote (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	45
3.2.2 Chile (<i>Capsicum annuum</i>).....	57
3.3 Producción.....	76
3.3.1 Ejote (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	76
3.3.2 Chile (<i>Capsicum annuum</i>).....	79
CONCLUSIONES.....	82
PERSPECTIVAS	83
BIBLIOGRAFÍA	84
ANEXOS.....	88
Prueba de normalidad en germinación.	88
Prueba de normalidad en desarrollo.	88
Prueba de normalidad en Producción.....	98

Índice de figuras

Figura 1. Evolución de la población a nivel mundial desde 1950 hasta 2050 [2].....	13
Figura 2. Crecimiento de la superficie agrícola de 1960 a 2018 [3].....	14
Figura 3. Tierras cultivadas y principales cultivos y alimentos en el mundo [8].....	15
Figura 4. Principales hormonas vegetales [10].	16
Figura 5. Principales cultivos agrícolas de México [14].....	18
Figura 6. Volumen de la producción nacional de calabacita 2010-2019 [13].	18
Figura 7. Volumen de la producción nacional de chile 2010-2019 [13].	19
Figura 8. Cucurbita pepo L [17].	21
Figura 9. Etapas de desarrollo de la calabacita [19].	21
Figura 10. Composición interna de la semilla de frijol [21].	22
Figura 11. Estadios vegetativos y reproductivos del frijol [22].	23
Figura 12. Etapas de desarrollo del chile [25]	24
Figura 13. Flores de la planta Brassica napus L y brasinólida.	25
Figura 14. a) Lycopersicon esculentum cv donde; Res (Resistente), Sus (Susceptible); b) EBR (24-Epibrasinólida).	25
Figura 15. Izquierda) Planta mutada sin exposición a brasinoesteroides; derecha) planta mutada expuesta a 24-epibrasinólida.	26
Figura 16. Esquema de síntesis de (22S, 23S)-homobrasinólida a partir de estigmasterol.27	
Figura 17. Esquema de obtención de derivados 26-hidroxicolestánicos a partir de diosgenina [38].	27
Figura 18. Compuesto 22-oxocolestánico PCVS4.	28
Figura 19. Diagrama de metodología del trabajo de campo.	30
Figura 20. Croquis de distribución del huerto.	31
Figura 21. Etapas de análisis del proyecto en campo.	35
Figura 22. Germinación de ejote a los 3 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l, C) Acetona, D) Agua.	37
Figura 23. Germinación de ejote a los 5 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l, C) Acetona, D) Agua, E) Sin tratamiento.	38
Figura 24. Efecto del tratamiento con PCVS4 en la germinación de ejote en el campo.	39
Figura 25. Germinación de calabaza a los 5 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l, C) Agua.	40
Figura 26. Germinación de Calabaza a los 8 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l, C) Acetona, D) Agua, E) Sin tratamiento.	41
Figura 27. Efecto del tratamiento con PCVS4 en la germinación de calabaza en el campo.	42
Figura 28. Germinación de chile a los 8 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l, C) Acetona, D) Agua.	43
Figura 29. Germinación de chile a los 12 días de siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l, C) Acetona, D) Agua, E) Sin tratamiento.	44

<i>Figura 30. Desarrollo de las plantas de ejote a los 20 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l, C) Acetona, D) Agua, E) Sin tratamiento.</i>	46
<i>Figura 31. Desarrollo de las plantas de ejote a los 36 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l, C) Acetona, D) Agua, E) Sin tratamiento.</i>	47
<i>Figura 32. Desarrollo de las plantas de ejote a los 48 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) Acetona, C) Agua, D) Sin tratamiento.</i>	48
<i>Figura 33. Efecto del PCVS4 en la altura de las plantas de ejote crecidas en campo.</i>	50
<i>Figura 34. Efecto del PCVS4 en el número de hojas de las plantas de ejote crecidas en campo.</i>	51
<i>Figura 35. Efecto del PCVS4 en el largo de la hoja primaria de las plantas de ejote crecidas en campo.</i>	52
<i>Figura 36. Efecto del PCVS4 en el tallo inferior de las plantas de ejote crecidas en campo.</i>	55
<i>Figura 37. Efecto del PCVS4 en el tallo alto de las plantas de ejote crecidas en campo. ..</i>	57
<i>Figura 38. Desarrollo de las plantas de Chile a los 36 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l.</i>	58
<i>Figura 39. Desarrollo de las plantas de Chile a los 41 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l.</i>	59
<i>Figura 40. Desarrollo de las plantas de Chile a los 58 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l.</i>	60
<i>Figura 41. Desarrollo de las plantas de Chile a los 71 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l.</i>	61
<i>Figura 42. Desarrollo de las plantas de Chile a los 78 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l.</i>	62
<i>Figura 43. Desarrollo de las plantas de Chile a los 94 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l.</i>	63
<i>Figura 44. Desarrollo de las plantas de Chile a los 103 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l.</i>	64
<i>Figura 45. Desarrollo de las plantas de Chile a los 123 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l.</i>	65
<i>Figura 46. Efecto del PCVS4 en la altura de las plantas de chile crecidas en campo.</i>	67
<i>Figura 47. Efecto del PCVS4 en el número de hojas de las plantas de chile crecidas en campo.</i>	68
<i>Figura 48. Efecto del PCVS4 en el tallo inferior de las plantas de chile crecidas en campo.</i>	72
<i>Figura 49. Efecto del PCVS4 en el tallo medio de las plantas de chile crecidas en campo.</i>	73
<i>Figura 50. Efecto del PCVS4 en el tallo alto de las plantas de chile crecidas en campo. ..</i>	75
<i>Figura 51 Producción de ejote.</i>	76
<i>Figura 52 Efecto del PCVS4 en la producción de ejote en campo.</i>	79
<i>Figura 53 Producción de chile.</i>	80
<i>Figura 54 Efecto del PCVS4 en la producción de chile en campo.</i>	81

Índice de cuadros

<i>Cuadro 1. Hortalizas con mayor producción a nivel mundial en 2018 [12].....</i>	<i>17</i>
<i>Cuadro 2. Indicadores 2019 [13].</i>	<i>19</i>
<i>Cuadro 3. Porcentaje de germinación de ejote en el campo, según tratamiento. Prueba Kruskal-Wallis.</i>	<i>39</i>
<i>Cuadro 4. Porcentaje de germinación de calabaza en campo, según tratamiento. Prueba Kruskal-Wallis.</i>	<i>42</i>
<i>Cuadro 5. Porcentaje de germinación de chile en campo, según tratamiento. Prueba ANOVA. Fisher.</i>	<i>45</i>
<i>Cuadro 6. Altura (cm) de las plantas de ejote crecidas en campo, según tratamiento. Prueba Kruskal-Wallis</i>	<i>49</i>
<i>Cuadro 7. Número de hojas en plantas de ejote crecidas en campo, según tratamiento. Prueba Kruskal-Wallis.</i>	<i>50</i>
<i>Cuadro 8. Largo (mm) de la hoja primaria en plantas de ejote crecidas en campo, según tratamiento. Prueba Kruskal-Wallis.</i>	<i>51</i>
<i>Cuadro 9. Ancho (mm) de la hoja primaria en plantas de ejote crecidas en campo, según tratamiento. Prueba ANOVA. Fisher.</i>	<i>53</i>
<i>Cuadro 10. Tallo inferior (mm) en plantas de ejote crecidas en campo, según tratamiento. Prueba Kruskal-Wallis</i>	<i>54</i>
<i>Cuadro 11. Tallo medio (mm) en plantas de ejote crecidas en campo, según tratamiento. Prueba ANOVA. Fisher.</i>	<i>55</i>
<i>Cuadro 12. Tallo alto (mm) en plantas de ejote crecidas en campo, según tratamiento. Prueba Kruskal-Wallis</i>	<i>56</i>
<i>Cuadro 13. Altura (cm) en plantas de chile crecidas en campo, según tratamiento. Prueba Kruskal-Wallis.....</i>	<i>66</i>
<i>Cuadro 14. Numero de hojas en plantas de chile crecidas en campo, según tratamiento. Prueba Kruskal-Wallis</i>	<i>67</i>
<i>Cuadro 15. Largo (mm) de hoja primaria en plantas de chile crecidas en campo, según tratamiento. Prueba ANOVA. Fisher.</i>	<i>69</i>
<i>Cuadro 16. Ancho (mm) de hoja primaria en plantas de chile crecidas en campo, según tratamiento. Prueba ANOVA. Fisher</i>	<i>70</i>
<i>Cuadro 17. Tallo inferior (mm) en plantas de chile crecidas en campo, según tratamiento. Prueba Kruskal-Wallis</i>	<i>71</i>
<i>Cuadro 18 . Tallo medio (mm) en plantas de chile crecidas en campo, según tratamiento. Prueba Kruskal-Wallis</i>	<i>72</i>
<i>Cuadro 19. Tallo superior (mm) en plantas de chile crecidas en campo, según tratamiento. Prueba Kruskal-Wallis</i>	<i>74</i>
<i>Cuadro 20. Producción de ejote por tratamiento en masa (g).....</i>	<i>77</i>

<i>Cuadro 21 Producción en campo de ejote según tratamiento. Prueba Kruskal-Wallis</i>	<i>78</i>
<i>Cuadro 22. Producción de chile por tratamiento en masa (g).....</i>	<i>80</i>
<i>Cuadro 23 Producción de chile en campo según tratamiento. Prueba Kruskal-Wallis</i>	<i>81</i>

RESUMEN

En la actualidad la necesidad de resolver problemas en diferentes sectores han conllevado al desarrollo de nuevas tecnologías a lo largo y ancho del mundo. Un ejemplo muy importante de estas nuevas investigaciones, son las fitohormonas, las cuales son fáciles de aplicar, aunque poco específicas, ya que factores como la especie, las condiciones, el tipo de suelo entre muchos otros, tienen un papel importante al decidir la aplicación de las mismas. Dentro del mismo sector de estudio, la tecnología producto de la industria biotecnológica ha sido una de las más prometedoras. El crecimiento poblacional y la poca diversidad de cultivos y sus aplicaciones, ha llevado a los investigadores a buscar soluciones al gran problema que se enfrenta hoy en día, por la falta de alimentos de calidad. México ostenta un lugar importante dentro de la producción mundial de hortalizas, las cuales son fundamentales para la alimentación básica del mundo. En el presente trabajo se destacaron tres especies importantes; el chile (*Capsicum annuum*), el ejote (*Phaseolus vulgaris*) y la calabacita (*Cucurbita pepo*). Los brasinoesteroides son una familia de fitohormonas que han sido empleados como promotores de crecimiento vegetal, tal es el caso del compuesto PCVS4, cuyo efecto fue evaluado en las especies antes mencionadas.

El objetivo general del presente trabajo fue: realizar una prueba piloto en campo abierto, para evaluar los efectos del compuesto PCVS4 en las diferentes etapas del desarrollo del cultivo, siendo aplicado en un tratamiento pre-siembra. Los tratamientos con PCVS4 fueron de 1 mg/l y 0.1 mg/l, además de los controles de acetona, agua y una sección sin tratamiento. A todos los ensayos se les aplicó la técnica de cultivo normal, sin modificación alguna. El desarrollo experimental en campo se llevó a cabo desde el mes de septiembre del 2020 al mes de febrero del 2021, en la localidad de Santo Domingo Ingenio, Oaxaca.

Se realizaron evaluaciones cualitativas y cuantitativas, de las cuales las últimas consistieron en un análisis estadístico para determinar si había una diferencia significativa entre los tratamientos utilizados (PCVS4 1mg/l, PCVS4 0.1 mg/l, acetona, agua y sin tratamiento). Las etapas que se evaluaron dentro del desarrollo fueron: germinación, variables morfométricas como son: altura, número de hojas, medidas de hoja primaria, grosor de tallo y por último la producción del fruto.

Gracias al análisis estadístico realizado, se determinó que el compuesto PCVS4 tiene un efecto acelerante en el proceso de germinación, pero éste no mostró un cambio significativo en las demás etapas, incluso quedando por debajo de otros tratamientos como el de agua simple, esto quizás debido a que no era suficiente la aplicación pre-siembra del compuesto PCVS4, para mantenerse un efecto en las etapas posteriores a la germinación, además de que posiblemente parte de dicho compuesto era absorbido por la tierra misma.

ABSTRAC

Currently, the need to solve problems in different sectors has led to the development of new technologies throughout the world. A very important example of these new investigations are phytohormones, which are easy to apply, although not very specific, since factors such as the species, the conditions, the type of soil among many others, have an important role in deciding the application. Within the same sector of study, the technology produced by the biotechnology industry has been one of the most promising. Population growth and the low diversity of crops and their applications have led researchers to seek solutions to the great problem that is faced today, due to the lack of quality food. Mexico holds an important place in the global production of vegetables, which are essential for the world's basic food. In the present work, three important species were highlighted; chili (*Capsicum annuum*), green beans (*Phaseolus vulgaris*) and zucchini (*Cucurbita pepo*). Brassinosteroids are a family of phytohormones that have been used as plant growth promoters, such is the case of the PCVS4 compound, whose effect was evaluated in the aforementioned species.

The general objective of the present work was: to carry out a pilot test in the open field, to evaluate the effects of the PCVS4 compound in the different stages of crop development, being applied in a pre-planting treatment. PCVS4 treatments were 1 mg/l and 0.1 mg/l, in addition to controls of acetone, water and a section without treatment. The normal culture technique was applied to all the tests, without any modification. The experimental development in the field was carried out from September 2020 to February 2021, in the town of Santo Domingo Ingenio, Oaxaca.

Qualitative and quantitative evaluations were carried out, of which the last ones consisted of a statistical analysis to determine if there was a significant difference between the treatments used (PCVS4 1mg/l, PCVS4 0.1 mg/l, acetone, water and without treatment). The stages that were evaluated within the development were: germination, morphometric variables such as: height, number of leaves, primary leaf measurements, stem thickness and finally fruit production.

Thanks to the statistical analysis carried out, it was determined that the PCVS4 compound has an accelerating effect on the germination process, but it did not show a significant change in the other stages, even remaining below other treatments such as plain water, this perhaps due to because the pre-sowing application of the PCVS4 compound was not sufficient to maintain an effect in the stages after germination, in addition to the fact that part of said compound was possibly absorbed by the soil itself.

ANTECEDENTES

Desde sus inicios, la biotecnología ha tenido relaciones con diferentes áreas de la ciencia y con esto ha ayudado a buscar soluciones a una infinidad de problemas. Una de las áreas más importantes de desarrollo en conjunto es la agricultura, la cual, a lo largo de muchos años se ha enfrentado a diversas problemáticas, por lo que ha tenido que aumentar el desarrollo de nuevas tecnologías y estrategias, que permitan optimizar la producción de alimentos, esto debido a la demanda causada por el crecimiento exponencial de la población, además de que cultivos como granos y hortalizas están siendo derivados a un modelo económico en el cual se empleen en funciones distintas [1]. A la par de esto la industria agrícola y biotecnológica buscan utilizar estrategias en las que causen un menor impacto en el medio ambiente y en la salud de los consumidores, esto resultante del continuo crecimiento de la población mundial (*Figura 1*), que presenta un crecimiento constante en los últimos 70 años, con lo que se prevé que para 2050 la población será un 30 % mayor que la actual [2].

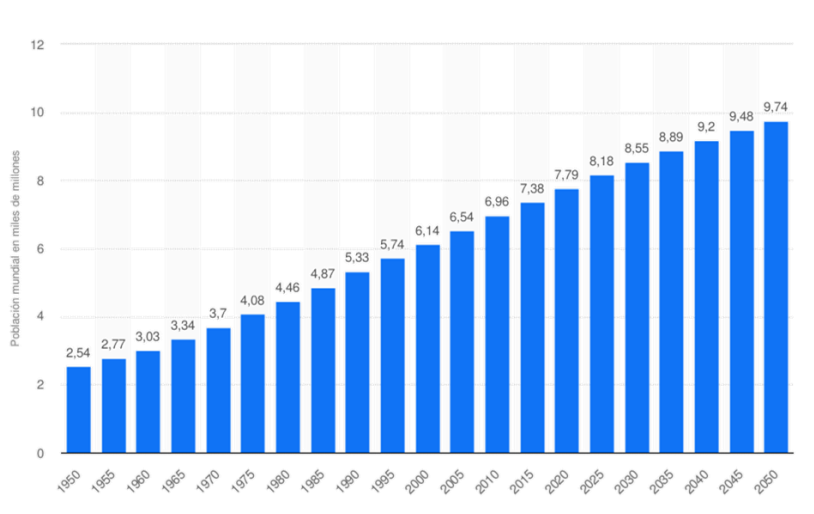


Figura 1. Evolución de la población a nivel mundial desde 1950 hasta 2050 [2].

Con el constante incremento poblacional, han surgido problemas que afectan a toda la población, los dos más importantes son la salud pública y el suministro de alimentos. Una de las alternativas para enfrentar este último problema, ha sido el incremento en el área de cultivo como se observa en la *Figura 2*, si bien es cierto que el crecimiento agrícola es

particularmente eficaz para reducir el hambre y la desnutrición provocadas por esta sobrepoblación, la importancia de la agricultura en la economía de los países varía enormemente [3]. Para 2050, se espera que la demanda mundial de alimentos aumente en un 60%. En vista del cambio climático, las limitaciones de los recursos naturales y las demandas competitivas, especialmente la producción de biocombustibles, suponen un gran desafío para los sistemas agrícolas y alimentarios de todo el mundo. Los pequeños agricultores desempeñarán un papel clave en la satisfacción de estas necesidades dentro de las comunidades y pequeñas regiones, esto en conjunto con los productores mayorista que se encargan de avastecer los grandes suburbios y cadenas grandes [4].

Para lograr satisfacer las necesidades y los requerimientos alimenticios, además de superar con éxito los problemas de hambruna y malnutrición de generaciones futuras, sistemas alimentarios y sobre todo la agricultura debe experimentar un cambio importante. Un crecimiento agrícola basto y estable depende de manera fundamental de la capacidad del ecosistema para brindar sus servicios, esto se logra manteniendo la fertilidad del suelo, combatiendo de la mejor manera plagas y enfermedades, esto con la finalidad de generar mejores sistemas de producción y con esto optimizar la cantidad de tierra utilizada para estas aplicaciones [5].

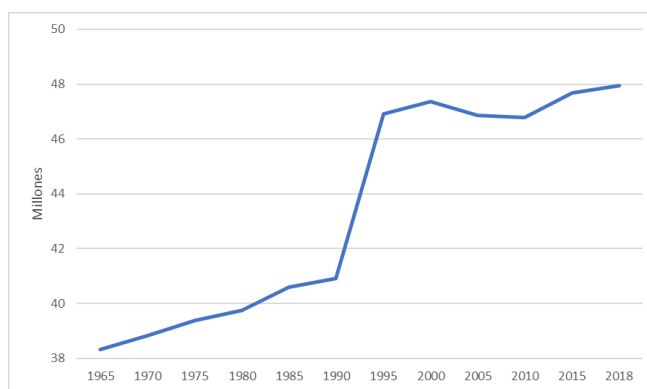


Figura 2. Crecimiento de la superficie agrícola de 1960 a 2018 [3].

La poca diversidad de cultivos (*Figura 3*), las limitantes de superficie agrícola y la deficiente calidad de los cultivos, son algunos de los problemas a los que se enfrentan la comunidad agrícola en la actualidad. En conjunto con esto se puede apreciar que gran parte de las tierras

son sectores, de baja calidad agrícola. Como respuesta a estos problemas, la biotecnología agrícola ha centrado gran parte de sus investigaciones en la producción de alimentos adecuados y saludable, cambiando con esto, procesos que se habían implementado por muchas décadas, incluyendo en una de sus propuestas, el uso de microorganismos o derivados de ellos, esto con el fin de aumentar y mejorar la calidad de las cosechas, además de hacerlas resistentes a los diversos problemas que se presentan durante su desarrollo [6]. Como consecuencia de un rápido aumento en la población y con esto un aumento en la demanda alimenticia, el sector agrícola fue obligado a replantear sus métodos de producción. Desde el punto de vista ambiental, el hecho de ampliar la superficie de suelo y con esto incrementar el consumo de agua para el cultivo de esta se vuelve algo insostenible. En la actualidad se busca disminuir la superficie de tierra y el volumen de agua utilizados, siendo aquí donde los biotecnólogos han propuesto diversas estrategias para evitar pérdidas desastrosas y asegurar el alimento para todos. Si bien esta es una gran promesa, debemos entender que la biotecnología es un complemento y no un sustituto, en la amplia gama de la investigación agrícola convencional.[7].

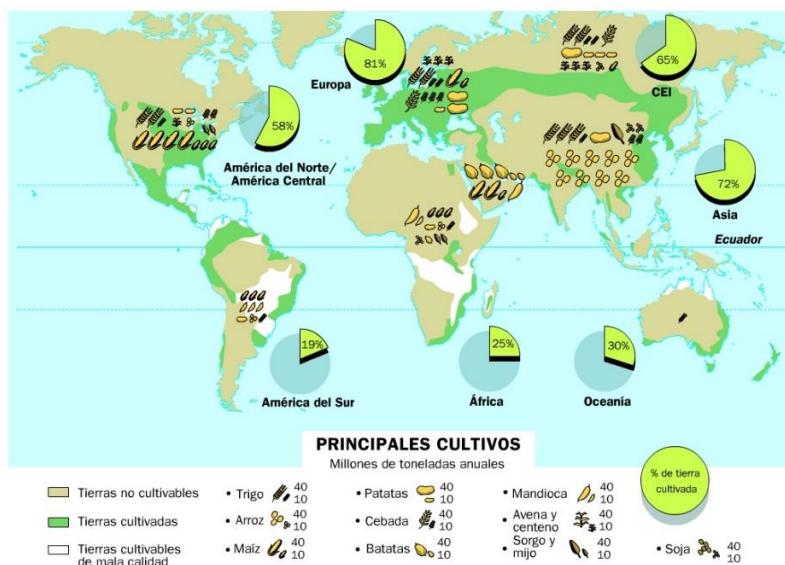


Figura 3. Tierras cultivadas y principales cultivos y alimentos en el mundo [8]

Esto ha llevado a la comunidad científica a desarrollar e implementar metodologías que mejoren la producción, es decir, que permitan incrementar el rendimiento en el área disponible de cultivo. Dentro de estos avances la comunidad científica y agrónoma ha

resaltado el uso de fitohormonas asociadas a diferentes procesos vegetales (*Figura 4*), que representan una opción redituable pues para su aplicación no se requiere maquinaria especializada [9].

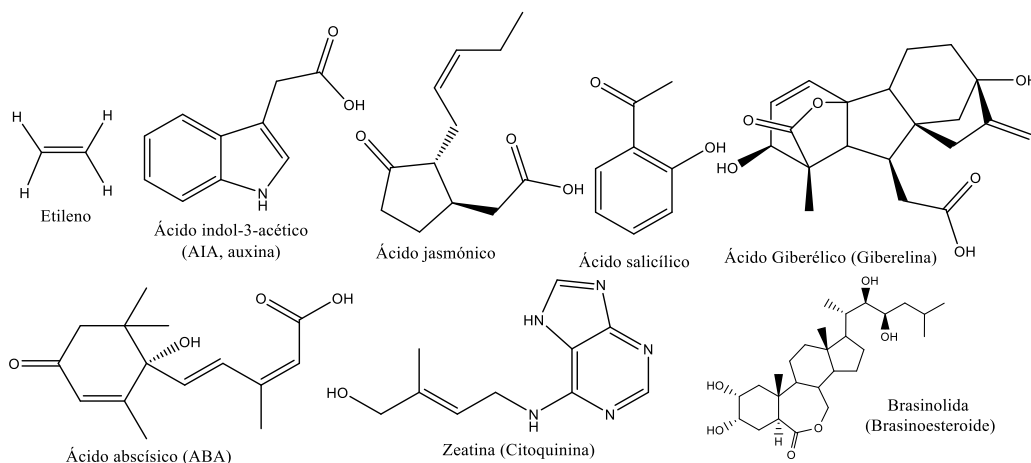


Figura 4. Principales hormonas vegetales [10].

Sin embargo, el uso de fitohormonas es un área demasiado diversa ya que depende en gran parte del tipo de especie a la que se dirija la aplicación, si bien la producción de granos es de gran importancia, otro grupo de importancia alimentaria son las hortalizas [11], las verduras y hortalizas tienen dos características importantes: la fibra y el agua (representan cerca del 80 % de su composición total), que aportan innegables ventajas nutricionales. En comparación con alimentos como cereales, frutas y algunos alimentos de origen animal, las hortalizas presentan un valor energético, ligeramente menor, debido a su bajo aporte de macronutrientes. Por otro lado, son una fuente importante de minerales y vitaminas como la provitamina A (β -caroteno), la vitamina C y el ácido fólico, lo cual las convierte en un alimento importante en la dieta básica y así ayudar a mantener el funcionamiento correcto del organismo. [12]. A nivel mundial y dependiendo de las condiciones de las regiones se producen diversos tipos de hortalizas (*Cuadro 1*) las cuales tienen un papel importante para la economía mundial.

Cuadro 1. Hortalizas con mayor producción a nivel mundial en 2018 [12]

Hortaliza	Área cosechada (ha)	Producción Mundial (ton)
Tomate	4,764,129	182,258,016.0
Cebolla	5,039,908	96,773,819.0
Pepino	1,984,518	75,219,440.0
Col	2,412,167	69,381,555.0
Berenjena	1,864,556	54,077,210.0
Zanahoria	1,131,160	40,000,934.0
Ajo	1,548,207	28,506,471.0
Calabaza	2,044,055	27,655,330.0
Lechuga	1,269,805	27,259,820.0
Total	22,058,505	601,132,595.0

Al analizar los diferentes estudios y aplicaciones, se puede denotar que la producción más sobresaliente se centra en los granos, pero es seguida por hortalizas, las cuales son de interés particular, debido a que son una fuente nutricional importante en la alimentación, además de que son alimentos altamente consumidos y representan un fuente de ingresos considerable para pequeños y grandes productores, por otra parte la mayoría de las investigaciones se encuentran dirigidas ya hacia los granos, esto gracias a los volúmenes de producción que presentan, pero la producción de hortalizas también es de gran importancia, sobre todo en países como México, que gracias a sus condiciones climáticas y al tipo de suelo, presentan una basta diversidad de especies, además de que gran parte de ellas son capaces de desarrollarse durante diferentes etapas del año.

1.1 Producción de hortalizas en México.

En México se cultivan cerca de 20.7 millones de hectáreas, siendo así uno de los 20 países con mayor producción agrícola en el mundo (*Figura 5*), gracias a esto, podemos observar una amplia variedad de cultivos, destacando el chile (*Capsicum annum*), el ejote (*Phaseolus vulgaris*) y la calabacita (*Cucurbita pepo*), siendo todos ellos muy importantes dentro de la economía, la gastronomía y la historia mexicana, ya que, al igual que otros cultivos como el cacao, el maíz, entre otros, son nativos de México y fueron domesticados, al igual que consumidos por las culturas prehispánicas, algunos incluso considerados sagrados dentro de ellos, todo importantes en nuestra alimentacio hasta la actualidad, aunque con grandes problemas de producción [13].



Figura 5. Principales cultivos agrícolas de México [14]

La producción de calabacita en México aporta el 2.8 % de la producción mundial, convirtiendo así al país en el quinto mayor productor de calabacita en el mundo con un promedio de 478,00 toneladas por año en la última década (Figura 6) siendo Sonora el estado de mayor producción [13].

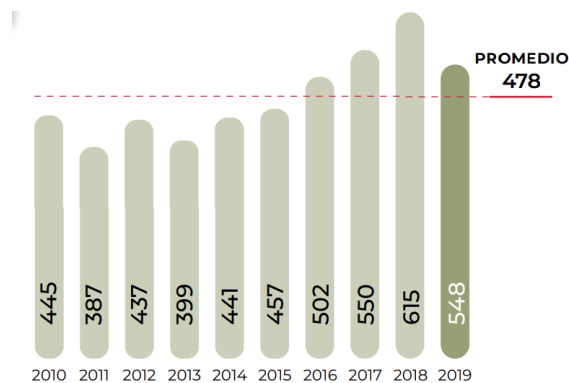


Figura 6. Volumen de la producción nacional de calabacita 2010-2019 [13].

Para la cultura mexicana una de las especies de mayor importancia es el chile, México figura como el segundo mayor productor de pimientos, aportando el 9.2% del volumen mundial, con un promedio de 2785 millones de toneladas anuales (Figura 7). El chile es una hortaliza

tan común dentro de la dieta mexicana que también ocupa el segundo lugar en producción a nivel nacional, aunque en 2019 el volumen de producción sufrió una caída por un efecto combinado entre el descenso de la superficie sembrada y el incremento de la superficie siniestrada (*Cuadro 2*) [13].

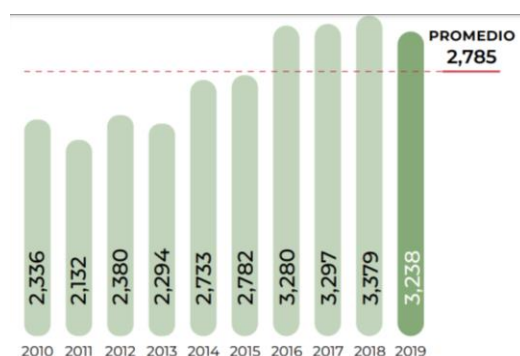


Figura 7. Volumen de la producción nacional de Chile 2010-2019 [13].

Cuadro 2. Indicadores 2019 [13].

Variaciones (%)	Superficie			Volumen	Valor	Rendimiento	Precio Medio Rural
	Sembrada	Siniestrada	Cosechada	Miles de toneladas	Millones de pesos	Toneladas / hectárea	Pesos / tonelada
	Miles de hectáreas						
	153	3	150	3,238	32,762	21.6	10,117.1
Annual 2018-2019	-3.3	182.2	-4.6	-4.2	9.0	0.5	13.7
TMAC 2010-2019	0.3	-4.4	0.4	3.7	10.6	3.3	6.7

● Aumenta ● Disminuye

El ejote es una vaina inmadura de la planta de frijol, de la cual, México es reconocido como centro primario de domesticación y diversidad [15]. Esta leguminosa representa cerca del 36 % del consumo proteico diario de la población mexicana y es cultivada en 18 estados de la República con una producción anual (2017) por encima de las 98.000 toneladas, siendo así también la leguminosa más consumida por el ser humano. En el 2019 la producción sufrió una severa disminución cercana al 26%, esto durante el ciclo primavera-verano (etapas de siembra y desarrollo), esto debido a las sequías que afectaron al país en dicho año, siendo este el de mayor pérdida en comparación con el año anterior.[13].

México destaca como uno de los líderes al hablar de la venta internacional de cultivos como los mencionados anteriormente, sin embargo, la exportación continúa intentando crecer, y se ha visto impedida debido a los diferentes problemas a los que se enfrenta el agricultor (sobreexplotación de tierras, falta de nutrientes, bajos presupuestos, plagas y enfermedades) impidiendo así una mayor exploración del potencial productor de estos cultivos [13].

1.2 Especies dicotiledóneas

Si bien la selección de especies para incrementar el rendimiento es solo el primer paso para solucionar el gran reto que representa la necesidad de alimentos, es necesario conocer la biología de cada especie, destacando el ciclo de vida, la reproducción y las características específicas que permitan proponer los tipos de mejoras agrícolas adecuadas para cada uno de los cultivos con los que se trabaje.

1.2.1 Calabacita (*Cucurbita pepo* L)

Originaria de Centroamérica, *Cucurbita pepo* L es el nombre científico que recibe una de las plantas pertenecientes a la especie *Cucurbitaceae*. Es una planta rastrera con características subarborescentes, de ciclo anual. Presentan hojas anchas ovoides que parecen cuerdas de 20 x 35 cm con ligeras machas blancas y divididas profundamente. Desarrolla una flor pentámera, axilar con pedicelo de entre 7 y 20 cm de largo. Los frutos (*Figura 8*) pueden variar en cuanto a tamaño y forma, pero generalmente son cilíndricos frágiles con una piel lisa y blanda, algunos pueden presentar manchas o tonalidades que van desde lo amarillo a lo verde oscuro, esto dependiendo de la variedad. La pulpa es cremosa, suave y con un sabor ligeramente dulce (siempre que se coseche en la etapa correcta) con muchas semillas ovoides ligeramente aplanadas que miden entre 3-20 x 4-12 mm [16].



Figura 8. *Cucurbita pepo* L [17].

La calabacita también conocida como calabacín, pertenece a las plantas cucurbitáceas originarias del sur de Norteamérica, donde se ha cultivado por miles de años, siendo una de las especies domesticadas más antiguas de las que se tiene registro, los cuales datan de cerca de los años 8000 al 5000 a.c. en la región sur de México en el estado de Oaxaca [18].

Se cultiva dentro del sistema de agricultura más utilizado, de temporal, sobre todo en los cultivos intensivos asociados a un sistema de riego y/o a terrenos con una humedad alta por un periodo de 6 a 7 meses. La siembra se realiza comúnmente de manera directa en el suelo en una relación de 2-3 semillas por orificio a una profundidad no mayor a los 5 cm. La germinación ocurre en un plazo de 7 días posteriores a la siembra y la plántula emerge dentro de los siguientes 10 días posteriores a la germinación, para así comenzar el desarrollo vegetativo de la planta. La floración suele iniciar entre el día 30 y 40 posterior a la germinación y finalmente el fruto comienza a aparecer unos días después (*Figura 9*) [16].



Figura 9. Etapas de desarrollo de la calabacita [19].

1.2.2 Ejote (*Phaseolus vulgaris*)

Phaseolus vulgaris es una especie de tipo herbácea, característica por tener tallos delgados y débiles, sus hojas son trifoliadas llegando a alcanzar hasta 70 cm de altura. Su semilla es exalbuminosa, concentrando sus reservas nutricionales en los cotiledones, dicha semilla puede presentar formas cilíndricas o de riñón. En su interior contiene la plúmula, dos hojas primarias, el hipocótilo, la radícula y los dos cotiledones (*Figura 10*). Nativa de la región central de América y propagada a través del hombre, hasta alcanzar su reproducción en casi todo el mundo, de desarrolla principalmente en bosques semi-caducos o degradados, matorrales secundarios, calizas y suelo húmedo. La mejor época para florecer y fructificar es de junio a diciembre [20]. En el punto de madurez final el ejote se convierte en frijol.

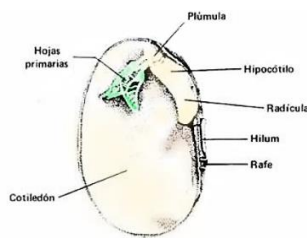


Figura 10. Composición interna de la semilla de frijol [21].

Existen dos etapas sucesivas para el desarrollo de la planta de frijol, la vegetativa, iniciando bajo condiciones favorables para la germinación y finalizando al aparecer los primeros botones florales, por otro lado, la etapa reproductiva inicia al aparecer los primeros racimos florales y finaliza cuando el grano este maduro (*Figura 11*).

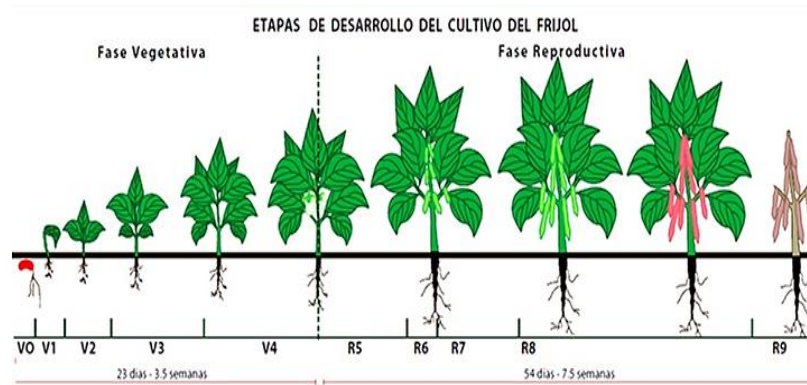


Figura 11. Estadios vegetativos y reproductivos del frijol [22].

1.2.3 Chile (*Capsicum annuum*)

Capsicum annuum conocido comúnmente como pimiento o chile, es una planta de cultivo anual con características semi-arbustiva perenne, llegando a alcanzar alturas de entre 30 y 150 cm. Sus flores son blancas lechosas hermafroditas de cinco pétalos y un estigma. Destaca el hecho de tener una raíz primaria y abundantes raíces secundarias, dentro de las cuales las más grandes se encuentran en los primeros 40 cm, aunque pueden llegar a alcanzar hasta los 70 a 80 cm. Tienen un tallo cilíndrico leñoso en la parte inferior y se desarrolla de manera vertical produciendo de 2 a 3 ramificaciones débiles. El fruto está compuesto por el pericarpio y semillas, dependiendo de la variedad, llega a tener de 2 a 4 lóbulos bien diferenciados de forma y tamaño variado. Las mejores épocas para su floración son de mayo a agosto, cosechando frutos desde julio a noviembre, con una característica importante que es la autopolinización (*Figura 12*) [23].

La producción de chile se realiza en dos sistemas que pueden ser modificados y adaptados según las regiones y condiciones de cultivo. El sistema a campo abierto, el cual es el sistema más aplicado alrededor del mundo y con costos considerablemente más bajos, aunque con riesgos más altos, dicho cultivo se establece en el suelo y es conducido en espalderas sin controles de los factores climáticos. Por otro lado, el sistema de producción bajo cubierta es un sistema en el cual el cultivo se desarrolla bajo cualquier tipo de cubierta, como son los invernaderos, los cuales pueden ir desde un bajo nivel de sofisticación, hasta instalaciones controladas y computarizadas completamente. Dicho sistema se centra en la producción de

chiles de alto valor nutricional y económico, ya que debido a todos los costos que requieren instalaciones de este tipo, se tiene que aumentar los precios al público [24].

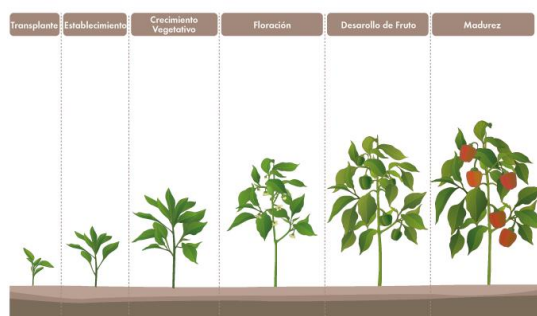


Figura 12. Etapas de desarrollo del chile [25]

Al observar las particularidades de estas especies, es interesante observar que son cultivos que pueden acompañarse paralelamente, Lo que significa que, las opciones de mejora necesitan ser aplicables sin generar un cruce negativo de acuerdo a los estadios de cultivo particular, siendo una opción viable los tratamientos pre-germinatorios, es donde el uso de promotores de crecimiento vegetal que puedan ser utilizados aplicando soluciones para una inmersión de las semillas son idóneos, teniendo a mano las auxinas, giberelinas, citocininas, etileno, ácido abscísico, poliaminas, jasmonatos, ácido salicílico y brasinoesteroides, donde cada una de estas desarrolla una función específica en los diferentes estadios de desarrollo, siendo estos últimos de particular interés ya que se ha reportado que se utilizan en bajas concentraciones y desde procesos pre-germinatorios [26].

1.3 Brasinoesteroides y promotores de crecimiento vegetal esteroidales.

El descubrimiento de las fitohormonas promotoras de crecimiento vegetal fue un gran paso para la biología vegetal y el desarrollo de técnicas de crecimiento de plantas *in vitro*, representando un mayor esfuerzo para la caracterización de sustancias en plantas, uno de estos estudios en 1970 llevó a la extracción de polen de colza de la planta *Brassica napus L.* (Figura 13) causante de elongación en el tallo de frijol (alargamiento) [27]. Dichas sustancias promotoras de crecimiento fueron llamadas “brassinás”, siendo consideradas como hormonas

vegetales, requirió dos años para lograr sintetizarlas químicamente, al aumentar la cantidad de “brassin” obtenibles a partir de 1980, muchos investigadores buscaron sus efectos fisiológicos en una gran variedad de sistemas biológicos con la principal limitante de la obtención de materias primas [28].

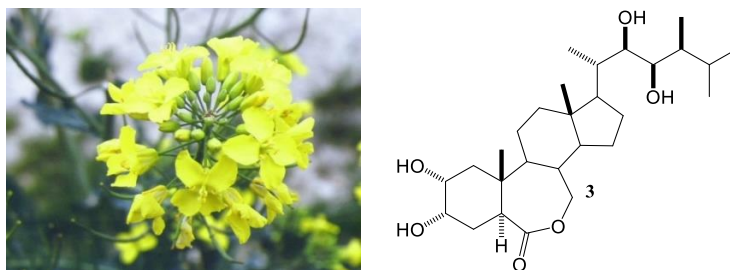


Figura 13. Flores de la planta *Brassica napus* L y brasinólida.

La importancia de los brasinoesteroides radica en las múltiples respuestas que pueden inducir en las plantas (elongación de tallos, diferenciación del xilema, epinastia de las hojas, inhibición de raíces, etc.). Estudios han encontrado una relación entre la presencia de este tipo de compuestos y una susceptibilidad a ciertas enfermedades. En la *Figura 14a* se muestra el efecto del derivado esteroideal 24-epibrasinólida (*Figura 14b*), cuya estructura química es muy parecida a la de la brasinólida, en plantas de jitomate [29].

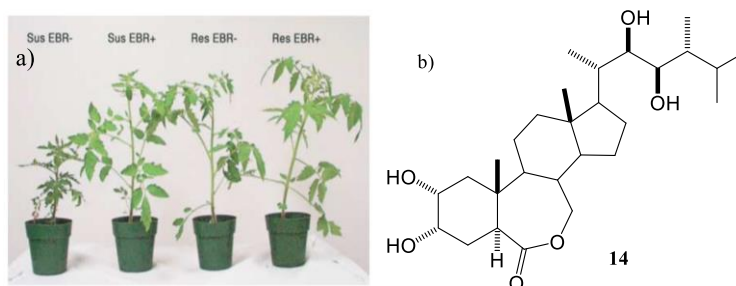


Figura 14. a) *Lycopersicon esculentum* cv donde; Res (Resistente), Sus (Susceptible); b) EBR (24-Epibrasinólida).

Con el descubrimiento de los brasinoesteroides, países como Japón USA, Alemania, China y la extinta Unión Soviética publicaron más de 1000 artículos dedicados a investigar diversos aspectos de los mismos, principalmente sus propiedades fisiológicas, destacando su efecto

como regulador de crecimiento vegetal; en conjunto con la necesidad de compuesto naturales no tóxicos que aumenten el rendimiento (acelerando el crecimiento o aumentando la resistencia a estrés abiótico), se ha promovido la investigación y el desarrollo de rutas sintéticas de derivados de brasinoesteroides [30]. Los brasinoesteroides son los encargados de balancear la concentración de otras fitohormonas, al exponer una planta mutada para ser hipersensible a ácido abscísico y auxinas, la tratada con 24-epibrasinólida llegó casi al mismo tamaño que una planta no mutada (*Figura 15*) [31].



Figura 15. Izquierda) Planta mutada sin exposición a brasinoesteroides; derecha) planta mutada expuesta a 24-epibrasinólida.

Dentro de las ventajas del uso de brasinoesteroides o sus derivados/análogos se destacan: la eliminación del riesgo de iniciar una coevolución de plagas (confiriendo resistencia gracias a la activación de expresión de genes propios de la planta) [32], estimulan el crecimiento de la raíz sin causar deformaciones en la misma, siendo importante en condiciones de estrés (bajas temperaturas, alta salinidad, etc.) al evitar la pérdida de cosechas, [33]. Pese a esto una de las principales limitantes de trabajar con brasinoesteroides es el bajo rendimiento de obtención, originalmente se obtenían 4 mg a partir de 40kg de polen recolectado [34]. Por esta razón se han buscado métodos alternativos para una obtención directa por extracción de polen o a través de síntesis química de los brasinoesteroides o sus análogos, mostrando estos últimos una viabilidad aceptable además de efectos positivos en plantas, tal es el caso de la (22S, 23S)-homobrasinólida, la cual puede ser sintetizada a partir del estigmasterol [35] (*Figura 16*), siendo este mayormente abundante en la naturaleza. Este promotor de crecimiento vegetal esteroideo (PCVS) produce dentro de sus efectos: el retraso del nacimiento de una especie de cucaracha (*Periplaneta americana*) y la inducción del proceso de enraizamiento en el cultivo de explantes aumentando su viabilidad [36].

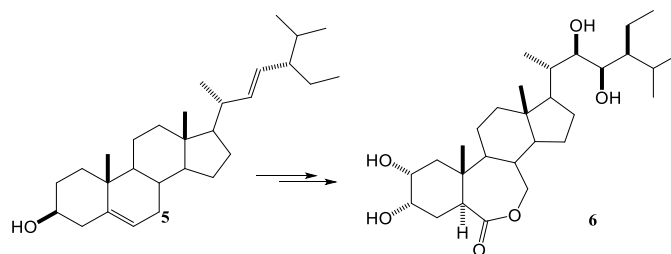


Figura 16. Esquema de síntesis de (22S, 23S)-homobrasinólida a partir de estigmasterol.

A pesar de la mejora continua en los rendimientos, la producción sigue siendo insuficiente; esto llevó a Sandoval y colaboradores, a diseñar nuevos compuestos promotores de crecimiento vegetal, de tipo 22-oxocolestánicos, permitiendo determinar que la presencia de un doble enlace en el C-5 no disminuye su actividad, de igual forma, analizando los compuesto más viables, observaron que aun si los carbonos 2 α ,3 α -dihidroxi no se encontraban presentes, los nuevos derivados presentaban actividad como promotores de crecimiento vegetal, infiriendo la importancia de la cadena lateral (Figura 17) y de la presencia de grupos polares en este tipo de compuestos para realizar su función como promotores de crecimiento vegetal [37].

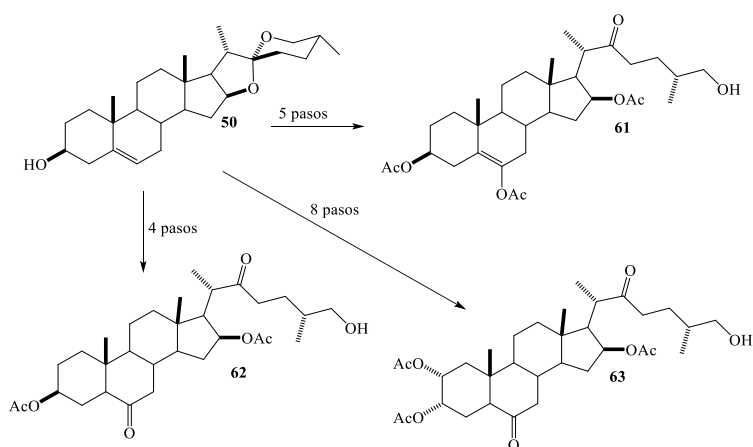


Figura 17. Esquema de obtención de derivados 26-hidroxicolestánicos a partir de diosgenina [38].

Con estos resultados, la investigación y síntesis de este tipo de compuestos se encuentra enfocada actualmente en la inserción de grupos polares en diferentes posiciones buscando un

incremento en su actividad; algunos resultados han mostrado que inserciones en la posición 23 de la brasinólida, homobrasinólida y epibrasinólida generan un ligero aumento en su actividad como promotor de crecimiento vegetal además de proveer propiedades anticancerígenas [38]. Cabe destacar que el efecto de dichos compuestos ha sido evaluado en diferentes especies bajo condiciones de laboratorio, con resultados en diferentes especies, pero no se habían realizado ensayos de campo, abriendo así un nuevo potencial a fin de evaluar si los efectos de los brasinoesteroides sintéticos se conservan o se contraponen a las condiciones medio ambientales, siendo éste el objetivo particular del presente trabajo, delimitado a evaluar 2 dosis del PCVS más los controles en un cultivo piloto al aire libre en la localidad de Santo Domingo Ingenio, Oax., con un diseño factorial y rigor estadístico a fin de explorar la viabilidad del derivado denominado PCVS4 (*Figura 18*) como compuesto para uso agrícola.

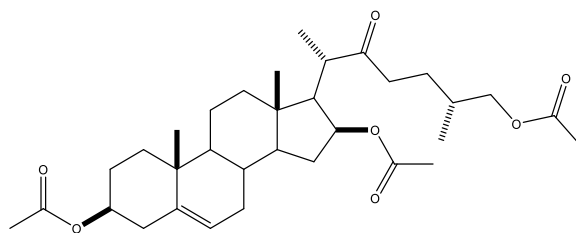


Figura 18. Compuesto 22-oxocolestánico PCVS4.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar en campo el efecto de un tratamiento pre-siembra con PCVS4 en cultivos de ejote, chile y calabaza cultivados en condiciones campo.

Objetivos particulares

- Analizar los porcentajes de germinación de cultivos de ejote, chile y calabaza en respuesta al tratamiento con PCVS4.
- Analizar el desarrollo de las variables morfológicas de cultivos de ejote y chile en respuesta al tratamiento con PCVS4.
- Analizar la producción en masa de cultivos de ejote y chile en respuesta al tratamiento con PCVS4.

METODOLOGÍA

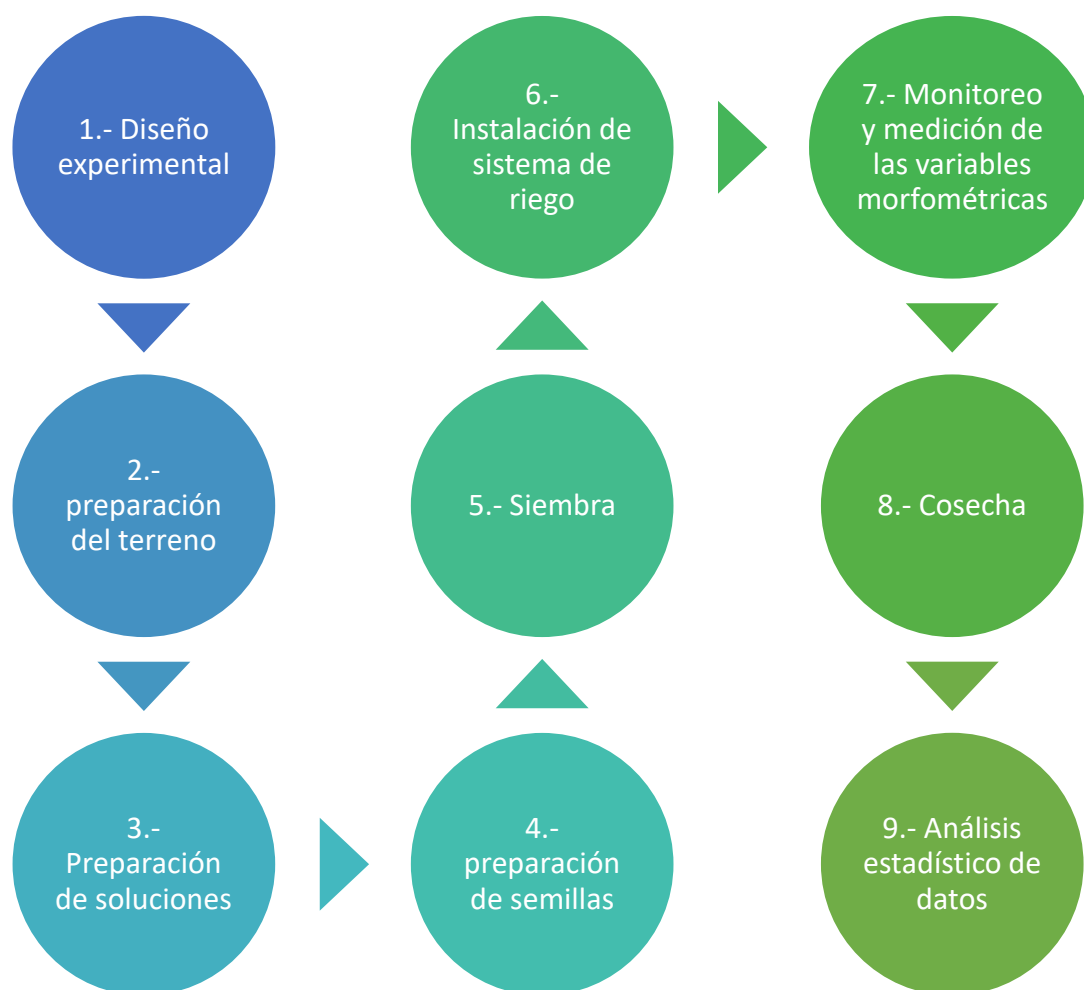


Figura 19. Diagrama de metodología del trabajo de campo.

Etapas

- Pre-siembra.

Se planificó y se diseñó el modelo a utilizar para la producción de las hortalizas seleccionadas (ejote, calabaza y chile), se realizó un croquis (*Figura 20*) para la dispersión y posición de sembrado. El terreno se preparó con un sistema de barbecho, rastreado y surcado con una separación de 75 cm entre cada surco.

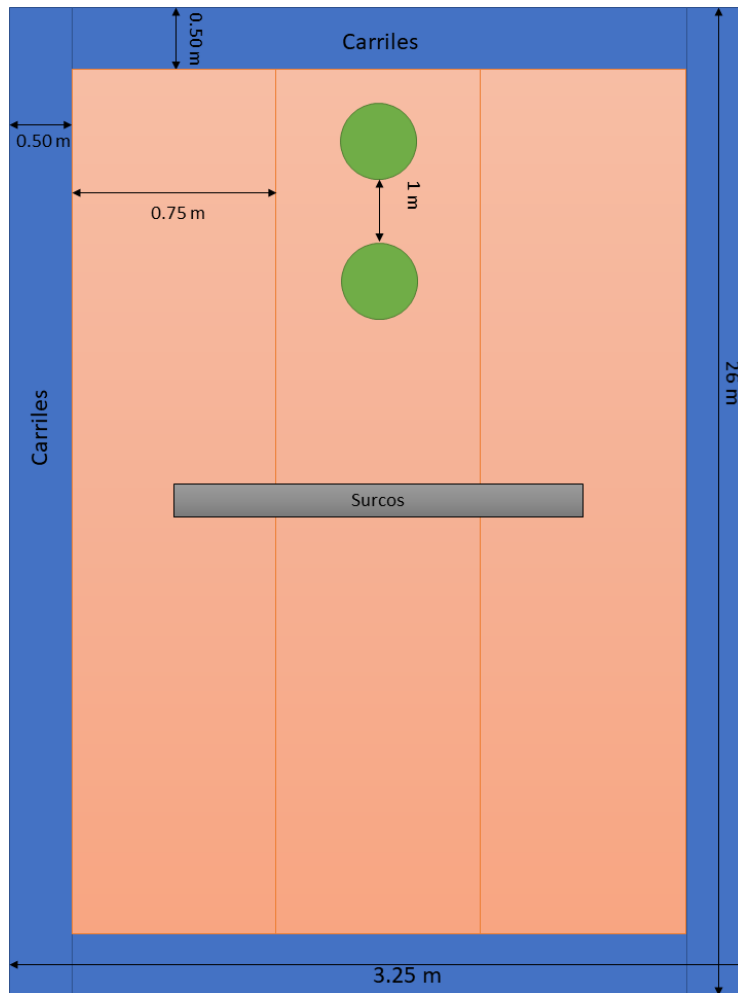


Figura 20. Croquis de distribución del huerto.

Se utilizaron 2 tratamientos con PCVS4 y 3 controles diferentes para la preparación de las semillas, los cuales se prepararon de la siguiente forma.

1. PCVS4 1.0 mg/L: De una solución de PCVS4 con concentración de 1 mg/ml se tomó 1 ml y se llevó a un volumen de 1 L.
2. PCVS4 0.1 mg/L: De la solución de PCVS4 con concentración de 1 mg/ml se tomó 0.1 ml y se llevó a un volumen de 1 L.
3. Control-Acetona: Se preparo una solución con 1 ml de acetona en 1 L de agua.
4. Control-Agua: Se utilizo agua común de la llave.
5. Control-Neutro: Semillas sin tratamiento alguno.

En cada uno de los tratamientos se sumergieron 60 semillas de calabaza, 90 semillas de ejote y 400 semillas de chile respectivamente, cada tipo de semillas por separado.

- Siembra

La siembra se realizó por método directo para el caso de la calabaza y el ejote, en unas secciones de 5 hoyos cada una, correspondiendo a una sección por tratamiento, en cada uno se depositaron 2 semillas para calabaza y 3 para ejote, siendo un total de 50 semillas de calabaza y 75 semillas de ejote. El chile se sembró por el método de almácigos; en cada almácigo se depositaron 25 semillas y se realizaron 3 repeticiones por cada tratamiento para un total de 75 semillas.

La siembra se realizó a una profundidad de entre 3 y 5 cm con una separación de 1 m entre cada planta para calabaza y ejote, para chile se realizó en bandejas esparciendo las semillas a una profundidad de entre 1 y 2 cm de profundidad.

- Post-siembra

A cada uno de los puntos de siembra de calabaza y ejote se le instaló un sistema de riego por goteo, el cual se le aplicó de manera constante durante 1 hora cada tercer día. En los almácigos de chile se realizó un riego diario por aspersión con ayuda de un atomizador durante los 25 días que se mantuvieron en los semilleros. Se realizó el trasplante de las plantas de chile, insertando 2 plantas por punto de siembra a la misma separación que los otros cultivos, a dichas plantas de igual manera se les instaló un sistema de riego por goteo bajo las mismas condiciones que los otros cultivos.

Para monitorear el desarrollo y crecimiento de las plantas se seleccionaron 3 plantas por sección y se midieron las siguientes variables:

1. Altura de la planta: Esto consistió en medir la altura desde el suelo hasta la parte más alta de la planta con ayuda de una cinta métrica.
2. Número de hojas: Se contabilizó en número total de hojas de cada planta.
3. Ancho de hoja primaria: Se identificó la hoja primaria (primera hoja en aparecer) y con ayuda de un vernier se midió el ancho más grande de dicha hoja.
4. Largo de hoja primaria: Se identificó la hoja primaria (primera hoja en aparecer) y con ayuda de un vernier se midió el largo más grande de dicha hoja.

5. Grosor de tallo inferior, medio y superior: Se dividió el tallo de cada planta en 3 secciones y se midió cada una de ellas con ayuda del vernier.

Estas mediciones se realizaron durante el crecimiento de las plantas y hasta el momento previo a la cosecha. En el caso del cultivo de calabaza, las mediciones se suspendieron al momento la inundación que llevó a la pérdida del cultivo.

- Cosecha

Una vez alcanzada la madurez de los frutos se procedió a la recolección de los mismos, registrando los valores del peso fresco obtenido por cada planta y por cada día de recolección.

- Condiciones climáticas

Durante el desarrollo de los ensayos en campo las temperaturas oscilaron entre los 15 °C y 35 °C. Durante el mes de septiembre, se registro la mayor precipitación pluvial manteniéndose promedios de 294 mm de lluvia. Durante los meses de octubre y noviembre la precipitación pluvial disminuyo a 110 mm y finalmente para los meses de diciembre a febrero, el promedio fue de 58 mm de lluvia.

- Análisis estadístico

Para establecer la prueba con la que se iban a evaluar los resultados, se comenzó realizando una prueba de normalidad. En los resultados (ANEXOS) de dicha prueba se indica si se debe rechazar la hipótesis nula de que los datos provienen de población distribuida normalmente, en donde si los resultados de “p” eran mayores a 0.05 se consideraba una distribución normal, por lo que se utilizaba anova de un solo factor como prueba estadística, y si alguno de los resultados de “p” no presentaban valores mayores a 0.05, se consideraba como distribución anormal y se utilizaba la prueba de Kruskal-Wallis para analizar los datos.

El análisis ANOVA nos ayuda generando un análisis de varianza de un factor para una variable cuantitativa dependiente respecto a una única variable independiente. Se emplea con el objetivo de investigar si las variaciones del factor tiene un efecto medible sobre una

variable dependiente. Para este caso, cuando el valor de “p” es menor a 0.05, se considera que no existe diferencia significativa.

La prueba de Kruskal-Wallis es un método no paramétrico que nos ayuda a verificar si un grupo de datos proviene o no de una misma población, e igualmente en los casos en los que “p” es menor a 0.05, se considera que no existe diferencia significativa.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La evaluación del efecto de promotores de crecimiento vegetal en cultivos implica un estudio multinivel, iniciando en un sistema completamente controlado en condiciones *in vitro*, continuando con el estudio en invernadero y finalmente en campo, con la desventaja de que en este último, no se puede controlar las condiciones ambientales de crecimiento, por eso es necesario dar un seguimiento continuo y también en función de la especie estudio. Particularmente las especies de hortalizas permiten estudios en plazos cortos de cosecha. La calabaza es uno de los cultivos que relativamente requiere menos tiempo para su producción después de la germinación, y no requiere otros cuidados además de mantener los requerimientos hídricos, nutrientes básicos y el control preventivo de plagas. Las plantas de ejote presentan características morfológicas favorables para diferentes condiciones a las cuales muchas otras especies serían fácilmente susceptibles; los ejotes que al ser un fruto que se cosecha en una etapa inmadura, propicia una recolección paulatina, promoviendo así un sustento más extendido para los agricultores, permitiéndoles realizar un comercio más estable y menos saturado, para así tener mejores ganancias. Finalmente, el chile es un cultivo que requiere mucho más tiempo para ser cosechado en comparación a los dos anteriores, pero también permite una recolección paulatina. Aunque comúnmente se realizan cultivos anuales de chile, esta planta es una especie que podría mantenerse viva y productiva por más de un año.

Es por esto que es muy importante analizar y planificar los periodos y épocas de siembra, y así tomar en cuenta las complicaciones que pudiesen llegar a presentarse durante el desarrollo y análisis de las diferentes variables a analizar.



Figura 21. Etapas de análisis del proyecto en campo.

Las etapas del cultivo se dividen en 3 fases de estudio, como se muestra en la *Figura 21*. Cada una de las etapas contó en primera instancia con un análisis cualitativo, en el cual podremos observar las condiciones en las cuales se encuentra la planta, para posteriormente realizar un análisis estadístico y poder concluir con el efecto que presentó cada uno de los tratamientos sobre los diferentes cultivos.

La etapa de germinación consistió en la recolección de datos de cada uno de los tratamientos con respecto a la cantidad de brotes emergentes en los diferentes días, hasta ya no observar un cambio en la cantidad de estos. De igual manera en la inspección de la calidad de dichos brotes, esto de manera cualitativa. Para el análisis cualitativo se compararon el día que apareció el primer brote con el último que mostró un cambio en la cantidad de brotes. Posteriormente con dichos datos recolectados se realizó el análisis estadístico correspondiente. Las variables morfométricas para considerar (altura, número de hojas, largo y ancho de hoja primaria, tallo inferior, tallo medio y tallo superior), se monitorearon con ayuda de un vernier y una cinta métrica, tomando las lecturas en un horario de 4:00 a 6:00 p.m., además de monitorear la calidad visual del desarrollo de la planta.

Para la etapa de producción se inspeccionó el desarrollo y madurez de la vaina diariamente desde que se presentó el nacimiento del fruto, para poder recolectarlas en el punto más óptimo y así poder obtener datos más precisos en cuanto a masa, evitando la pérdida de humedad por el proceso de secado y maduración que comúnmente se lleva a cabo para la obtención del frijol. El peso de las vainas se obtuvo de cada planta por día en el que se cultivaba, todo esto con ayuda de una báscula mecánica.

3.1 Germinación.

3.1.1 Ejote (*Phaseolus vulgaris*)

➤ Análisis Cualitativo

Los primeros brotes de ejote se observaron al tercer día después de la siembra (*Figura 22*), 2 brotes con el tratamiento de 1 mg/l de PCVS4 (*Figura 22A*), 1 con el tratamiento de 0.1 mg/l de PCVS4 (*Figura 22B*), 2 con el tratamiento de acetona (*Figura 22C*) y 3 con el tratamiento de agua (*Figura 22D*), destacando que las que no fueron tratadas aun no lograban emerger, demostrando así, que el hecho de aplicarles un tratamiento húmedo a las semillas acelera el proceso de germinación. Al observar cada una de las plantas, se puede apreciar que las que las mas vigorosas y con un aspecto favorable, son aquellas que recibieron el tratamiento de 1 mg/l de PCVS4 (*Figura 22A*) y el tratamiento de agua (*Figura 22D*). En el caso de las que recibieron el tratamiento de 0.1 mg/l de PCVS4 (*Figura 22B*) y el tratamiento de acetona (*Figura 22C*) presentaban un ligero retaso en el desarrollo de los cotiledones.

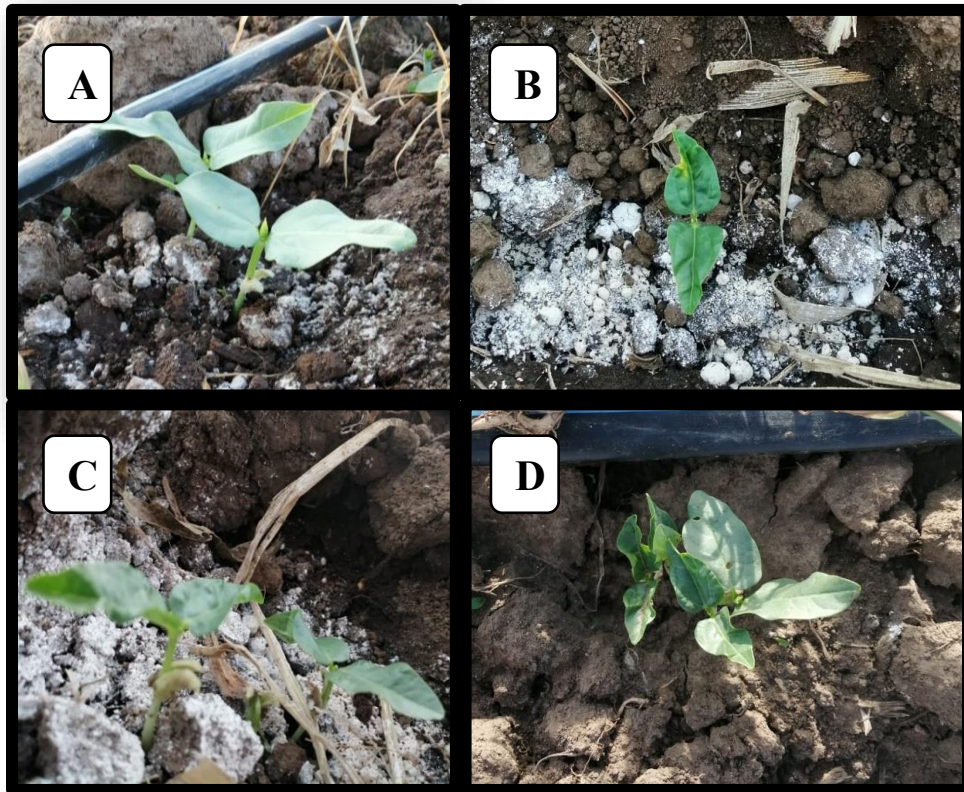


Figura 22. Germinación de ejote a los 3 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l, C) Acetona, D) Agua.

Al quinto día, cada uno de los tratamientos presentaban por lo menos un brote (*Figura 23*), destacando que la sección del tratamiento de 1 mg/l de PCVS4 (*Figura 23A*) y el tratamiento de agua (*Figura 23D*), eran las más desarrolladas visualmente, ya que en los demás tratamientos, las plantas germinadas presentaban hojas menos atractivas y con un color menos intenso, incluso en este día, las mejoras no fueron notables visualmente. En las muestras donde no se aplicó tratamiento (*Figura 23E*), solamente germinó una semilla por sitio de siembra, reiterando la eficiencia de tratamientos pregerminativos para la semilla (imbibición en solución).

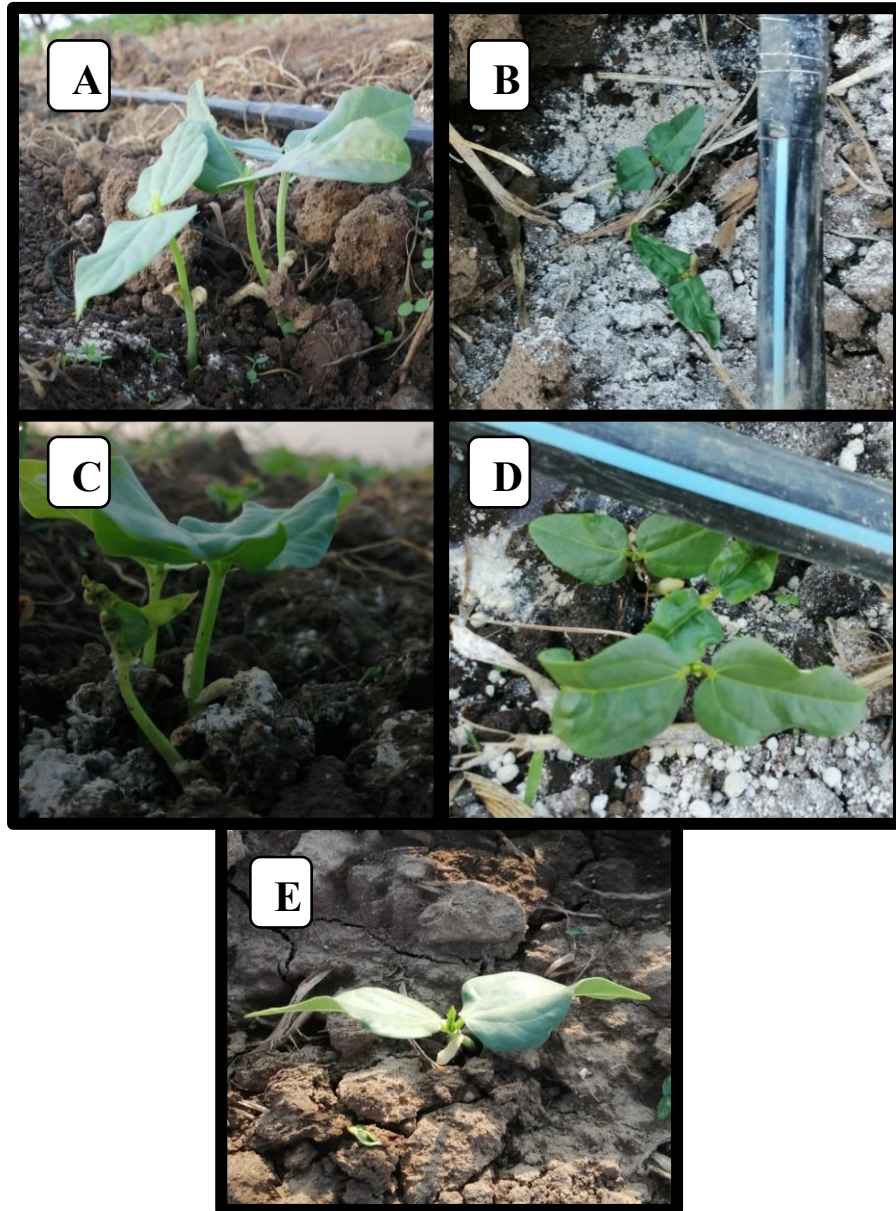


Figura 23. Germinación de ejote a los 5 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l, C) Acetona, D) Agua, E) Sin tratamiento.

➤ Análisis estadístico

Gracias al análisis estadístico podemos observar que, sí existe una diferencia significativa entre aplicar un tratamiento húmedo a la semilla antes de la siembra, además hasta el quinto día sigue existiendo dicha diferencia entre los tratamientos con el compuesto y agua, en comparación con la acetona y sin tratamiento; al sexto día ya no se observa esta diferencia.

La concentración 1 mg/l de PCVS4 sí mejora estadísticamente la velocidad de germinación en comparación a los demás tratamientos (*Cuadro 3, Figura 24*).

Cuadro 3. Porcentaje de germinación de ejote en el campo, según tratamiento. Prueba Kruskal-Wallis.

Medianas

Día/Tratamiento	1 mg/l PCVS4	0.1 mg/l PCVS4	Acetona	Agua	Sin tratamiento	p
3	66.6	0	33.3	33.3	0	0.015
4	66.6	66.6	33.3	66.6	0	0.035
5	66.6	66.6	33.3	66.6	33.3	0.443
6	66.6	66.6	66.6	66.6	66.6	0.781

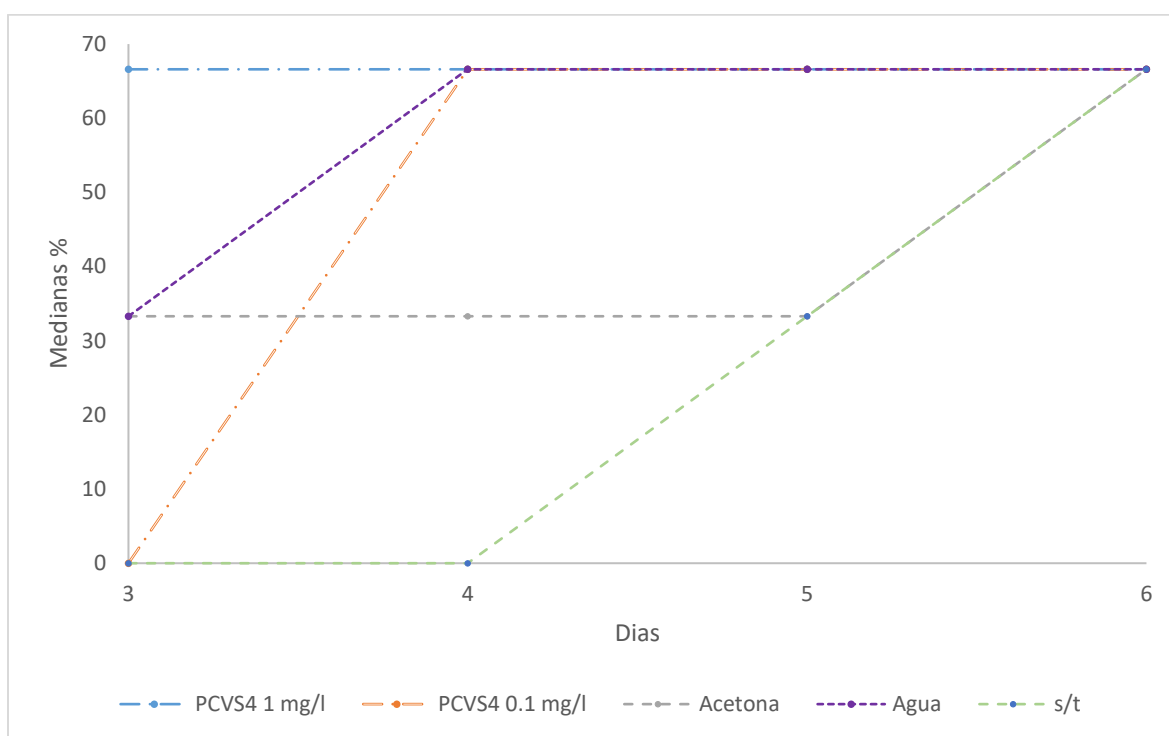


Figura 24. Efecto del tratamiento con PCVS4 en la germinación de ejote en el campo.

3.1.2 Calabacita (*Cucurbita pepo*)

➤ Análisis Cualitativo

Los primeros brotes de calabacita se observaron a los 5 días después de su siembra (*Figura 25*), siendo las semillas tratadas con 1 mg/l de PCVS4 (*Figura 25A*), 0.1 mg/l de PCVS4 (*Figura 25B*) y agua (*Figura 25D*), las que germinaron antes, aunque el porcentaje de germinación fue mayor en las semillas tratadas con 1 mg/l de PCVS4 (*Figura 25A*). Las semillas tratadas con acetona (*Figura 25C*) y las que no recibieron tratamiento, aun no lograban emerger en este día, nuevamente las semillas que no recibieron tratamiento aun no germinaban.

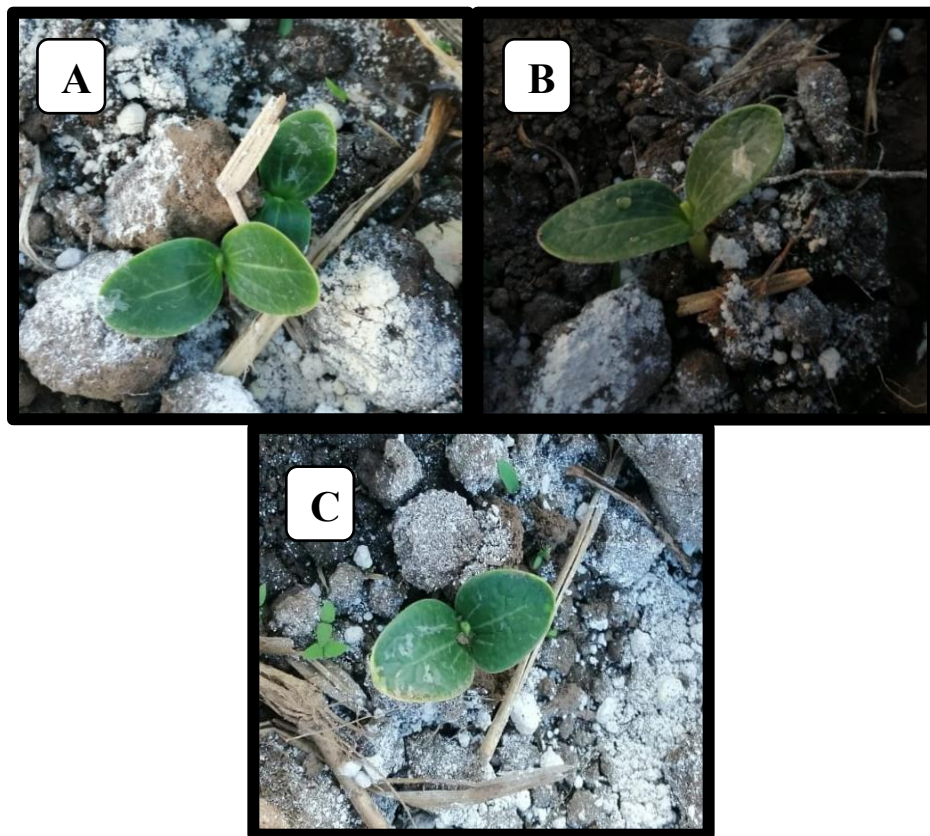


Figura 25. Germinación de calabaza a los 5 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l, C) Agua.

El ultimo día donde se observaron cambios en la germinación de calabacita, fue al octavo día (*Figura 26*), para este día cada una de las secciones presentaba por lo menos un brote, siendo las semillas tratadas con 1 mg/l de PCVS4 (*Figura 26A*) y 0.1 mg/l de PCVS4 (*Figura 26B*) las que presentaban un mayor porcentaje de germinación..

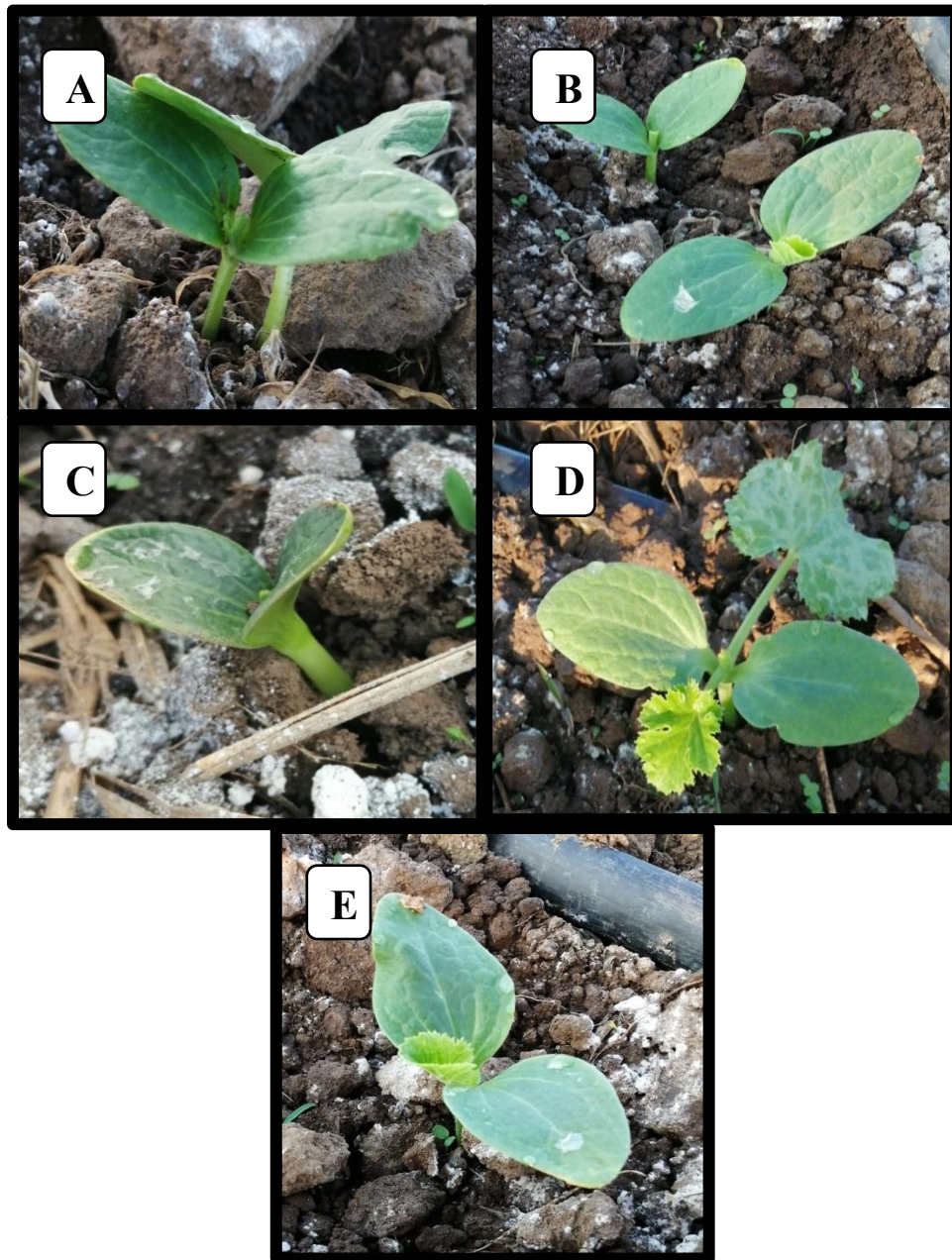


Figura 26. Germinación de Calabacita a los 8 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l, C) Acetona, D) Agua, E) Sin tratamiento.

➤ Análisis Estadístico

Durante el primer día de germinación (día 5) no existió diferencia significativa entre los diferentes tratamientos, aunque sobresale el hecho de que las semillas tratadas con 0.1 mg/l de PCVS4 ya habían germinado para este día. Durante los días 6 y 7 existió una diferencia significativa entre las semillas tratadas con 1 mg/l de PCVS4 y los demás tratamientos, demostrando que dicho compuesto sí acelera el proceso de germinación, inclusive al sexto día, el 100% de las semillas tratadas con 1 mg/l de PCVS4 ya había germinado, mientras que las semillas no tratadas aun no germinaban. (Cuadro 4, Figura 27)

Cuadro 4. Porcentaje de germinación de calabaza en campo, según tratamiento. Prueba Kruskal-Wallis.

Medianas

Día/Tratamiento	1 mg/l PCVS4	0.1 mg/l PCVS4	Acetona	Agua	Sin tratamiento	P
5	0	25	0	0	0	0.338
6	100	50	25	50	0	0.004
7	100	75	50	50	50	0.04
8	100	100	75	100	50	0.394

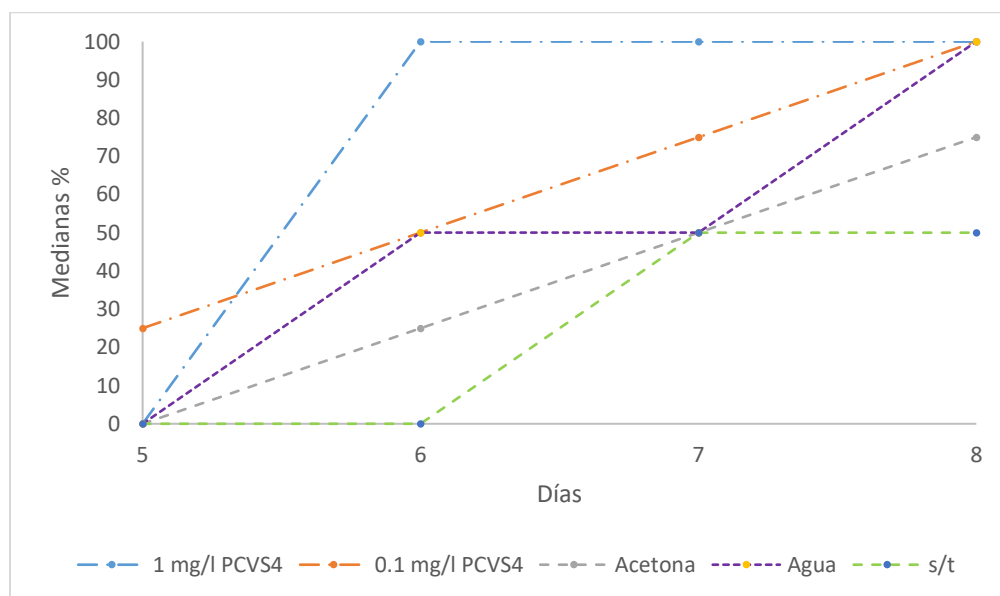


Figura 27. Efecto del tratamiento con PCVS4 en la germinación de calabaza en el campo.

3.1.3 Chile jalapeño (*Capsicum annuum*)

➤ Análisis cualitativo

A diferencia de los otros dos cultivos, el chile se sembró bajo la metodología de almácigos para un posterior trasplante. Los primeros brotes se apreciaron al séptimo día de la siembra (*Figura 28*), esto se observó principalmente en las semillas tratadas con 1 mg/l de PCVS4 (*Figura 28A*) y con acetona (*Figura 28C*), mientras que con el tratamiento de 0.1 mg/l de PCVS4 (*Figura 28B*) y el de agua (*Figura 28D*) presentaban pocos brotes. En la sección sin tratamiento, tampoco se observaron brotes al primer día de registro.

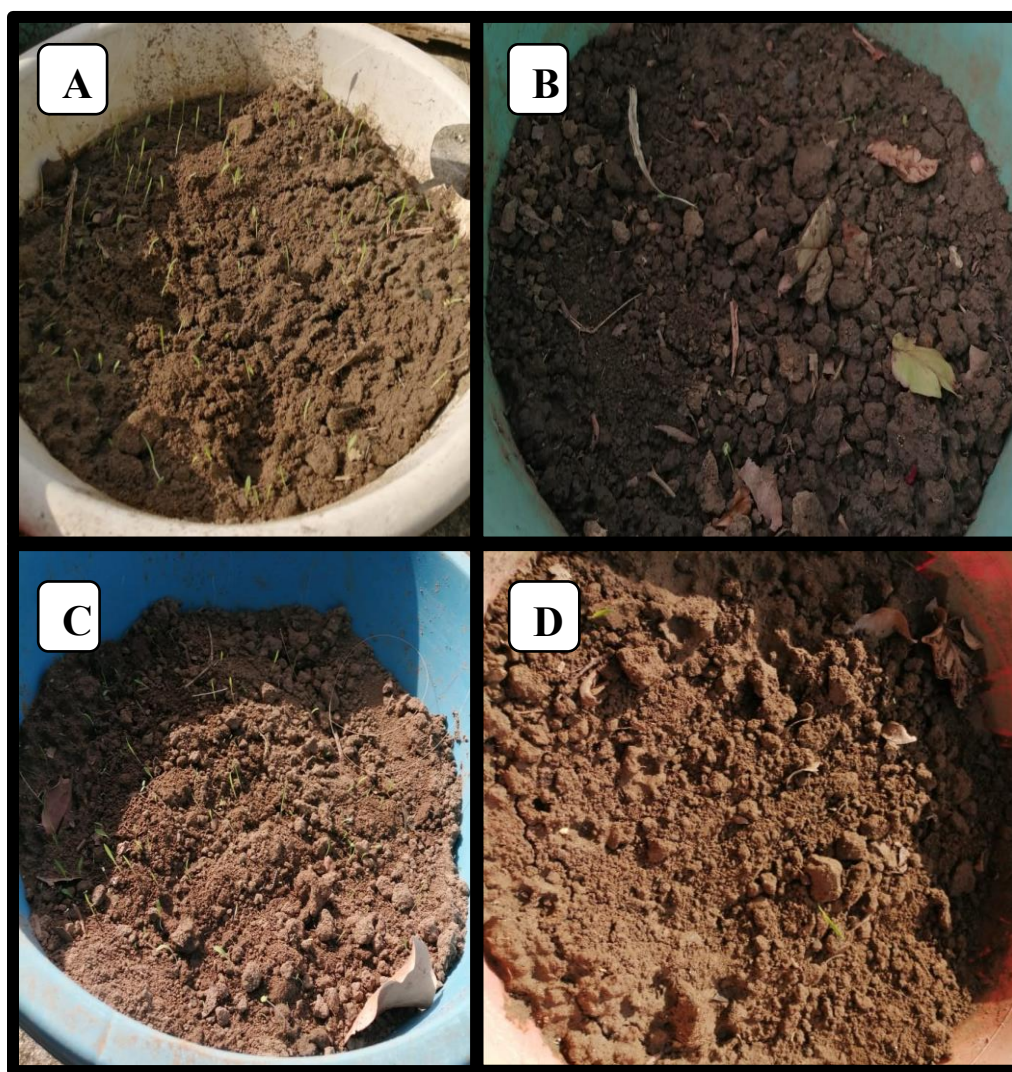


Figura 28. Germinación de chile a los 8 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l, C) Acetona, D) Agua.

El último día en que se observaron cambios en la cantidad de individuos germinados del chile fue a los 12 días de la siembra (*Figura 29*) destacando los tratamientos de 1 mg/l de PCVS4 (*Figura 29A*) y agua (*Figura 29D*) como los que presentaban la mayor cantidad de hojas desarrolladas completamente y de un color más intenso, los tratamientos de 0.1 mg/l de PCVS4 (*Figura 29B*), acetona (*Figura 29C*) y agua (*Figura 29D*) presentaban algunas hojas desarrolladas, aunque la cantidad de brotes era variable. Una vez alcanzado un tamaño de aproximadamente 10 cm y con las condiciones climatológicas estables, se realizó el trasplante al campo abierto 23 días después de la germinación. Posteriormente, a los 5 días se realizó un segundo trasplante, ya que hubo casos en los que las plantas no sobrevivieron el trasplante, tal fue el caso de las plantas tratadas con acetona.

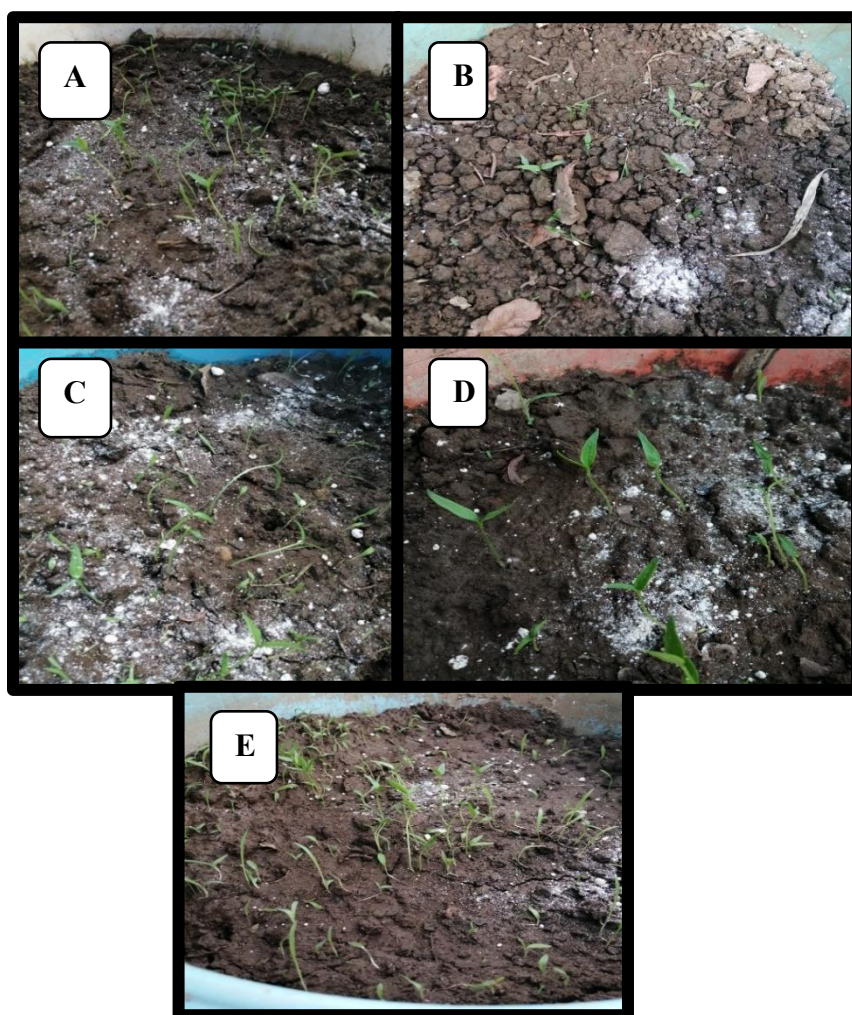


Figura 29. Germinación de chile a los 12 días de siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l, C) Acetona, D) Agua, E) Sin tratamiento.

➤ Análisis estadístico

Los análisis estadísticos no mostraron diferencia significativa entre los diferentes tratamientos a los 6 días. A los 7 días, inició la germinación, pero a los 8 y 9 días se presentó una diferencia significativa entre la sección con una concentración de 1 mg/l y la sección con acetona, a diferencia de las demás secciones, sin embargo, a los 10 días ya no se apreciaba esta diferencia. (*Cuadro 5*).

Cuadro 5. Porcentaje de germinación de chile en campo, según tratamiento. Prueba ANOVA. Fisher.

Medias						
Día/Tratamiento	1 mg/l PCVS4	0.1 mg/l PCVS4	Acetona	Agua	Sin tratamiento	p
6	17.33 (A, B)	4 (C)	18.67 (A)	8 (A, B, C)	5.33 (B, C)	0.076
7	44 (A)	36 (B, C)	40 (A, B)	40 (A, B)	32 (C)	0.019
8	69.33 (A)	52 (B)	69.33 (A)	50.67 (B)	42.67 (B)	0.002
9	92 (A)	73.33 (B)	94.67 (A)	69.33 (B)	74.67 (B)	0.005
10	96 (A)	85.33 (A, B)	96 (A)	72 (B)	85.33 (A, B)	0.016

3.2 Variables morfométricas

3.2.1 Ejote (*Phaseolus vulgaris*)

➤ Análisis Cualitativo

A los 20 días, las plantas de ejote comenzaron a presentar algunas diferencias al desarrollar el follaje dentro de su estadio de crecimiento (*Figura 30*), las plantas tratadas con 1 mg/l de PCVS4 (*Figura 30A*) y agua (*Figura 30D*) presentaban un color verde intenso, con buenas características a la vista, un tallo y hojas de buena consistencia. La altura se mantenía en un estándar similar para todas las plantas, siendo los tratamientos de 1 mg/l de PCVS4 (*Figura 30A*) y 0.1 mg/l de PCVS4 (*Figura 30B*) los que sobresalían ligeramente de dicho estándar.

Los tratamientos de 0.1 mg/l de PCVS4 (*Figura 30B*), acetona (*Figura 30C*) y sin tratamiento (*Figura 30E*), presentaban una coloración verde menos intensa, aunque con la misma consistencia que los anteriores, destacando que las plantas sin tratamiento (*Figura 30E*) presentaban un ligero retraso en cuanto al desarrollo del follaje, en comparación con los demás tratamientos. Algo que se observó en ese día, fue la pérdida de uno de los especímenes tratados con agua (*Figura 30D*).

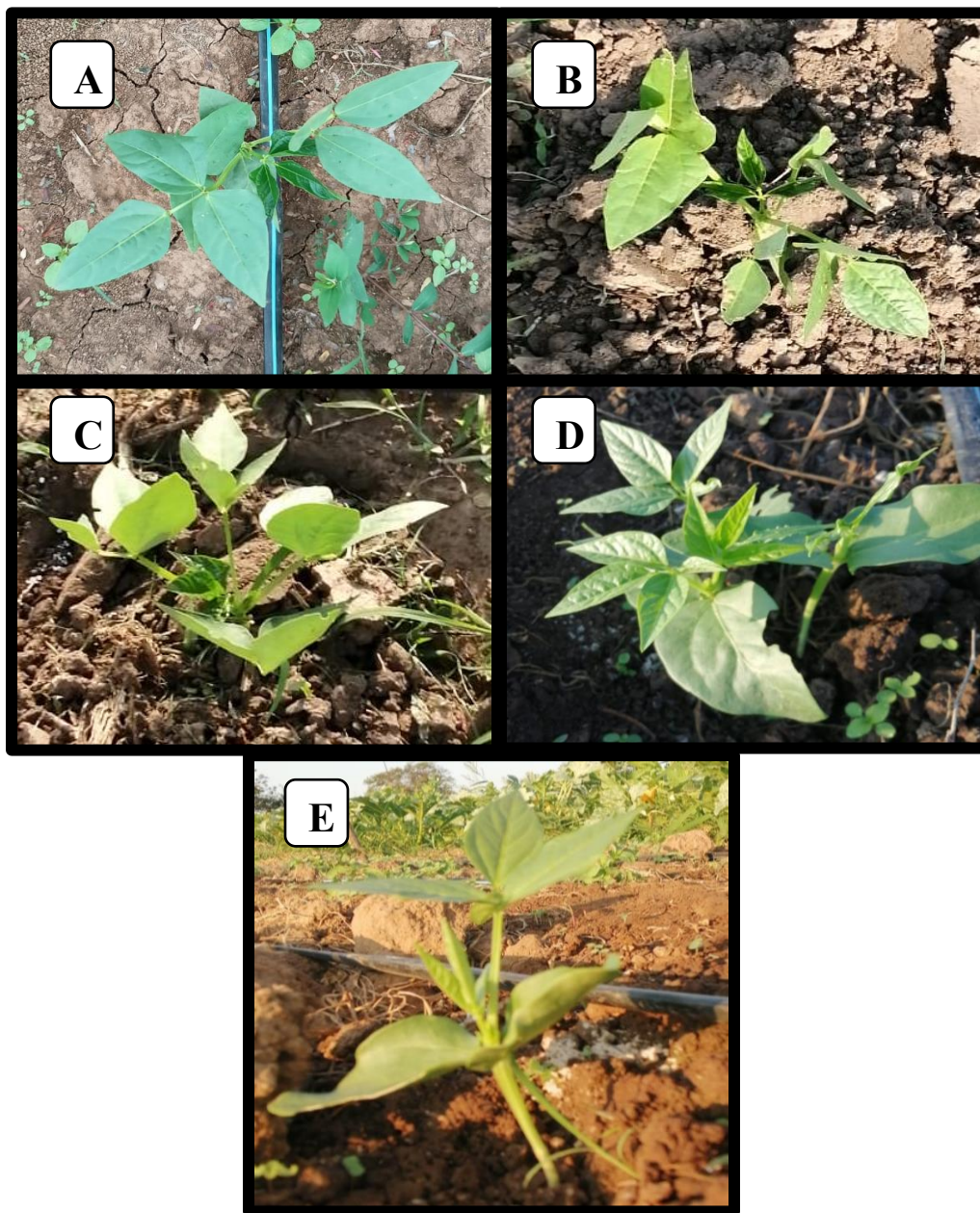


Figura 30. Desarrollo de las plantas de ejote a los 20 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l, C) Acetona, D) Agua, E) Sin tratamiento.

A los 36 días después de la siembra el desarrollo de las plantas (*Figura 31*) se mantuvo dentro de un estándar general, a excepción de las plantas sin tratamiento (*Figura 31E*), las cuales seguían presentando un retraso en el crecimiento. En esta etapa del crecimiento, las plantas comenzaban a desarrollar las guías características de este tipo de cultivos, además de que las condiciones climáticas comenzaban a afectar, ya que se presentaron eventos de viento fuerte. Durante las observaciones del día, se detectó la presencia de chapulines por lo que fue necesario aplicar un insecticida. Para este punto del desarrollo, dos plantas del tratamiento de 0.1 mg/l de PCVS4 (*Figura 31B*) se habían perdido por lo que solo se contaba con una muestra de dicho tratamiento.

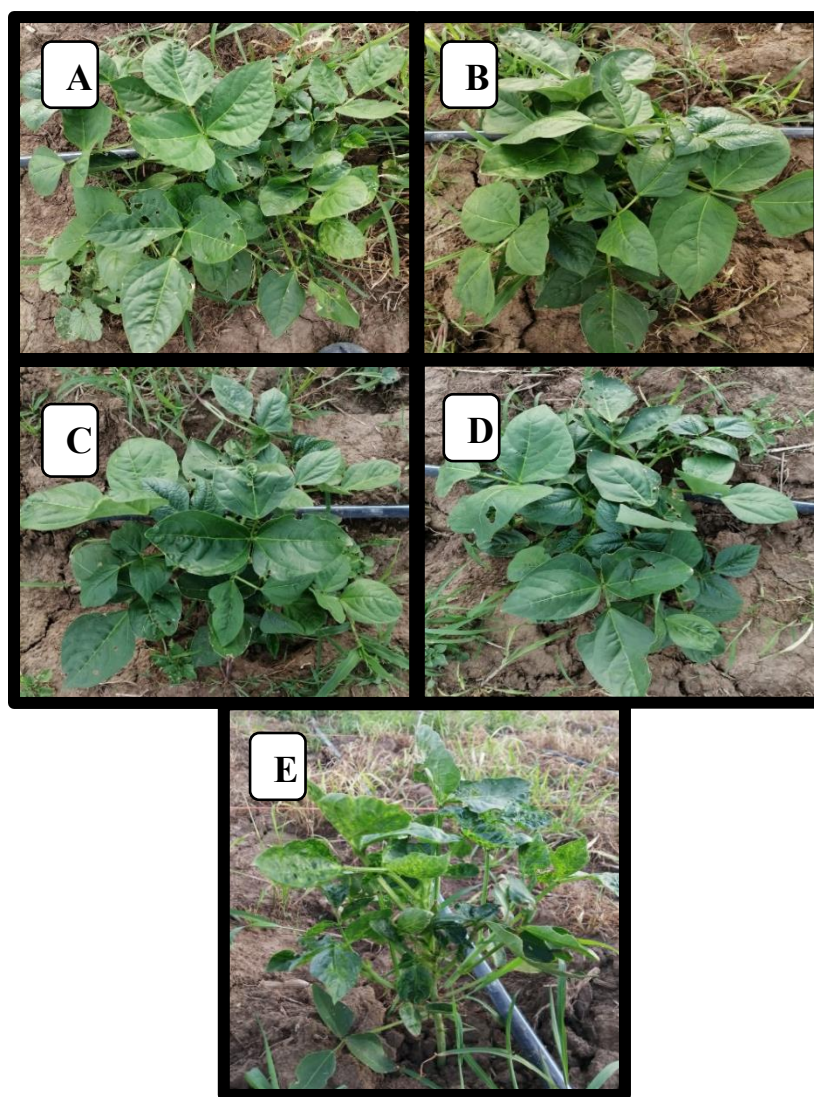


Figura 31. Desarrollo de las plantas de ejote a los 36 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l, C) Acetona, D) Agua, E) Sin tratamiento.

A los 48 días ya se observaron los primeros frutos en las plantas tratadas con 1 mg/l de PCVS4 (*Figura 32A*), acetona (*Figura 32B*) y agua (*Figura 32C*), siendo las plantas tratadas con 1 mg/l de PCVS4 (*Figura 32A*) las que presentaron la mejor calidad en cuanto al desarrollo de los frutos, además de ser las primeras en presentar producción (a los 56 días). La plaga de chapulines siguió afectando a las plantas. Para este día las plantas tratadas con 0.1 mg/l de PCVS4 se habían muerto. Las plantas tratadas con cada uno de los otros tratamientos restantes presentaban un color normal, aunque con notables afectaciones por la plaga de chapulines.

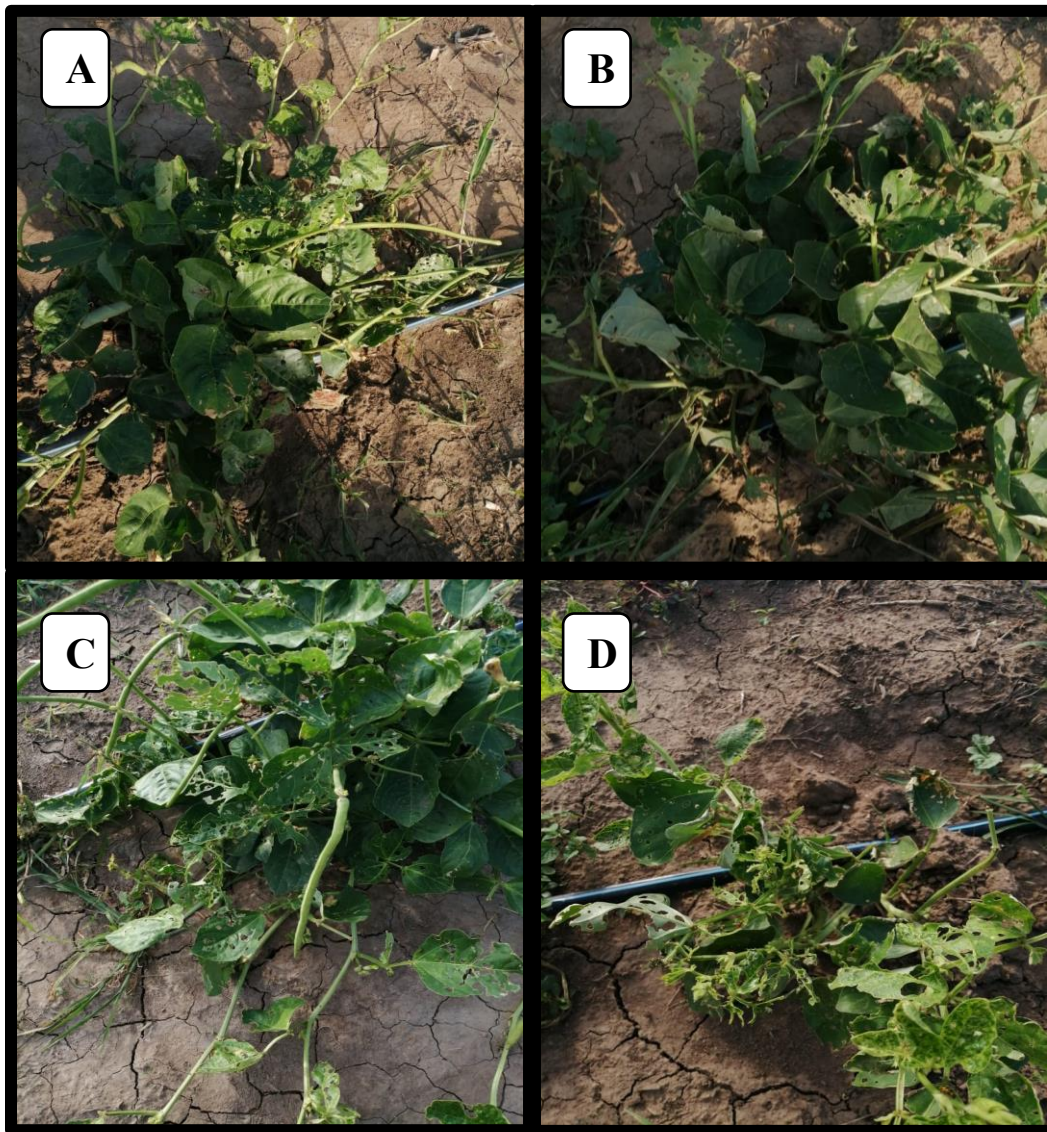


Figura 32. Desarrollo de las plantas de ejote a los 48 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) Acetona, C) Agua, D) Sin tratamiento.

➤ Análisis Estadístico

Para el caso particular del ejote, ninguna de las variables morfométricas, presentaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos (*Cuadro 6 a Cuadro 12 y Figura 33 a Figura 37*), esto podría deberse a que no es suficiente una sola aplicación de dichos tratamientos en la etapa de pre-siembra.

Cuadro 6. Altura (cm) de las plantas de ejote crecidas en campo, según tratamiento. Prueba Kruskal-Wallis

Medianas					
Día/Tratamiento	1 mg/l PCVS4	Acetona	Agua	Sin tratamiento	p
9	7.1	5.2	7.35	6	0.101
20	12.2	19.1	18.85	15.2	0.462
21	12.9	19.6	19.25	15.8	0.462
22	14.2	21	19.4	16	0.341
25	19.3	21.9	20.2	19.1	0.525
32	20.1	22.8	21.2	20.3	0.771
33	20.9	23.4	22.05	21.1	0.875
34	21.2	27.9	27.85	22.7	0.598
35	21.9	28.6	28.35	23.4	0.598
36	22	28.1	28.8	24.2	0.548
37	22.4	28.9	29.5	25.3	0.548
40	22.6	29.1	29.75	26.7	0.548
41	22.7	29.7	31.45	27.8	0.219
44	25.2	31.3	32.55	29.6	0.126
46	25.9	31.6	32.6	30.1	0.217
47	26.8	31.6	32.6	31	0.225
48	28	32.1	32.75	31.8	0.098
49	28	32.1	32.75	31.8	0.098

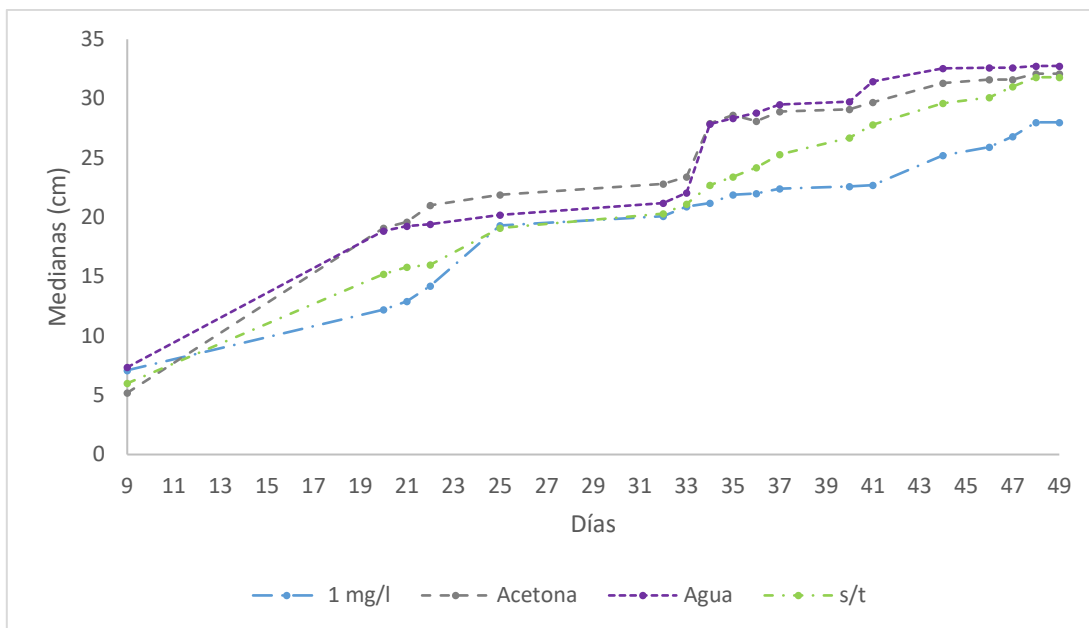


Figura 33. Efecto del PCVS4 en la altura de las plantas de ejote crecidas en campo.

Cuadro 7. Número de hojas en plantas de ejote crecidas en campo, según tratamiento. Prueba Kruskal-Wallis.

Medianas

Día/Tratamiento	1 mg/l PCVS4	Acetona	Agua	Sin tratamiento	p
9	2	2	3	2	0.412
20	11	12	12	9	0.185
21	14	13	11.5	9	0.179
22	15	15	11.5	10	0.092
25	15	17	15	11	0.629
32	20	28	23	14	0.595
33	22	44	50.5	25	0.53
34	24	53	66.5	33	0.808
35	25	56	70.5	36	0.803
36	26	61	72.5	36	0.803
37	33	77	79	45	0.803
40	41	83	104	64	0.586

41	52	97	109	72	0.79
44	69	119	124	95	0.693
46	87	121	127.5	113	0.732
47	90	121	127.5	113	0.732
48	93	121	127.5	113	0.732
49	87	121	127.5	113	0.732

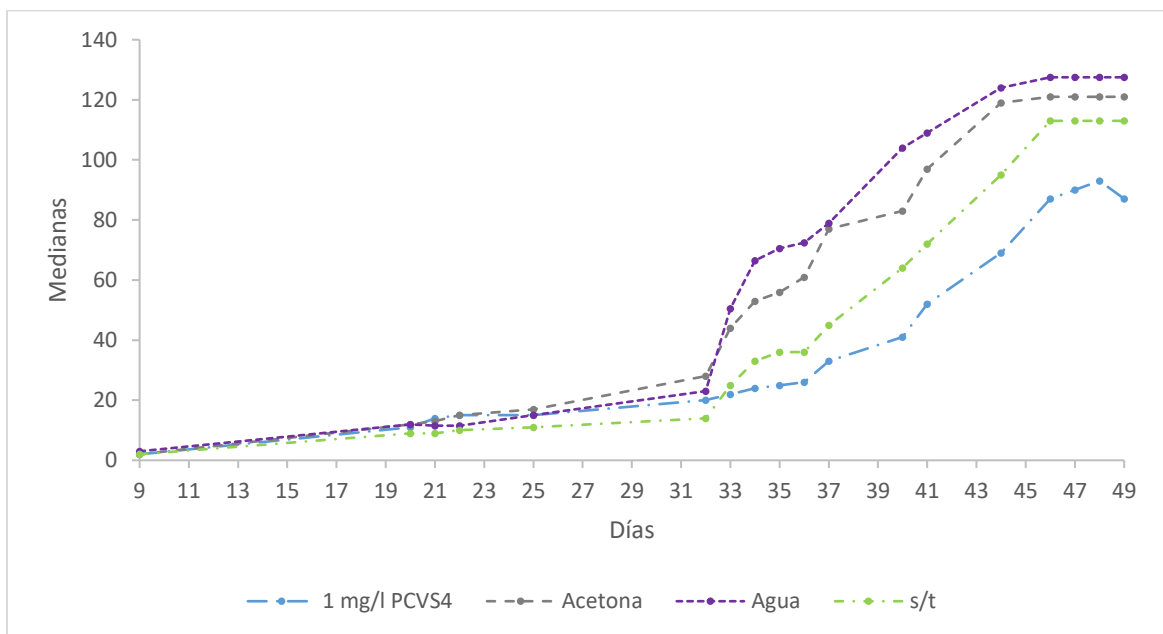


Figura 34. Efecto del PCVS4 en el número de hojas de las plantas de ejote crecidas en campo.

Cuadro 8. Largo (mm) de la hoja primaria en plantas de ejote crecidas en campo, según tratamiento. Prueba Kruskal-Wallis.

Medianas					
Día/Tratamiento	1 mg/l PCVS4	Acetona	Agua	Sin tratamiento	p
9	16.9	14.56	17.105	16.89	0.044
20	47.32	58.04	53.56	41.34	0.396
21	49.89	64.89	62.92	44.76	0.75
22	59.98	65.71	68.555	46.57	0.746
25	77.63	78.86	77.75	57.27	0.679

32	78.59	91.53	82.995	69.59	0.595
33	79.32	100.8	90.27	77.34	0.443
34	79.61	109.09	96.355	84.55	0.333
35	79.78	111.45	102.355	87.46	0.325
36	79.82	114.39	114.095	88.03	0.275
37	79.84	115.27	115.195	91.06	0.275
40	81.12	115.98	115.9	92.97	0.275
41	81.23	115.98	115.9	92.97	0.275
44	83.99	116.79	116.695	94.02	0.275
46	85.07	116.96	117.09	94.32	0.275
47	85.17	116.96	117.09	94.32	0.275
48	85.37	116.96	117.09	94.32	0.275
49	85.38	116.96	117.09	94.32	0.275

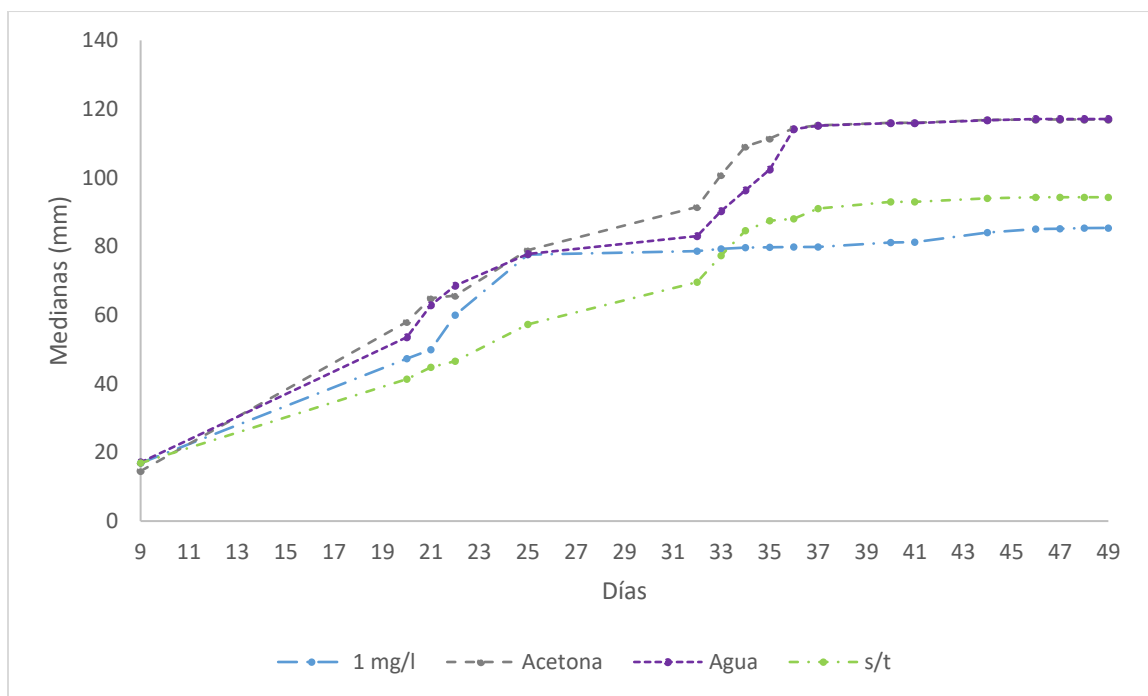


Figura 35. Efecto del PCVS4 en el largo de la hoja primaria de las plantas de ejote crecidas en campo.

Cuadro 9. Ancho (mm) de la hoja primaria en plantas de ejote crecidas en campo, según tratamiento. Prueba ANOVA. Fisher.

Medias

Día/Tratamiento	1 mg/l PCVS4	Acetona	Agua	Sin tratamiento	p
9	12.927 (A)	11.997 (A)	12.05 (A)	12.64 (A)	0.873
20	36.15 (A)	35.04 (A)	30.96 (A)	25.58 (A)	0.241
21	43.6 (A)	38.1 (A, B)	38.64 (A, B)	28.47 (B)	0.084
22	47.57 (A)	39.49 (A, B)	42.26 (A, B)	32.53 (B)	0.158
25	49.92 (A)	48.59 (A)	45.65 (A)	39.28 (A)	0.209
32	53.83 (A)	59.27 (A)	54.9 (A)	45.41 (A)	0.284
33	56.41 (A)	66.62 (A)	60.64 (A)	53.48 (A)	0.442
34	58.43 (A)	69.47 (A)	65.18 (A)	63.22 (A)	0.693
35	58.70 (A)	70.08 (A)	65.76 (A)	63.85 (A)	0.677
36	58.95 (A)	70.52 (A)	77.03 (A)	67.09 (A)	0.477
37	60.5 (A)	74.23 (A)	79.87 (A)	71.77 (A)	0.384
40	63.37 (A)	82.9 (A)	85 (A)	77.36 (A)	0.199
41	63.54 (A)	83.05 (A)	85.13 (A)	77.52 (A)	0.202
44	67.03 (A)	87.49 (A)	90.59 (A)	80.96 (A)	0.172
46	67.52 (A)	88.10 (A)	91.19 (A)	81.46 (A)	0.167
47	68.64 (A)	88.10 (A)	91.19 (A)	81.46 (A)	0.165
48	69.91 (A)	88.10 (A)	91.19 (A)	81.46 (A)	0.167
49	72.8 (A)	88.10 (A)	91.19 (A)	81.46 (A)	0.196

Cuadro 10. Tallo inferior (mm) en plantas de ejote crecidas en campo, según tratamiento. Prueba Kruskal-Wallis

Medianas

Día/Tratamiento	1 mg/l PCVS4	Acetona	Agua	Sin tratamiento	p
9	2	1.5	1.95	2	0.089
20	2.99	3.08	3.29	2.52	0.28
21	3.18	3.08	3.29	2.52	0.208
22	3.2	3.43	3.98	3.5	0.413
25	4.77	4.49	4.79	4.26	0.567
32	4.86	4.62	5.31	4.57	0.595
33	4.98	5.87	6.27	5.78	0.618
34	6.65	6.11	6.925	6.13	0.621
35	6.71	6.17	6.965	6.2	0.621
36	7.56	7	7.515	6.38	0.319
37	7.63	7.32	7.67	6.54	0.341
40	7.86	7.51	7.76	6.95	0.358
41	7.86	7.51	7.76	6.95	0.358
44	8.03	7.77	7.885	7.44	0.928
46	8.21	7.97	8.21	7.77	0.946
47	8.21	7.97	8.21	7.77	0.946
48	8.21	7.97	8.21	7.77	0.946
49	8.21	7.97	8.21	7.77	0.946

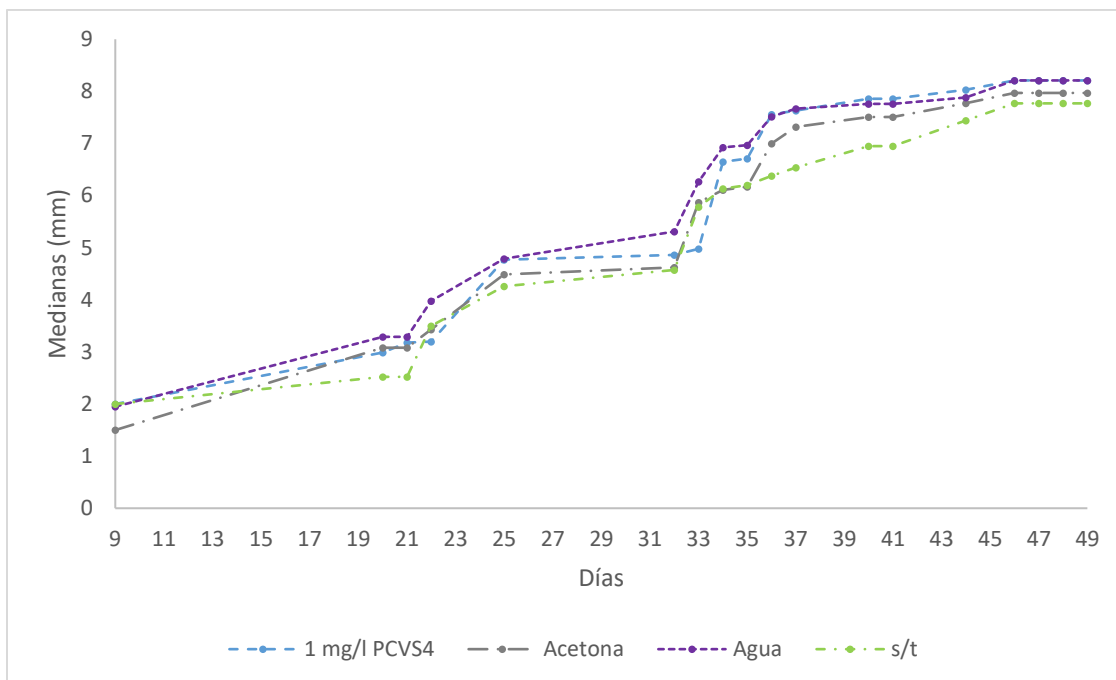


Figura 36. Efecto del PCVS4 en el tallo inferior de las plantas de ejote crecidas en campo.

Cuadro 11. Tallo medio (mm) en plantas de ejote crecidas en campo, según tratamiento. Prueba ANOVA. Fisher.

Medias					
Día/Tratamiento	1 mg/l PCVS4	Acetona	Agua	Sin tratamiento	p
9	1.9767 (A)	1.6667 (A)	2.05 (A)	2 (A)	0.187
20	3.517 (A)	3.83 (A)	3.56 (A)	3.237 (A)	0.626
21	3.720 (A)	4.0467 (A)	4.16 (A)	3.513 (A)	0.624
22	3.88 (A)	4.22 (A)	4.38 (A)	3.673 (A)	0.673
25	5.277 (A)	5.18 (A)	5.145 (A)	4.177 (A)	0.359
32	5.98 (A)	5.587 (A)	5.37 (A)	4.59 (A)	0.367
33	6.93 (A)	6.45 (A)	6.555 (A)	5.477 (A)	0.585
34	7.86 (A)	6.813 (A)	7.13 (A)	5.927 (A)	0.417
35	7.94 (A)	6.87 (A)	7.175 (A)	5.987 (A)	0.418
36	8.16 (A)	7.107 (A)	7.9 (A)	6.357 (A)	0.457
37	8.34 (A)	7.397 (A)	8.2 (A)	6.677 (A)	0.479

40	8.77 (A)	7.887 (A)	8.5 (A)	7.063 (A)	0.458
41	9.02 (A)	8 (A)	8.695 (A)	7.197 (A)	0.456
44	9.27 (A)	8.21 (A)	8.855 (A)	7.357 (A)	0.382
46	9.53 (A)	8.473 (A)	9.205 (A)	7.633 (A)	0.395
47	9.53 (A)	8.473 (A)	9.205 (A)	7.633 (A)	0.395
48	9.53 (A)	8.473 (A)	9.205 (A)	7.633 (A)	0.395
49	9.53 (A)	8.473 (A)	9.205 (A)	7.633 (A)	0.395

Cuadro 12. Tallo alto (mm) en plantas de ejote crecidas en campo, según tratamiento. Prueba Kruskal-Wallis

Medianas

Día/Tratamiento	1 mg/l PCVS4	Acetona	Agua	Sin tratamiento	p
9	2	1.8	2.35	2.1	0.026
20	3.1	4.48	4.65	3.46	0.598
21	3.67	5.01	5.385	3.69	0.258
22	3.89	5.32	5.595	3.9	0.311
25	6.48	6.11	6.185	5.42	0.56
32	7.98	6.22	6.4	5.69	0.53
33	8.02	6.34	7.035	6.89	0.819
34	8.14	6.8	7.86	7.58	0.895
35	8.21	6.89	7.925	7.67	0.895
36	8.85	7.76	8.175	7.7	0.809
37	9.01	8.06	8.325	7.92	0.776
40	9.44	8.32	8.5	8.15	0.852
41	9.61	8.94	9.495	8.7	0.406
44	9.78	9.18	9.61	8.94	0.406
46	9.97	10.05	10.315	9.59	0.582
47	9.97	10.05	10.315	9.59	0.582
48	9.97	10.05	10.315	9.59	0.582
49	9.97	10.05	10.315	9.59	0.582

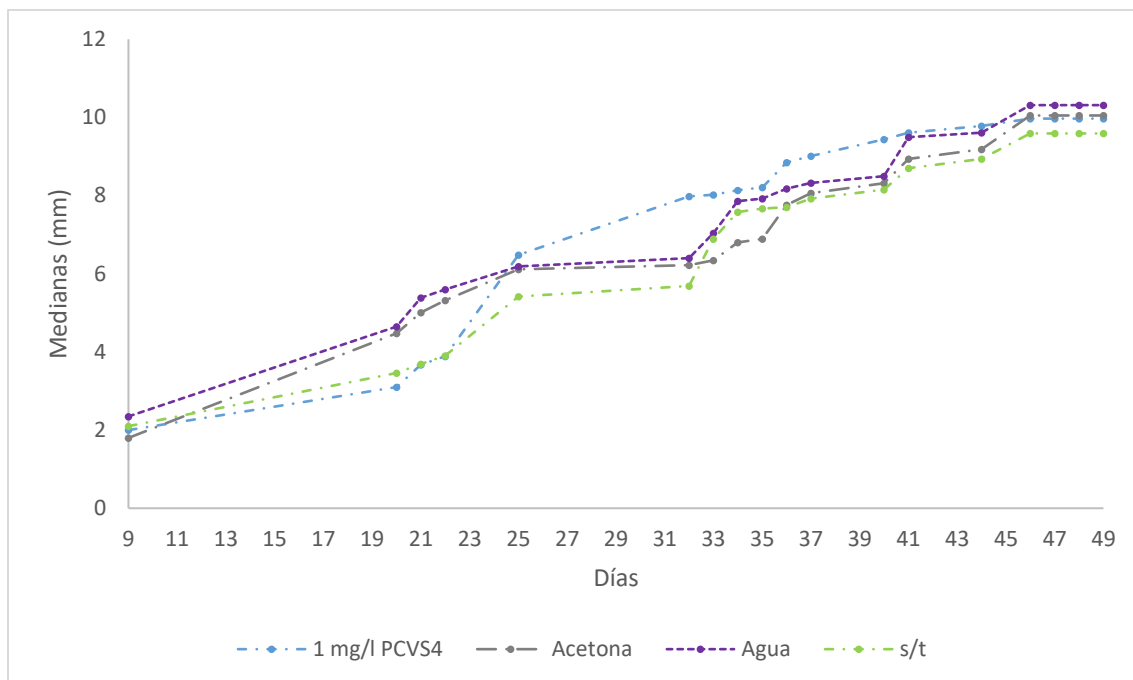


Figura 37. Efecto del PCVS4 en el tallo alto de las plantas de ejote crecidas en campo.

3.2.2 Chile (*Capsicum annuum*)

➤ Análisis Cualitativo

El chile se desarrolló en las bandejas donde se germinó hasta el día 30, que fue el día en el que se trasladaron a campo abierto. Para el día 36 (Figura 38) las únicas plantas que habían sobrevivido el trasplante fueron las que se trataron con el compuesto PCVS4 en las dos concentraciones (1 mg/l de PCVS4 y 0.1 mg/l de PCVS4), y en ese momento se realizó un segundo trasplante en las secciones que carecían de plantas. Las plantas en ambas secciones con PCVS4 presentaron un desarrollo normal, destacando que las secciones con plantas tratadas con 0.1 mg/l de PCVS4 (Figura 38B) presentaban todos los ejemplares vegetales y en las secciones tratadas con 1 mg/l de PCVS4 (Figura 38A) solo contábamos con una planta.

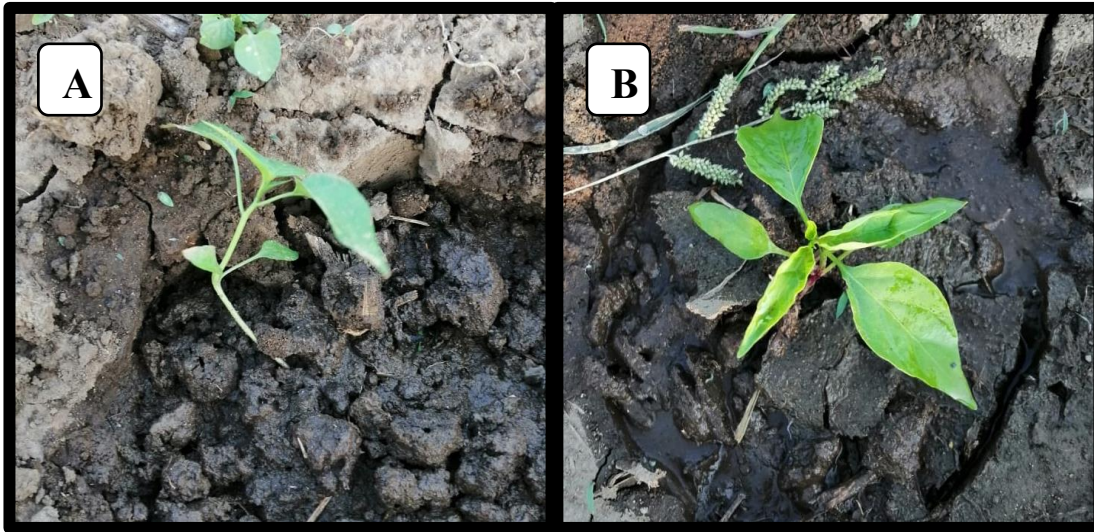


Figura 38. Desarrollo de las plantas de Chile a los 36 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l.

A los 41 días (*Figura 39*) se observó que en dos secciones nuevas (con agua y sin tratamiento), las plantas sobrevivieron al trasplante, además de las plantas de las dos secciones tratadas con PCVS4, destacando que estas últimas presentaban una ligera ventaja en cuanto al desarrollo, en comparación con las dos secciones nuevas. En este punto las plantas de la sección tratada con acetona, tampoco sobrevivieron al trasplante por lo que se decidió hacer un tercer trasplante con la plantas restantes en los semilleros.

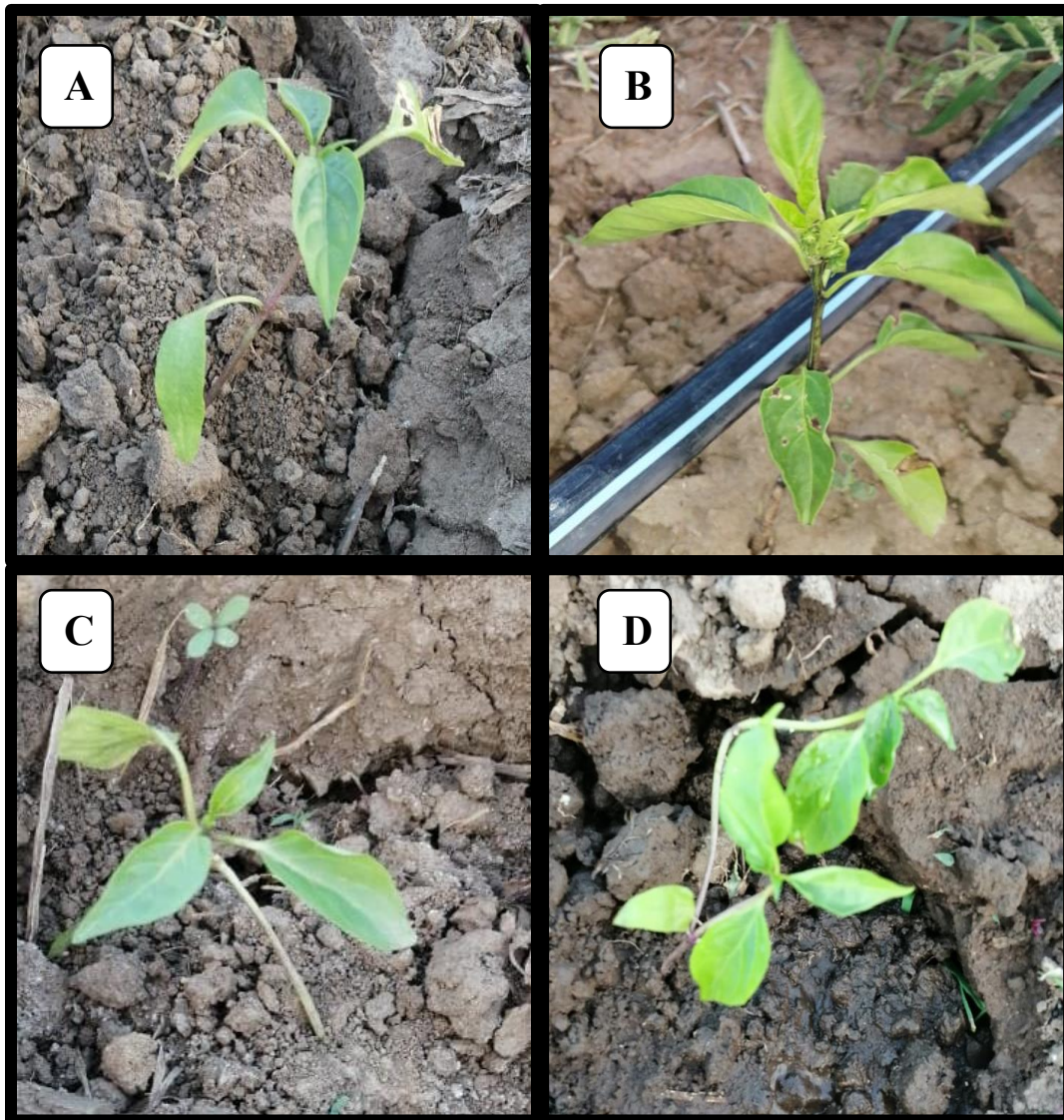


Figura 39. Desarrollo de las plantas de Chile a los 41 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l.

A los 58 días (*Figura 40*) se comenzó a apreciar el inicio de la etapa de floración de la planta, las cuatro secciones de cultivo, ya presentaban por lo menos una flor. Las plantas de la sección tratada con acetona nuevamente no sobrevivieron el trasplante a campo abierto, y ya no se contaba con plantas para realizar un nuevo trasplante. Las plantas tratadas con 1 mg/l de PCVS4 (*Figura 40A*), 0.1 mg/l de PCVS4 (*Figura 40B*) y agua (*Figura 40C*) contaban con las 3 plantas, mientras que la sección sin tratamiento (*Figura 40D*) solo contaba con una muestra, ya que las otras no sobrevivieron al trasplante. Otro punto importante fue que en

este momento se comenzó a presentar una infesta de chapulines, por lo que se optó por hacer un control con un insecticida.

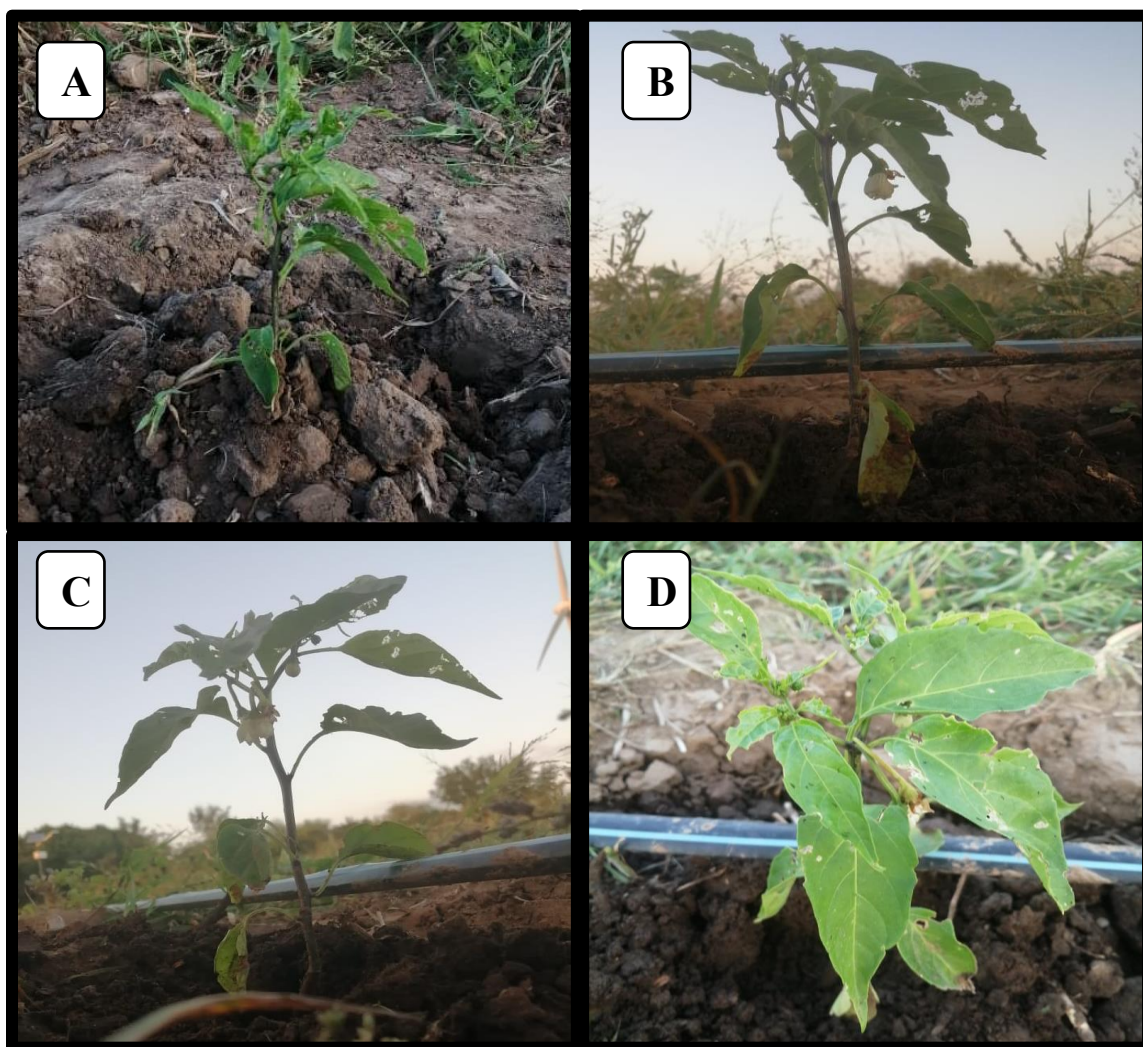


Figura 40. Desarrollo de las plantas de Chile a los 58 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l.

A los 71 días (*Figura 41*) se logró controlar la plaga de chapulines, aunque ésta había afectado seriamente el desarrollo de la planta, aún se contaban con todas las muestras que se reportaron anteriormente. El color de las plantas era un verde intenso, con el desarrollo de las hojas un poco retrasado y con un tallo bastante estable comenzando a mostrar su característica leñosa. Para este día se empezaron a presentar descensos en la temperatura, además de que la velocidad del viento comenzaba a incrementar considerablemente.

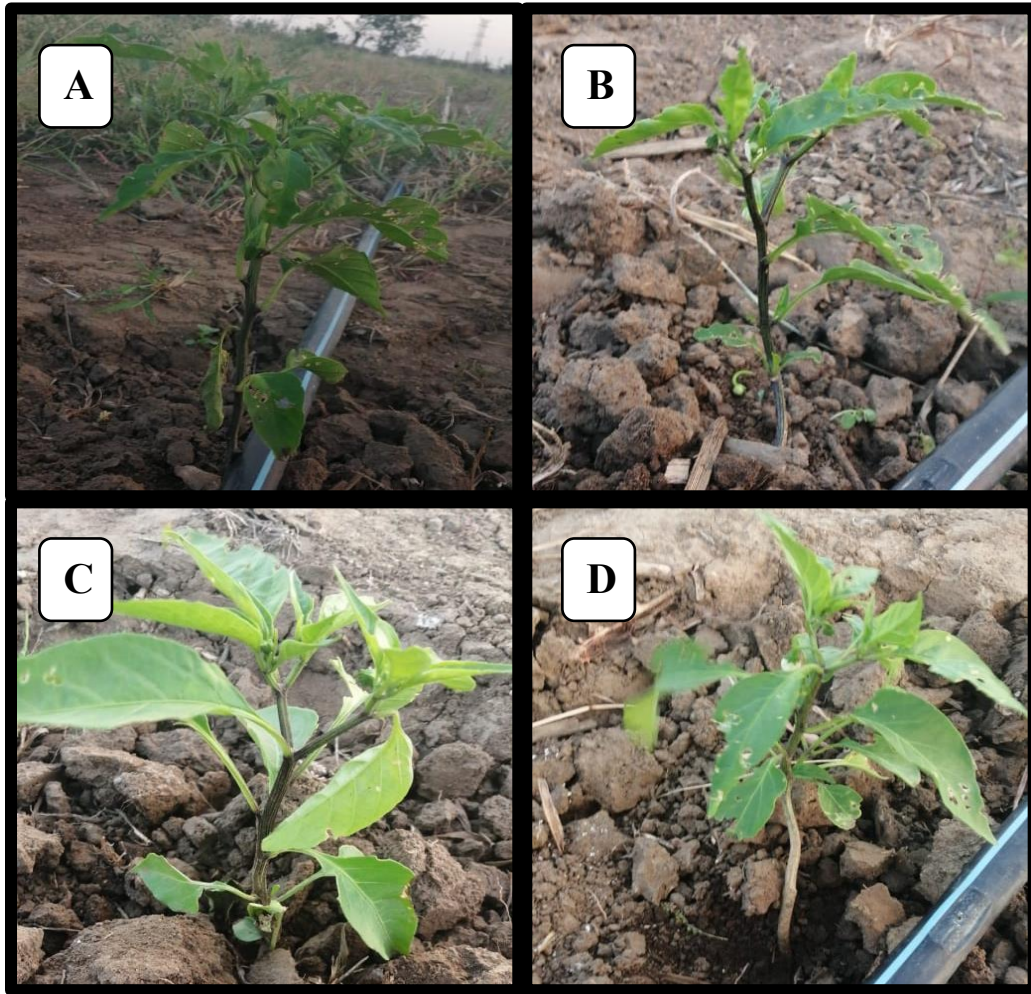


Figura 41. Desarrollo de las plantas de Chile a los 71 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l.

Las plantas tratadas con 1 mg/l de PCVS4 (*Figura 42A*) fueron las primeras en desarrollar frutos para el día 78 (*Figura 42*). En este momento la floración era completa en todas las muestras de cada una de las secciones, además de que la planta presentaba una mejora en su desarrollo después de las afectaciones por la plaga y las condiciones climáticas a las que se habían expuesto anteriormente.

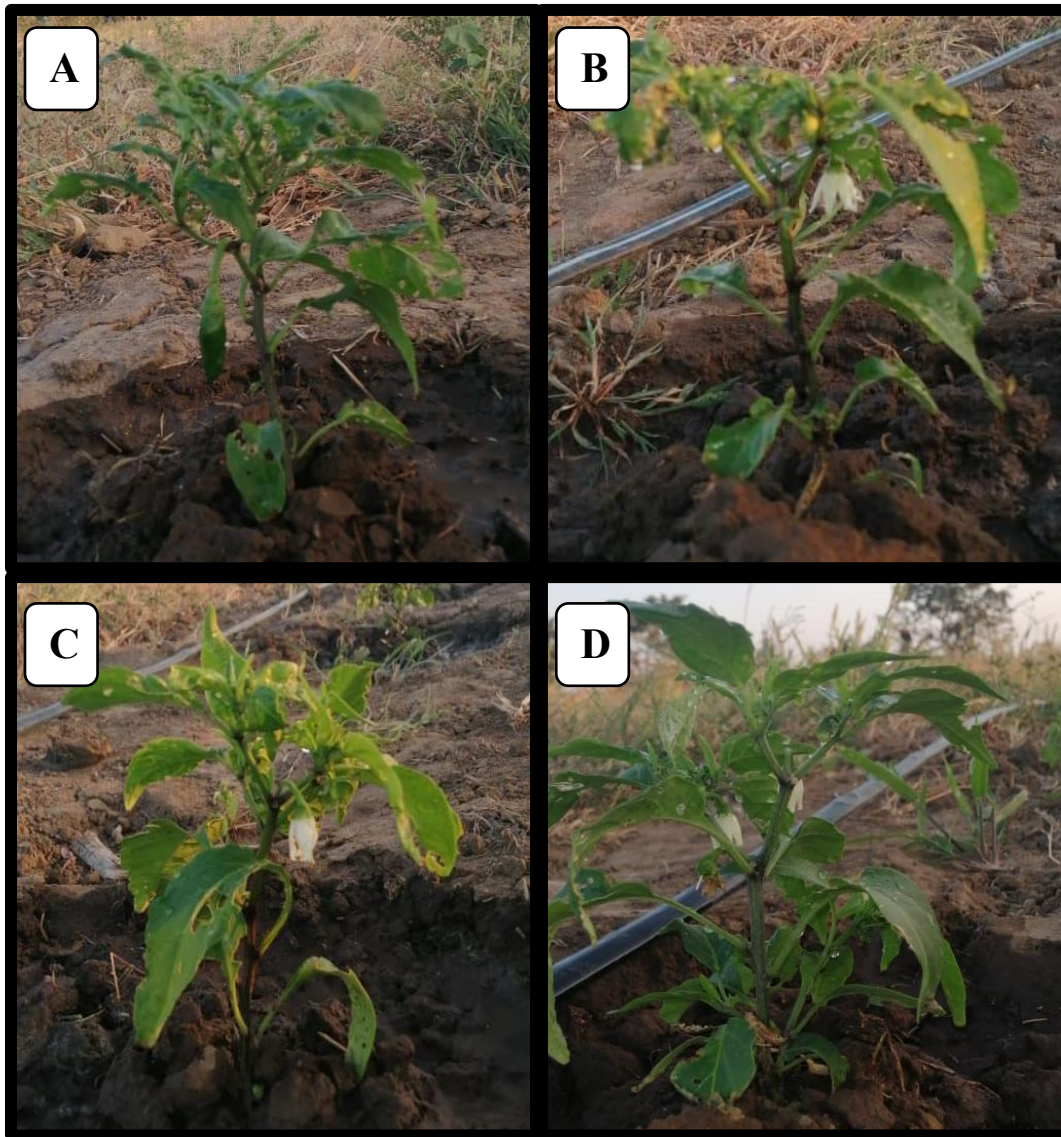


Figura 42. Desarrollo de las plantas de Chile a los 78 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l.

A los 94 días (Figura 43) tanto las plantas de la sección tratada con 1 mg/l de PCVS4 (Figura 43A) como las de la sección tratada con 0.1 mg/l de PCVS4 (Figura 43B), se encontraban adelantadas en el desarrollo de los frutos. En cuanto al tamaño del fruto, las plantas de la sección tratada con 1 mg/l de PCVS4 (Figura 43A) presentaron un desarrollo un poco por encima de las demás. Las condiciones de viento y temperatura seguían siendo un problema, por lo que, se optó por poner protecciones con ayuda de palmas para evitar el contacto directo del viento y así evitar que este siguiera afectando el desarrollo de las plantas.

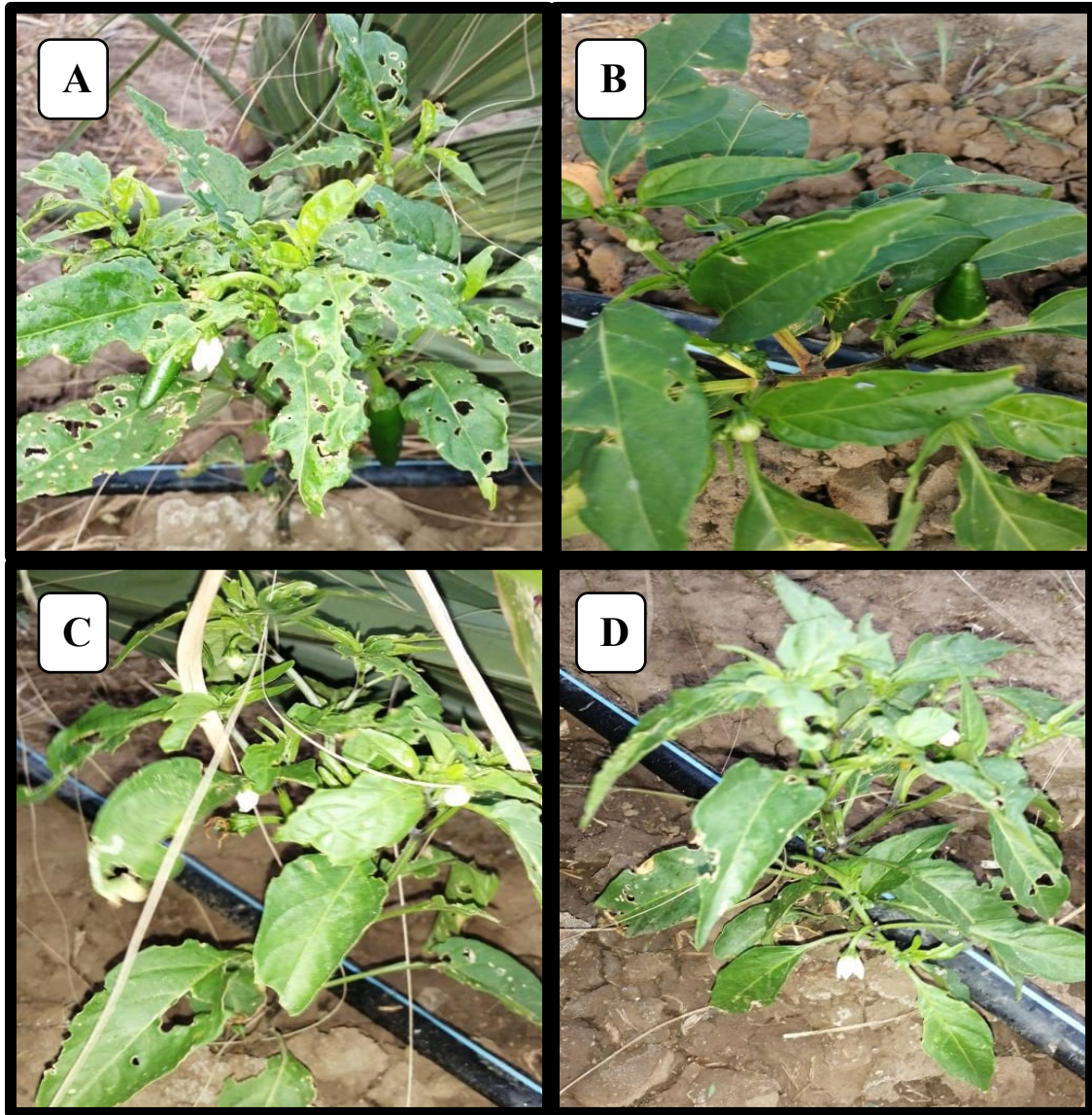


Figura 43. Desarrollo de las plantas de Chile a los 94 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l.

A los 103 días se realizó la primera recolección de frutos, aunque en todas las secciones había frutos, las plantas de la sección sin tratamiento (Figura 44D) eran las únicas que presentaban frutos en un estado de madurez adecuado para ser recolectados. A partir de este momento el desarrollo de las plantas no presentó cambios importantes pues las medidas morfométricas no variaron con anteriormente, además las plantas se habían recuperado de los daños provocados por el viento gracias a la protección que se les colocó.

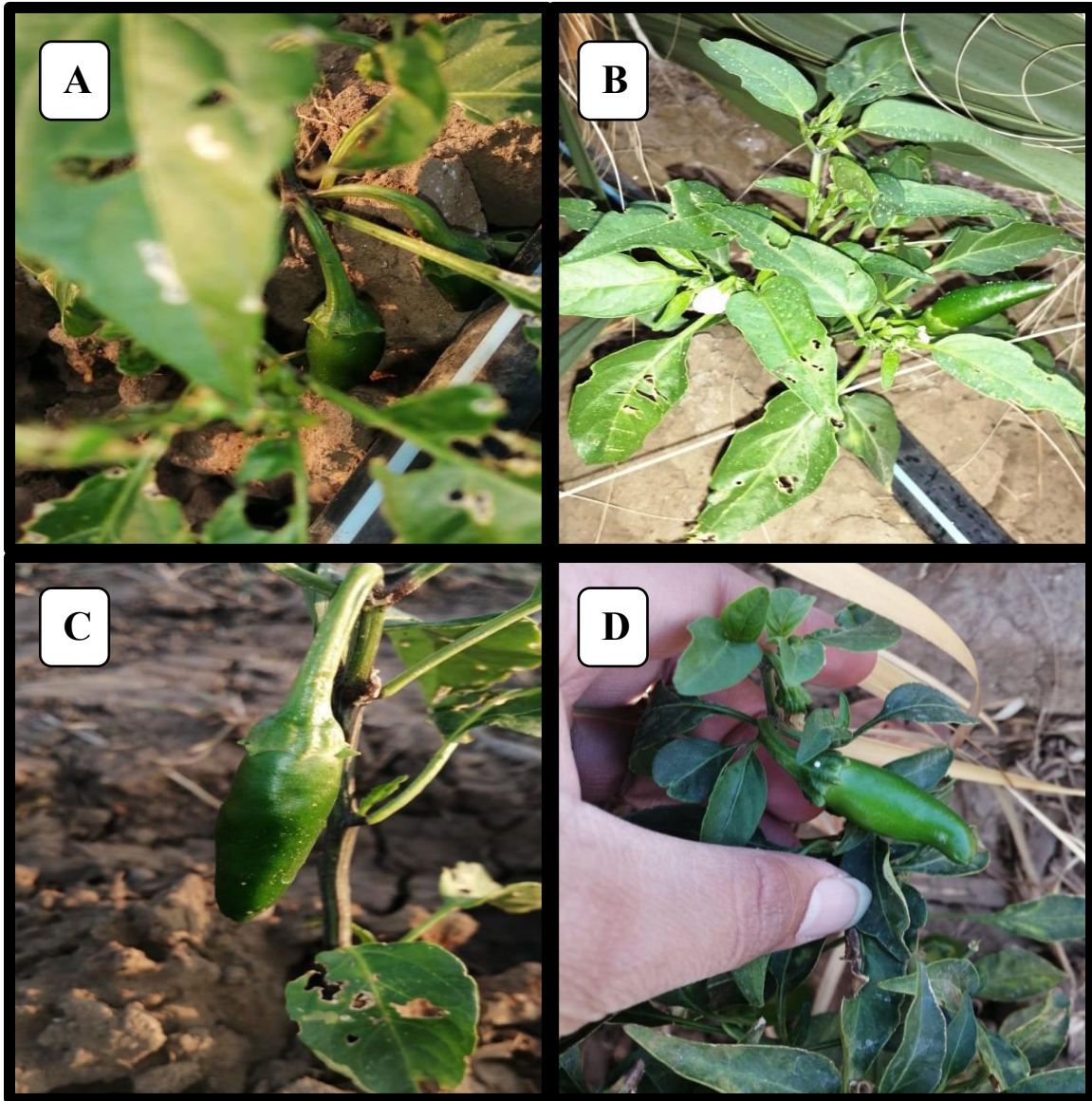


Figura 44. Desarrollo de las plantas de Chile a los 103 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l.

A los 123 días (*Figura 45*) las plantas de todas las secciones se encontraban recuperadas del daño provocado por las condiciones climáticas, además de que fue el primer día en que se realizó la recolección de frutos en todas las secciones. Las plantas se notaba estables, sin afectaciones importantes, además de que el fruto era uniforme.

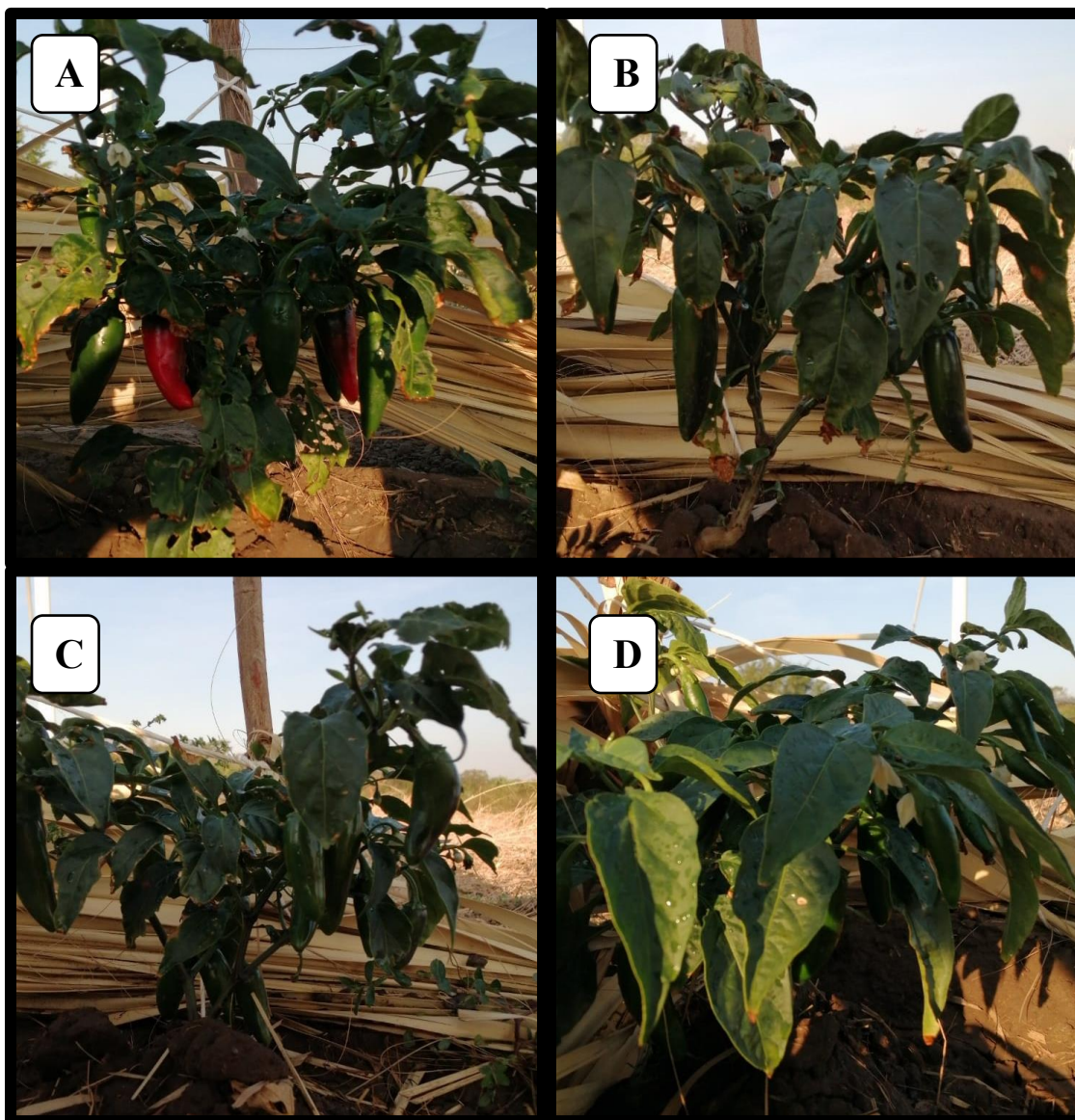


Figura 45. Desarrollo de las plantas de Chile a los 123 días de la siembra: A) PCVS4 1 mg/l, B) PCVS4 0.1 mg/l.

➤ **Análisis Estadístico**

Al igual que en el cultivo de ejote no se aprecia una diferencia significativa en el desarrollo morfológico de las plantas con los diferentes tratamientos (*Cuadro 13 a Cuadro 19 y Figura 46 a Figura 50*). Esto podría deberse a que una sola aplicación de PCVS4 no es suficiente para inducir diferencias durante las diferentes etapas del desarrollo.

Cuadro 13. Altura (cm) en plantas de chile crecidas en campo, según tratamiento. Prueba Kruskal-Wallis

Medianas					
Día/Tratamiento	1 mg/l PCVS4	0.1 mg/l PCVS4	Agua	Sin tratamiento	p
40	7.7	8.7	8.1	10.3	0.185
41	7.9	8.8	8.1	10.4	0.161
44	8.6	9.7	8.4	11.2	0.213
46	9	10	9.4	12.3	0.314
47	9	10	9.4	12.5	0.522
50	10.2	11	9.6	12.7	0.554
53	10.5	13	10	12.9	0.625
55	11.1	13	11.3	13	0.721
57	11.3	13.1	11.3	13.1	0.657
59	11.9	13.3	11.7	13.5	0.577
62	12.3	13.9	12.4	14.1	0.647
65	13	16.2	14.9	18.5	0.525
67	13.5	16.44	15	18.6	0.525
68	13.7	16.7	15.2	18.9	0.525
70	14.2	17.2	15.5	19.3	0.344
79	15.7	21.1	18.2	23.5	0.354
88	17.3	22.4	19.7	24.8	0.354
90	17.7	22.9	20.2	25.4	0.354
93	18.2	23.3	20.8	25.9	0.351
95	18.6	23.7	21.1	26.4	0.354
97	18.9	24	21.6	27.1	0.351
99	19.4	24.4	22.1	27.7	0.354
106	21.1	26.4	23.8	29.5	0.354
109	21.9	26.8	24.6	30.3	0.445
111	22.5	27.4	25.1	30.7	0.445
120	24	28.6	26.4	31.5	0.445
122	24.1	28.6	26.5	31.5	0.445
130	24.4	28.7	27	31.7	0.445
133	24.4	28.7	27.2	31.7	0.445
145	24.5	28.7	27.6	31.9	0.445

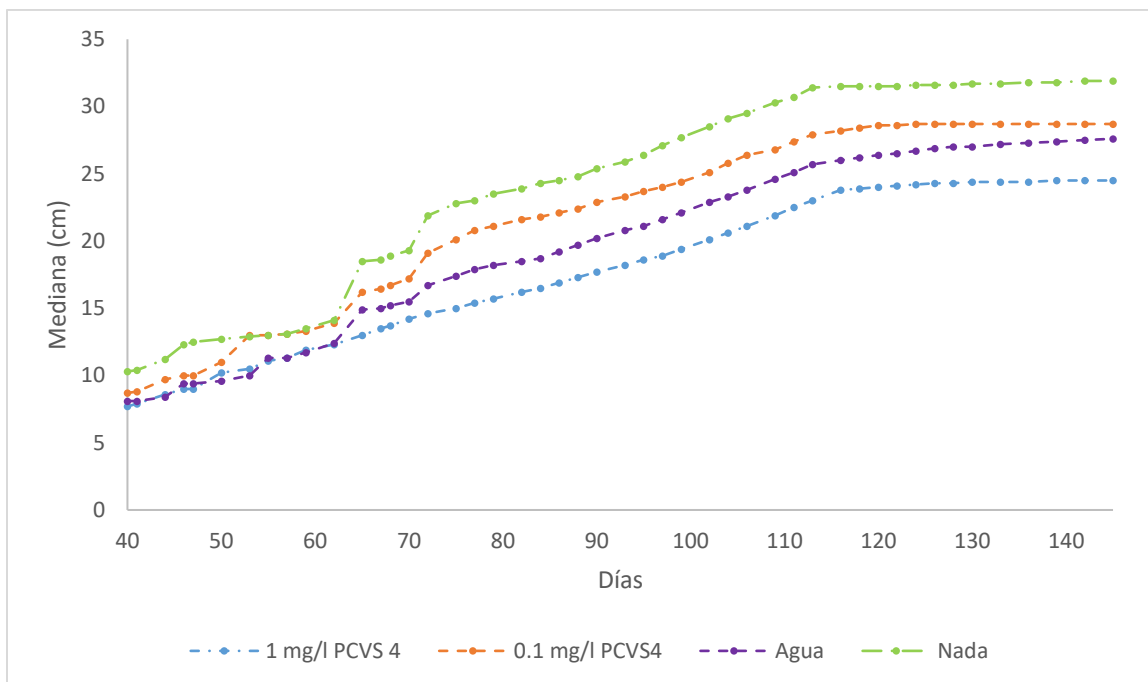


Figura 46. Efecto del PCVS4 en la altura de las plantas de chile crecidas en campo.

Cuadro 14. Numero de hojas en plantas de chile crecidas en campo, según tratamiento. Prueba Kruskal-Wallis

Medianas					
Día/Tratamiento	1 mg/l PCVS4	0.1 mg/l PCVS4	Agua	Sin tratamiento	p
40	6	6	4	5	0.142
41	6	6	4	5	0.071
44	7	6	5	7	0.238
46	7	6	5	9	0.128
47	7	6	6	9	0.133
50	7	7	6	9	0.098
53	8	9	7	9	0.494
55	9	9	8	11	0.252
57	10	9	8	11	0.386
59	10	10	11	14	0.672
62	10	12	12	16	0.604
65	14	13	12	17	0.502
67	14	13	12	18	0.333
68	15	18	16	24	0.655
70	21	21	25	30	0.792
79	41	44	39	49	0.505
88	58	62	57	66	0.485

90	64	69	64	70	0.643
93	73	75	70	75	0.756
95	79	80	74	81	0.728
97	82	84	79	85	0.558
99	86	88	83	88	0.348
106	104	104	98	101	0.114
109	113	111	105	107	0.066
111	119	118	109	112	0.068
120	127	121	120	123	0.281
122	128	124	122	120	0.124
130	127	129	126	122	0.281
133	129	128	127	126	0.599
145	131	133	134	134	0.483

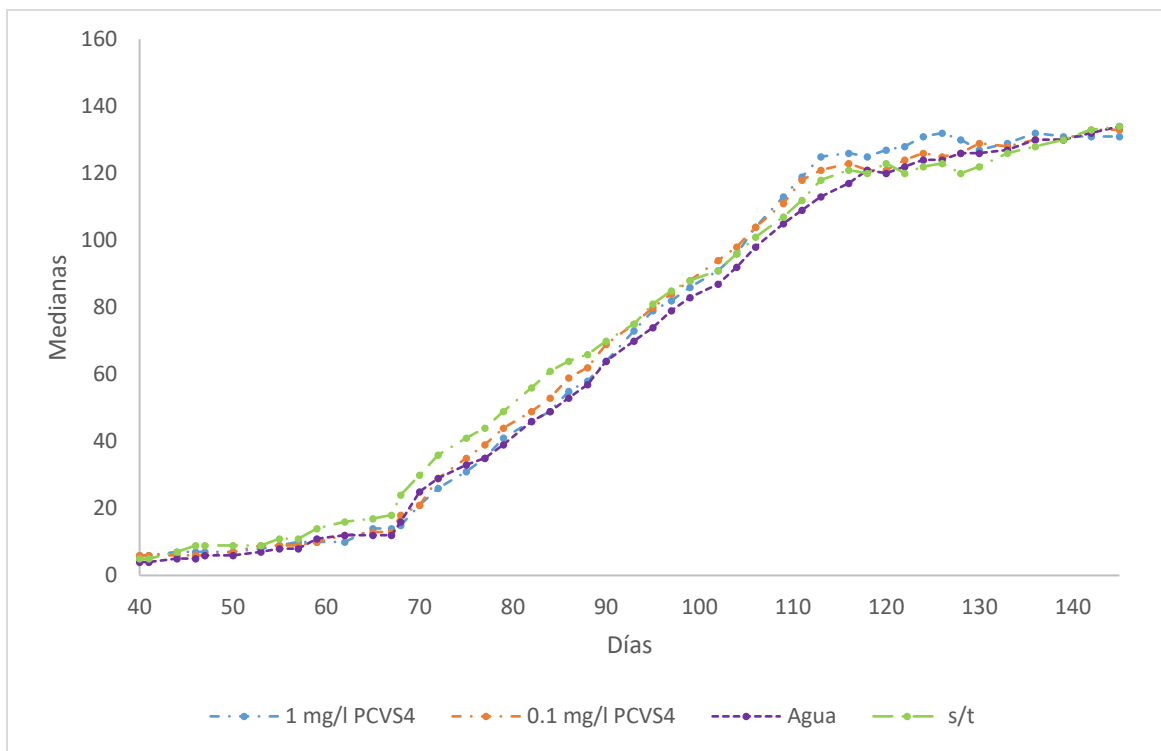


Figura 47. Efecto del PCVS4 en el número de hojas de las plantas de chile crecidas en campo.

Cuadro 15. Largo (mm) de hoja primaria en plantas de chile crecidas en campo, según tratamiento. Prueba ANOVA. Fisher.

Medias					
Día/Tratamiento	1 mg/l PCVS4	0.1 mg/l PCVS4	Agua	Sin tratamiento	p
40	35.51 (A)	37.43 (A)	30.023 (A)	28.29 (A)	0.414
41	36.02 (A)	29.23 (A)	30.423 (A)	37.99 (A)	0.389
44	37.92 (A)	33.920 (A)	33.61 (A)	39.47 (A)	0.442
46	42.48 (A)	36.72 (A)	35.4 (A)	39.99 (A)	0.651
47	43.39 (A)	37.48 (A)	36.09 (A)	40.59 (A)	0.701
50	44.46 (A)	40.17 (A)	36.35 (A)	40.84 (A)	0.635
53	51.66 (A)	43.80 (A)	40.35 (A)	45.61 (A)	0.438
55	54.73 (A)	47.51 (A)	42.61 (A)	52.71 (A)	0.539
57	55.82 (A)	48.34 (A)	43.17 (A)	53.01 (A)	0.511
59	57.84 (A)	52.69 (A)	49.09 (A)	63.07 (A)	0.677
62	59.63 (A)	56.37 (A)	50.95 (A)	64.43 (A)	0.687
65	60.13 (A)	57.34 (A)	52.09 (A)	65.48 (A)	0.686
67	60.17 (A)	57.39 (A)	52.14 (A)	65.53 (A)	0.686
68	62.26 (A)	60.46 (A)	62.03 (A)	67.36 (A)	0.967
70	62.59 (A)	61.17 (A)	65.26 (A)	67.53 (A)	0.955
79	64.67 (A)	63.59 (A)	68.06 (A)	71.01 (A)	0.929
88	65.31 (A)	64.25 (A)	68.68 (A)	71.63 (A)	0.93
90	65.44 (A)	64.39 (A)	68.77 (A)	71.79 (A)	0.93
93	65.66 (A)	64.67 (A)	69.09 (A)	72.05 (A)	0.928
95	65.81 (A)	64.86 (A)	69.24 (A)	72.21 (A)	0.929
97	65.92 (A)	65 (A)	69.36 (A)	72.35 (A)	0.929
99	66.17 (A)	65.36 (A)	69.54 (A)	72.57 (A)	0.933
106	66.92 (A)	66.02 (A)	70.24 (A)	73.18 (A)	0.932
109	67.22 (A)	66.34 (A)	70.45 (A)	73.39 (A)	0.934
111	67.40 (A)	66.58 (A)	70.62 (A)	73.60 (A)	0.935
120	66.77 (A)	66.95 (A)	70.99 (A)	73.85 (A)	0.933
122	67.81 (A)	66.65 (A)	71.03 (A)	73.86 (A)	0.924
130	67.88 (A)	66.75 (A)	71.12 (A)	73.87 (A)	0.924
133	67.90 (A)	66.78 (A)	71.12 (A)	73.87 (A)	0.924
145	67.97 (A)	66.86 (A)	71.21 (A)	73.93 (A)	0.923

Cuadro 16. Ancho (mm) de hoja primaria en plantas de chile crecidas en campo, según tratamiento. Prueba ANOVA. Fisher

Medias					
Día/Tratamiento	1 mg/l PCVS4	0.1 mg/l PCVS4	Agua	Sin tratamiento	p
40	20.40 (A)	16.9 (A, B)	12.957 (B)	20.41 (A, B)	0.142
41	21.22 (A)	17.26 (A, B)	13.23 (B)	20.97 (A, B)	0.109
44	22.53 (A)	18.43 (A)	16.257 (A)	22.56 (A)	0.178
46	23.29 (A)	19.57 (A)	16.737 (A)	23.22 (A)	0.209
47	23.58 (A)	19.96 (A)	16.977 (A)	23.51 (A)	0.237
50	23.69 (A)	20.98 (A)	17.157 (A)	23.78 (A)	0.215
53	24.82 (A)	22.16 (A)	19.730 (A)	24.42 (A)	0.381
55	26.90 (A)	24.777 (A)	20.97 (A)	25.15 (A)	0.45
57	28.21 (A)	25.840 (A)	22.01 (A)	25.98 (A)	0.305
59	31.65 (A)	26.437 (B)	23.47 (B)	27.02 (A, B)	0.038
62	32.07 (A)	29.177 (A)	26.12 (A)	28.04 (A)	0.274
65	34.25 (A)	30.977 (A, B)	26.66 (B)	29.71 (A, B)	0.147
67	34.28 (A)	31.027 (A, B)	26.75 (B)	29.90 (A, B)	0.148
68	35.64 (A)	33.32 (A)	29.69 (A)	30.03 (A)	0.183
70	36.45 (A)	34.127 (A)	30.81 (A)	30.80 (A)	0.205
79	39.19 (A)	37.20 (A)	34.65 (A)	34.15 (A)	0.232
88	39.60 (A)	37.95 (A)	35.33 (A)	34.75 (A)	0.209
90	39.79 (A)	38.07 (A)	35.51 (A)	34.97 (A)	0.222
93	40.02 (A)	38.31 (A)	35.73 (A)	35.18 (A)	0.217
95	40.17 (A)	38.44 (A)	35.87 (A)	35.30 (A)	0.216
97	40.35 (A)	38.58 (A)	36.04 (A)	35.43 (A)	0.209
99	40.55 (A)	38.75 (A)	36.23 (A)	35.69 (A)	0.213
106	41.15 (A)	39.39 (A)	36.88 (A)	36.26 (A)	0.218
109	41.38 (A)	39.58 (A)	37.11 (A)	36.45 (A)	0.219
111	41.48 (A)	39.79 (A)	37.29 (A)	36.64 (A)	0.216
120	41.90 (A)	40.787 (A)	37.61 (A)	36.99 (A)	0.142
122	41.92 (A)	40.800 (A)	37.63 (A)	37.02 (A)	0.142
130	41.95 (A)	40.840 (A)	37.68 (A)	37.12 (A)	0.141
133	41.96 (A)	40.847 (A)	37.69 (A)	37.16 (A)	0.14
145	41.99 (A)	40.887 (A, B)	37.75 (B)	37.30 (A, B)	0.137

Cuadro 17. Tallo inferior (mm) en plantas de chile crecidas en campo, según tratamiento. Prueba Kruskal-Wallis

Medianas					
Día/Tratamiento	1 mg/l PCVS4	0.1 mg/l PCVS4	Agua	Sin tratamiento	p
40	1.83	1.86	1.64	1.66	0.988
41	1.87	1.9	1.71	1.7	0.951
44	1.99	2.07	1.86	2.03	0.916
46	2.11	2.15	1.97	2.18	0.749
47	2.12	2.15	2	2.18	0.749
50	2.13	2.27	2.01	2.22	0.647
53	2.31	2.5	2.37	2.43	0.921
55	2.38	2.7	2.52	2.66	0.45
57	2.49	2.77	2.68	2.69	0.854
59	3.1	3.58	2.71	3.15	0.854
62	3.15	3.68	2.75	3.66	0.664
65	3.17	3.7	2.79	3.69	0.525
67	3.2	3.73	2.81	3.7	0.458
68	3.63	3.8	3.31	3.78	0.525
70	3.86	3.85	3.45	3.93	0.525
79	4.52	4.26	4.03	4.42	0.409
88	4.84	4.62	4.43	4.76	0.615
90	4.88	4.64	4.48	4.81	0.615
93	4.96	4.71	4.56	4.87	0.615
95	5	4.75	4.6	4.91	0.615
97	5.05	4.81	4.66	4.96	0.615
99	5.09	4.85	4.71	5.02	0.615
106	5.27	5.04	4.89	5.36	0.554
109	5.34	5.13	4.97	5.34	0.597
111	5.39	5.18	5.03	5.4	0.569
120	5.51	5.33	5.18	5.55	0.569
122	5.52	5.34	5.2	5.58	0.569
130	5.54	5.37	5.22	5.59	0.569
133	5.55	5.37	5.24	5.59	0.569
145	5.58	5.38	5.29	5.6	0.569

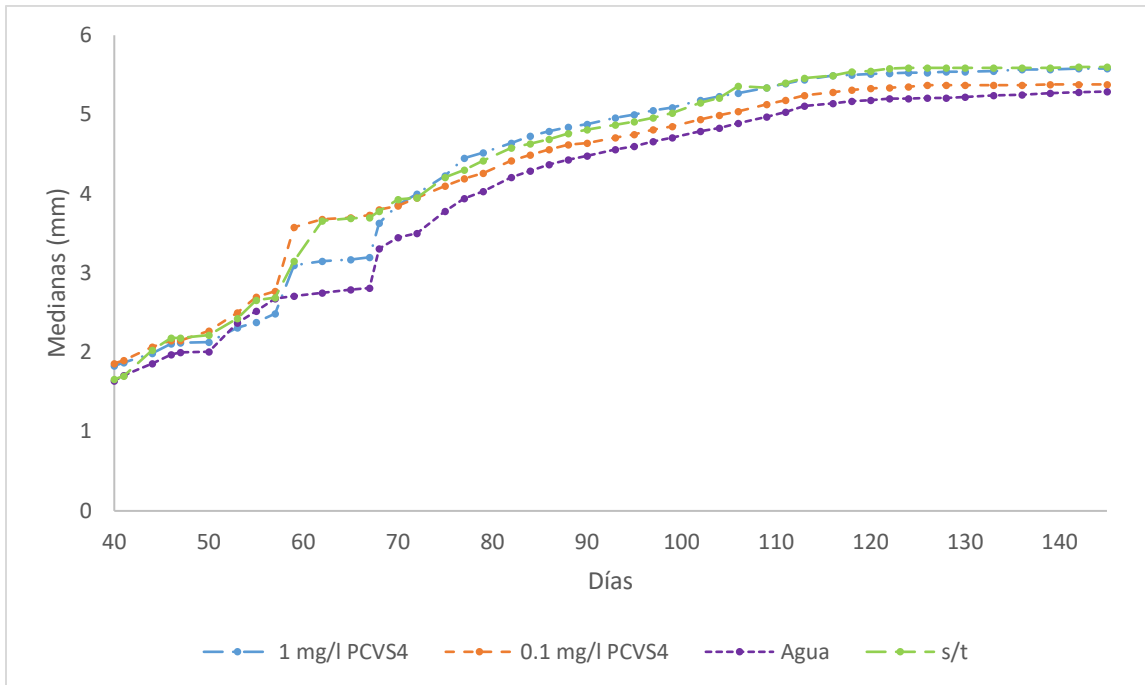


Figura 48. Efecto del PCVS4 en el tallo inferior de las plantas de chile crecidas en campo.

Cuadro 18. Tallo medio (mm) en plantas de chile crecidas en campo, según tratamiento. Prueba Kruskal-Wallis

Medianas					
Día/Tratamiento	1 mg/l PCVS4	0.1 mg/l PCVS4	Agua	Sin tratamiento	p
40	1.71	1.9	1.42	1.73	0.334
41	1.88	1.94	1.51	1.73	0.351
44	2.07	2.09	1.66	1.87	0.297
46	2.16	2.17	1.74	1.92	0.297
47	2.16	2.17	1.74	1.92	0.297
50	2.19	2.19	1.84	2.11	0.37
53	2.28	2.42	2.08	2.41	0.554
55	2.32	2.47	2.13	2.47	0.756
57	2.35	2.5	2.19	2.49	0.68
59	3	3.04	2.34	2.97	0.617
62	3.06	3.09	2.35	3.34	0.68
65	3.09	3.17	2.38	3.41	0.647
67	3.11	3.2	2.4	3.49	0.544
68	3.43	3.24	3.25	3.65	0.525

70	3.57	3.61	3.34	3.85	0.375
79	4.4	4.22	3.98	4.23	0.47
88	4.82	4.63	4.36	4.66	0.439
90	4.82	4.63	4.36	4.71	0.465
93	4.89	4.7	4.42	4.79	0.439
95	4.94	4.75	4.47	4.85	0.409
97	4.99	4.8	4.51	4.89	0.439
99	5.06	4.83	4.57	4.96	0.47
106	5.23	4.99	4.81	5.16	0.554
109	5.3	5.08	4.91	5.24	0.615
111	5.34	5.14	5.02	5.31	0.585
120	5.49	5.28	5.17	5.47	0.585
122	5.5	5.3	5.19	5.49	0.615
130	5.51	5.31	5.22	5.54	0.569
133	5.51	5.31	5.22	5.54	0.569
145	5.52	5.32	5.25	5.57	0.569

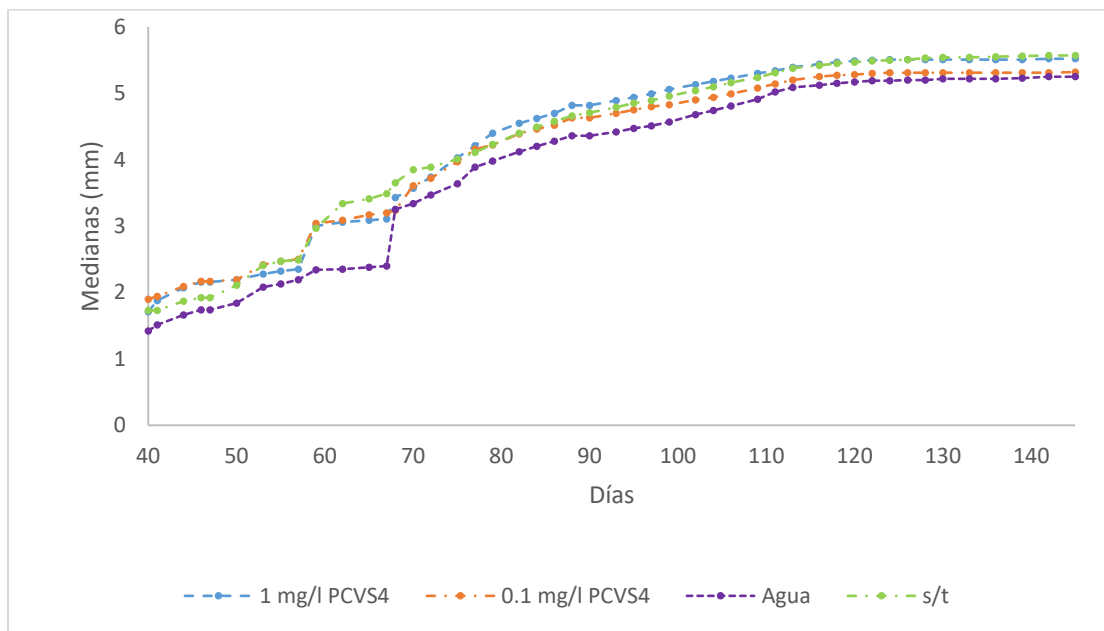


Figura 49. Efecto del PCVS4 en el tallo medio de las plantas de chile crecidas en campo.

Cuadro 19. Tallo superior (mm) en plantas de chile crecidas en campo, según tratamiento. Prueba Kruskal-Wallis

Medianas					
Día/Tratamiento	1 mg/l PCVS4	0.1 mg/l PCVS4	Agua	Sin tratamiento	p
40	1.58	1.86	1.31	1.7	0.867
41	1.69	1.95	1.36	1.81	0.87
44	2.03	2.11	1.66	1.95	0.484
46	2.11	2.19	1.74	2	0.484
47	2.12	2.19	1.74	2	0.484
50	2.12	2.2	1.75	2.04	0.54
53	2.16	2.27	1.93	2.3	0.508
55	2.17	2.28	2.19	2.38	0.664
57	2.19	2.31	2.25	2.4	0.836
59	2.59	2.72	2.26	2.95	0.554
62	2.62	2.95	2.33	3.13	0.386
65	2.87	3.09	2.35	3.22	0.294
67	2.91	3.13	2.46	3.29	0.297
68	3.28	3.14	3.01	3.65	0.271
70	3.51	3.42	3.19	3.81	0.297
79	4.24	4.1	3.79	4.18	0.334
88	4.73	4.49	4.24	4.59	0.47
90	4.79	4.53	4.31	4.65	0.409
93	4.85	4.61	4.38	4.71	0.409
95	4.89	4.66	4.42	4.78	0.409
97	4.93	4.72	4.48	4.84	0.439
99	4.99	4.79	4.52	4.9	0.439
106	5.17	4.96	4.73	5.1	0.47
109	5.25	5.03	4.81	5.18	0.47
111	5.3	5.09	4.89	5.25	0.491
120	5.42	5.24	5.1	5.42	0.615
122	5.44	5.25	5.12	5.44	0.585
130	5.48	5.27	5.18	5.47	0.585
133	5.48	5.27	5.19	5.47	0.615
145	5.51	5.3	5.21	5.53	0.484

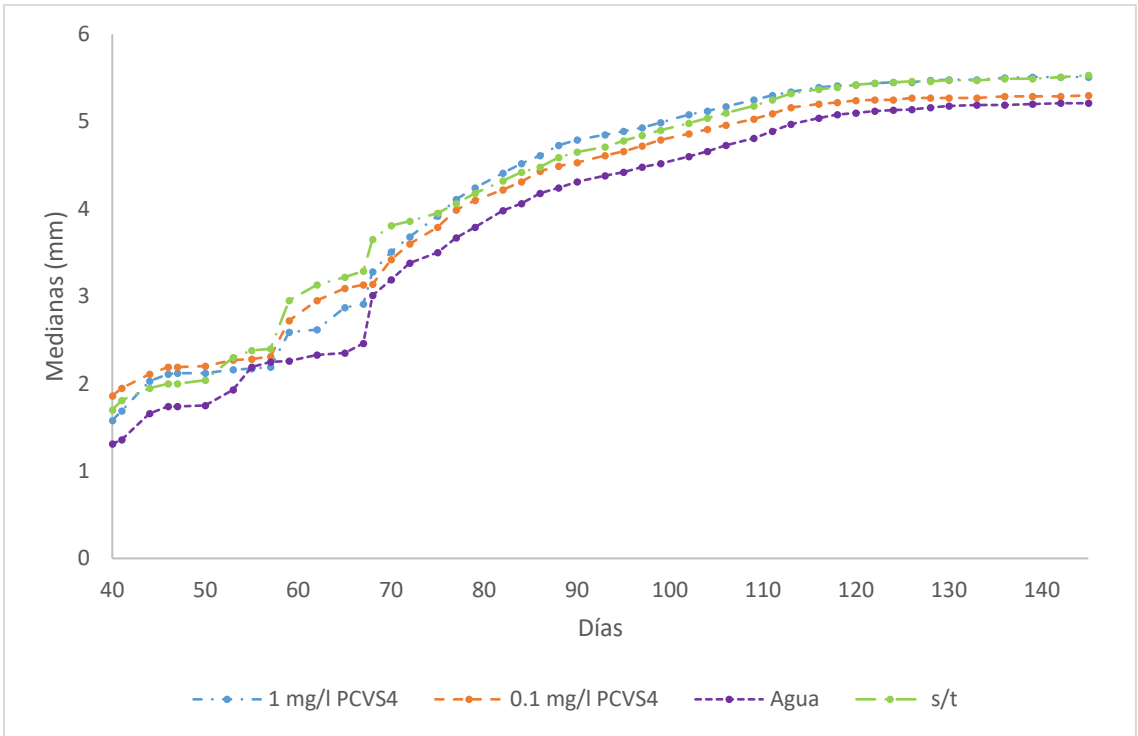


Figura 50. Efecto del PCVS4 en el tallo alto de las plantas de chile crecidas en campo.

3.3 Producción

3.3.1 Ejote (*Phaseolus vulgaris*)

La producción de ejote (*Figura 51*) comenzó el día 56 en la sección tratada con 1 mg/l de PCVS4, y se obtuvo una primera recolección de 60 gramos (*Cuadro 20*). Las plantas de la sección tratada con 0.1 mg/l de PCVS4 no llegaron hasta la etapa de fruto, ya que durante su desarrollo se perdió completamente el cultivo. La sección que presentó una mayor producción fue la sección tratada con acetona, con un total de 475 gramos (*Cuadro 20*), las secciones en las que hubo menor producción fueron la sección tratada con 1 mg/l de PCVS4 y la sección sin tratamiento con un total de 290 gramos cada una (*Cuadro 20*).



Figura 51 Producción de ejote.

Cuadro 20. Producción de ejote por tratamiento en masa (g).

Tratamiento	Punto	D 57	D 58	D 61	D 63	D 64	D 68	D 72	D 75	D 78	D 81	D 85	D 89	D 91	D 93	D 96
1 mg/l	1	60	70	12 0	12 0	12 0	12 0	12 5	13 5	14 0	14 5	15 0	17 5	18 0	19 0	19 5
1 mg/l	4	0	0	0	5	5	35	35	35	35	35	35	35	35	40	45
1 mg/l	5	0	0	0	0	0	15	15	20	20	35	35	35	35	45	50
Acetona	2	0	0	10	10	15	15	25	35	45	65	70	75	90	95	95
Acetona	3	0	0	80 0	11 0	11 5	15 5	15 5	15 5	15 5	16 5	18 0	20 5	23 0	25 5	27 0
Acetona	5	0	0	0	0	5	35	45	55	55	80	95	10 0	10 5	11 0	11 0
Agua	2	0	25	65	65	90	14 0	14 5	15 0	15 5	15 5	16 0	16 0	17 5	19 5	21 5
Agua	3	0	10	45	45	75	12 5	14 5	15 0	15 5	16 0	16 5	17 0	18 0	19 5	20 0
Nada	1	0	0	25	45	55	90	13 0	14 0	15 5	16 0	16 0	18 0	18 0	20 0	21 0
Nada	4	0	0	10	10	10	30	30	30	35	40	40	40	40	55	60
Nada	5	0	0	0	0	0	0	5	20	20	20	20	20	20	20	20

➤ Análisis Estadístico

La producción de ejote no se vio mejorada por la aplicación de los tratamientos de PCVS4 en comparación con los demás tratamientos, inclusive en la sección tratada únicamente con agua, se observó una producción superior a los demás tratamientos (Cuadro 21, Figura 52).

Cuadro 21 Producción en campo de ejote según tratamiento. Prueba Kruskal-Wallis

Medianas					
Día/Tratamiento	1 mg/l PCVS4	Acetona	Agua	Sin tratamiento	P
57	0	0	0	0	0.446
58	0	0	17.5	0	0.123
61	0	10	55	10	0.657
63	5	10	55	10	0.737
64	5	15	82.5	10	0.581
68	35	35	132.5	30	0.321
72	35	45	145	30	0.307
75	35	55	150	30	0.228
78	35	55	155	35	0.251
81	35	80	157.5	40	0.34
85	35	95	162.5	40	0.246
89	35	100	165	40	0.646
91	35	105	177.5	40	0.526
93	45	110	195	55	0.392
96	50	110	207.5	60	0.296

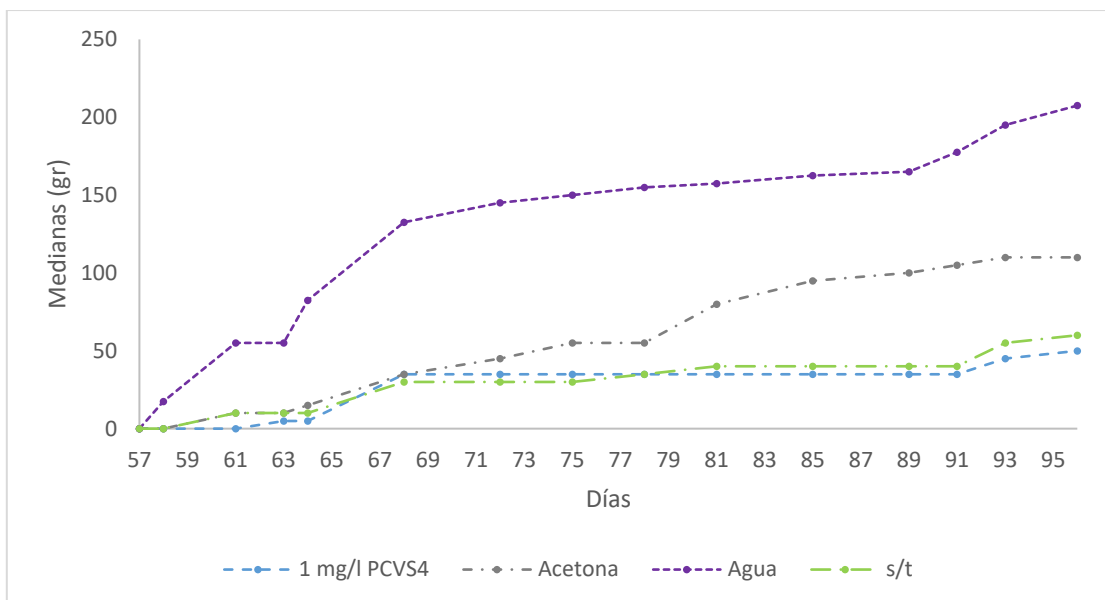


Figura 52 Efecto del PCVS4 en la producción de ejote en campo.

3.3.2 Chile (*Capsicum annuum*)

Por otro lado, la producción de chile (*Figura 53*) comenzó a los 103 días, siendo las plantas de la sección sin tratamiento las primeras en presentar frutos maduros con una masa de 30 gramos (*Cuadro 22*). Como se mencionó anteriormente las plantas de la sección tratada con acetona no sobrevivieron al trasplante. La sección en que se presentó una mayor producción fue la sección tratada con agua con (*Cuadro 22*), mientras que la de menor producción fue la sección tratada con 1 mg/l de PCVS4. Hay que recalcar que hasta este punto todas las secciones contaban con las 3 plantas a excepción de la sección que no recibió tratamiento, la cual solo contaba con una planta, incluso con esta limitante no fue la sección menos productora.



Figura 53 Producción de chile.

Cuadro 22. Producción de chile por tratamiento en masa (g).

Tratamiento	Punto	D103	D107	D111	D114	D118	D123	D131	D136	D143	D151	D169
1 mg/l	1	0	0	0	0	10	50	130	160	160	210	240
1 mg/l	3	0	0	0	0	10	25	55	85	85	125	125
1 mg/l	5	0	0	15	15	30	30	80	130	150	160	210
0.1 mg/l	1	0	0	0	60	60	80	110	150	200	210	330
0.1 mg/l	3	0	0	0	0	0	40	70	110	130	170	200
0.1 mg/l	5	0	0	0	0	0	30	120	200	200	230	280
Agua	1	0	0	0	0	0	15	85	145	205	225	325
Agua	2	0	0	0	0	10	90	140	190	270	300	440
Agua	4	0	20	20	20	40	40	70	110	150	250	340
Nada	1	30	40	70	70	80	110	140	210	240	340	480

➤ Análisis Estadístico

En la producción de chile no se observó una diferencia significativa entre los diferentes tratamientos, las plantas tratadas con el compuesto PCVS4 fueron las que mostraron un menor rendimiento, destacando que las plantas de la sección sin tratamiento presentaron la mayor producción.

Cuadro 23 Producción de chile en campo según tratamiento. Prueba Kruskal-Wallis

Medianas					
Día/Tratamiento	1 mg/l PCVS4	0.1 mg/l PCVS4	Agua	Sin tratamiento	P
103	0	0	0	30	0.029
107	0	0	0	10	0.211
111	0	0	0	30	0.112
114	0	0	0	0	0.506
118	10	0	10	10	0.173
123	15	30	15	30	0.804
131	50	30	50	30	0.801
136	30	40	50	70	0.324
143	0	20	60	30	0.113
151	40	40	30	100	0.531
169	30	50	100	140	0.133

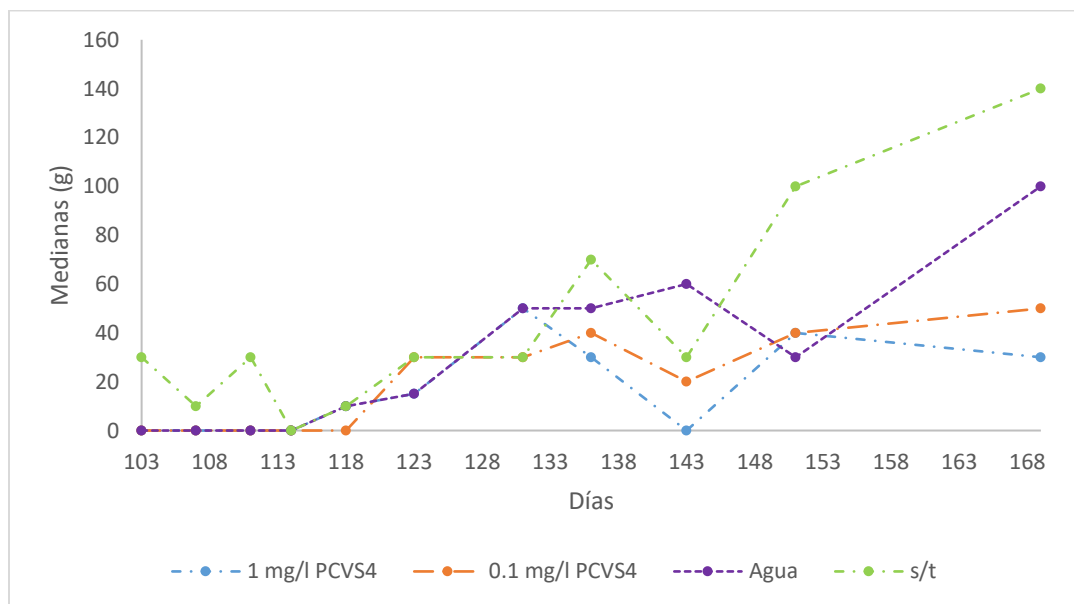


Figura 54 Efecto del PCVS4 en la producción de chile en campo.

CONCLUSIONES

Una vez concluido el desarrollo experimental y el análisis estadístico, se llegó a las siguientes conclusiones:

Es importante evaluar las temporadas de siembra, para evitar inconvenientes con las condiciones climáticas durante el desarrollo de las plantas, ya que debido al exceso de humedad ocasionada por las lluvias, el cultivo de calabaza no logró desarrollarse, por lo que no se obtuvieron los datos de desarrollo y producción.

El monitoreo constante y la aplicación de controles preventivos de plagas podrían jugar un papel fundamental en el desarrollo y la producción de los diferentes cultivos.

PCVS4 demostró estadísticamente, tener un efecto benéfico al acelerar el proceso de germinación en los diferentes cultivos que se realizaron, sugiere que la aplicación de este compuesto podría ser promover germinación, pero aun es necesario realizar más pruebas contundentes,

El posible efecto como promotor de germinación podría ser un factor atractivo para la comunidad agrícola debido a la importancia de mejorar esta etapa en el proceso de los diferentes cultivos.

Estadísticamente se demostró que PCVS4 no causa un efecto significativo en el desarrollo y la producción de ninguno de los cultivos.

PERSPECTIVAS

Probar los efectos de la aplicación de PCVS4 en otras especies, quizás en modelos monocotiledóneos, con el propósito de tener datos en campo de todo tipo de cultivos.

Probar dosis más altas del compuesto que las utilizadas en el presente estudio, para determinar la dosis óptima en condiciones de campo abierto.

Hacer pruebas con diferentes solventes para recabar más datos de la interacción y el efecto que los solventes podrían causar en el desarrollo.

La acetona ha demostrado tener un efecto como bactericida, y sería importante hacer análisis para ver si dicho efecto podría estar interfiriendo en los resultados al proteger las semillas de estos microorganismos en la tierra.

Se demostró que existe un efecto significativo en la etapa de germinación, pero no en las etapas de desarrollo y producción, por lo que podría ser interesante considerar una metodología en la cual se realice una aplicación foliar del compuesto PCVS4 en diferentes estadios de la planta para evaluar si esto tiene un efecto significativo tanto en el desarrollo como en la producción.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. Bisang, M. Campi, V. Cesa, *Biotecnología y desarrollo*, Buenos aires, 2009.
- [2] D. de A.E. y S.D. de P. Naciones Unidas, *World Population Prospects 2019*, datos personalizados adquiridos a través del sitio web., (2019). <https://population.un.org/wpp/DataQuery/> (accessed November 15, 2021).
- [3] Archivos electrónicos y sitio web. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, *Tierras agrícolas (kilómetros cuadrados)*, (2019). <https://datos.bancomundial.org/indicador/AG.LND.AGRI.K2?end=2018&start=1961&view=chart> (accessed November 15, 2021).
- [4] FAO, *2050: un tercio más de bocas que alimentar*, (2009). <https://www.fao.org/news/story/es/item/35675/icode/> (accessed November 17, 2021).
- [5] FAO, FIDA, PMA, *La contribución del crecimiento agrícola a la reducción de la pobreza, el hambre y la malnutrición, El Estado de La Inseguridad Alimentaria En El Mundo.* (2012) 30–39. <http://www.fao.org/docrep/017/i3027s/i3027s04.pdf>.
- [6] FAO, *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura : la gestión de los sistemas en situación de riesgo.*, Mundi-Prensa, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2012.
- [7] FAO, *Perspectivas por sectores principales. Producción de cultivos*, 2002.
- [8] P-ÁRTE-TE, *Las actividades del sector primario*, Blog de Ciencias Sociales. (2015). <http://2015diveriesisabel.blogspot.com/2015/02/economia-ii-las-actividades-economicas.html> (accessed November 18, 2021).
- [9] E. Hernández Silva, I. García-Martínez, *Brasinoesteroides en la agricultura. II*, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* 7 (2017) 451. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i2.357>.
- [10] Paulina Vega-Celedón, Hayron Canchignia Martínez, Myriam González, Michael Seeger, *Biosíntesis de ácido indol-3-acético y promoción del crecimiento de plantas por bacterias*, *Cultivos Tropicales.* 37 (2016) 33–39.
- [11] B.-V. Ricardo, J.-O. Alberto, A.-H. Leonel, D. Del, A. Resumen, D. De, *Las fitohormonas una pieza clave en el desarrollo de la agricultura The plant*

hormones, an important component of the agriculture development Editado por: Selva Andina Research Society, 2020.

- [12] CEDRSSA, Análisis de la producción y consumo de hortalizas, (2020).
- [13] Servicio De Información Agroalimentaria Y Pesquera (SIAP), Panorama Agroalimentario, 2 (2020).
- [14] Secretaria de Educacion Publica (SEP), La diversidad economica de México, in: Dirección General de Materiales Educativos de la Secretaría de Educación Pública (Ed.), Geografía Cuarto Grado, 4th ed., Ciudad de México, 2019: pp. 115–125.
- [15] Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Ejote: inmaduro pero delicioso, (2019). <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/ejote-inmaduro-pero-delicioso> (accessed November 17, 2021).
- [16] Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM), Cucurbita pepo pepo. Infomación Taxonómica, 2005.
- [17] Antonio Morales Maza, Jorge Iván Alvarado Padilla, Eva Avila Casilas, Benjamín Hernández Vázquez, Sergio Payán Ochoa, Producción de calabacita, Revista HortiCultivos. (2013). <https://www.horticultivos.com/cultivos/cucurbitaceas/calabaza/produccion-de-calabacita/> (accessed November 19, 2021).
- [18] G. Castellanos-Morales, K.Y. Ruiz-Mondragón, H.S. Hernández-Rosales, G. Sánchez-De La Vega, N. Gámez, E. Aguirre-Planter, S. Montes-Hernández, R. Lira-Saade, L.E. Eguiarte, Tracing back the origin of pumpkins (*Cucurbita pepo* ssp. *Pepo* L.) in Mexico, Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 286 (2019). <https://doi.org/10.1098/rspb.2019.1440>.
- [19] INIFAP, Carta Tecnológica Para El Cultivo De Calabacita, SAGARPA. (2015).
- [20] Á. Beyra, G.R. Artilles, Revisión taxonómica de los géneros *Phaseolus* y *Vigna* (Leguminosae-Papilionoideae) en Cuba, n.d. www.rjb.csic.es.
- [21] D.G. Debouck, R. Hidalgo, Morfología de la planta de frijol comun, (1985). <https://hdl.handle.net/10568/81884> (accessed November 16, 2021).
- [22] José A. Polanía, Identificación de características morfofisiológicas asociadas a la adaptación a sequía para ser usadas como criterios de selección en mejoramiento de frijol común. *Phaseolus vulgaris* L., 2011.
- [23] Nelly Paredes Andrade, Caracterización morfológica de 200 accesiones de chile (*Capsicum* spp.) del banco de germoplasma del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), 2012.

- [24] Paul W. Bosland, Capsicums: usos innovadores de una cosecha antigua, Progreso En Nuevos Cultivos. ASHS Press. (1996) 479–487. <https://hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1996/V3-479.html> (accessed November 16, 2021).
- [25] Agro Krebs, Etapas fenológicas del cultivo de pimiento, (2020). <https://m.facebook.com/agrokrebs/photos/a.565875290563594/988781861606266/> (accessed November 19, 2021).
- [26] Johan Steven Alcantara Cortes, Acero Godoy Jovanna, Alcántara Cortés, Jonathan David, Sánchez Mora Ruth Melida, Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal, NOVA. 17 (2019) 109–129.
- [27] M.D. Grove, G.F. Spencer, W.K. Rohwedder, N. Mandava, J.F. Worley, J.D. Warthen, G.L. Steffens, J.L. Flippen-Anderson, J.C. Cook, Brassinolide, a plant growth-promoting steroid isolated from Brassica napus pollen, Nature. 281 (1979) 216–217. <https://doi.org/10.1038/281216a0>.
- [28] L. Saenz, I. Cordova, F. Rodríguez, Los brasinoesteroides. Una nueva clase de hormonas vegetales, Ciencia. 57 (2006) 80–87. <https://biblat.unam.mx/es/revista/ciencia-academia-mexicana-de-ciencias/articulo/los-brasinoesteroides-una-nueva-clase-de-hormonas-vegetales> (accessed August 17, 2021).
- [29] P. Krishna, Brassinosteroid-Mediated Stress Responses, Journal of Plant Growth Regulation. 22 (2003) 289–297. <https://doi.org/10.1007/s00344-003-0058-z>.
- [30] N. Soria, Evaluación de brasinoesteroides en el cultivo del rosal (rosa spp.) var. freedom en el cantón patate provincia del Tungurahua., 2011.
- [31] G. Ephritikhine, M. Fellner, C. Vannini, D. Lapous, H. Barbier-Brygoo, The sax1 dwarf mutant of Arabidopsis thaliana shows altered sensitivity of growth responses to abscisic acid, auxin, gibberellins and ethylene and is partially rescued by exogenous brassinosteroid, Plant Journal. 18 (1999) 303–314. <https://doi.org/10.1046/j.1365-313X.1999.00454.x>.
- [32] V. Khripach, Twenty Years of Brassinosteroids: Steroidal Plant Hormones Warrant Better Crops for the XXI Century, Annals of Botany. 86 (2000) 441–447. <https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1227>.
- [33] N. Ikekawa, Y.-J. Zhao, Application of 24-Epibrassinolide in Agriculture, in: 1991: pp. 280–291. <https://doi.org/10.1021/bk-1991-0474.ch024>.

- [34] G. Adam, V. Marquardt, Brassinosteroids, *Phytochemistry*. 25 (1986) 1787–1799. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)81151-6](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)81151-6).
- [35] K. Mori, M. Sakakibara, Y. Ichikawa, H. Ueda, K. Okada, T. Umemura, G. Yabuta, S. Kuwahara, M. Kondo, M. Minobe, A. Sogabe, Synthesis of (22S, 23S)-homobrassinolide and brassinolide from stigmaterol, *Tetrahedron*. 38 (1982) 2099–2109. [https://doi.org/10.1016/0040-4020\(82\)85157-0](https://doi.org/10.1016/0040-4020(82)85157-0).
- [36] K. Richter, G. Adam, H.M. Vorbrod, Inhibiting effect of 22S, 23S-homobrassinolide on the moult of the cockroach *Periplaneta americana* (L.) (Orthopt., Blattidae), *Journal of Applied Entomology*. 103 (1987) 532–534. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1987.tb01020.x>.
- [37] M.A. Fernández-Herrera, H. López-Muñoz, J.M.V. Hernández-Vázquez, M. López-Dávila, S. Mohan, M.L. Escobar-Sánchez, L. Sánchez-Sánchez, B.M. Pinto, J. Sandoval-Ramírez, Synthesis and biological evaluation of the glycoside (25R)-3 β ,16 β -diacetoxy-22-oxocholest-5-en-26-yl β -d-glucopyranoside: A selective anticancer agent in cervicouterine cell lines, *European Journal of Medicinal Chemistry*. 46 (2011) 3877–3886. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2011.05.058>.
- [38] R. Zeferino-Diaz, J.C. Hilario-Martinez, M. Rodriguez-Acosta, A. Carrasco-Carballo, M.G. Hernandez-Linares, J. Sandoval-Ramirez, M.A. Fernandez-Herrera, Mimicking natural phytohormones. 26-Hydroxycholestan-22-one derivatives as plant growth promoters, *Steroids*. 125 (2017) 20–26. <https://doi.org/10.1016/j.steroids.2017.06.004>.

ANEXOS

Prueba de normalidad en germinación.

Anexo 1 Resultados de prueba de normalidad de Anderson-Darling de germinacion de ejote en campo.

Día	Valor "p"
3	< 0.005
4	< 0.005
5	< 0.005
6	< 0.005

Anexo 2 Resultados de prueba de normalidad de Anderson-Darling de germinacion de calabaza en campo.

Día	Valor "p"
5	< 0.005
6	< 0.005
7	< 0.005
8	< 0.005

Anexo 3 Resultados de prueba de normalidad de Anderson-Darling de germinacion de chile en campo.

Día	Valor "p"
6	0.071
7	0.132
8	0.138
9	0.135
10	0.044

Prueba de normalidad en desarrollo.

Anexo 4 Resultados de prueba de normalidad de Anderson-Darling de la altura del ejote en campo.

Día	Valor "p"
9	0.668
20	0.125
21	0.103
22	0.271
25	0.647
32	0.54
33	0.522

34	0.138
35	0.133
36	0.333
37	0.489
40	0.294
41	0.054
44	0.023
46	0.009
47	0.009
48	0.01
49	0.006

Anexo 5 Resultados de prueba de normalidad de Anderson-Darling del numero de hojas del ejote en campo.

Día	Valor "p"
9	< 0.005
20	< 0.005
21	0.538
22	0.121
25	< 0.005
32	0.532
33	0.343
34	0.422
35	0.463
36	0.496
37	0.888
40	0.794
41	0.956
44	0.987
46	0.64
47	0.734
48	0.756
49	0.601

Anexo 6 Resultados de prueba de normalidad de Anderson-Darling del ancho de la hoja primaria del ejote en campo.

Día	Valor "p"
9	0.425
20	0.278
21	0.126
22	0.066

25	0.088
32	0.923
33	0.233
34	0.934
35	0.432
36	0.223
37	0.219
40	0.298
41	0.472
44	0.482
46	0.493
47	0.503
48	0.689
49	0.834

Anexo 7 Resultados de prueba de normalidad de Anderson-Darling del largo de la hoja primaria del ejote en campo.

Día	Valor "p"
9	0.007
20	0.894
21	0.467
22	0.728
25	0.09
32	0.678
33	0.467
34	0.502
35	0.648
36	0.928
37	0.957
40	0.918
41	0.956
44	0.987
46	0.843
47	0.819
48	0.942
49	0.978

Anexo 8 Resultados de prueba de normalidad de Anderson-Darling del tallo inferior del ejote en campo.

Día	Valor "p"
9	0.02
20	0.337
21	0.042
22	0.333
25	0.057
32	0.015
33	0.179
34	0.143
35	0.156
36	0.189
37	0.089
40	< 0.005
41	< 0.005
44	< 0.005
46	< 0.005
47	< 0.005
48	< 0.005
49	< 0.005

Anexo 9 Resultados de prueba de normalidad de Anderson-Darling del tallo medio del ejote en campo.

Día	Valor "p"
9	0.748
20	0.367
21	0.478
22	0.689
25	0.729
32	0.369
33	0.332
34	0.178
35	0.127
36	0.381
37	0.387
40	0.319
41	0.281
44	0.289
46	0.291
47	0.291
48	0.291
49	0.291

Anexo 10 Resultados de prueba de normalidad de Anderson-Darling del tallo alto del ejote en campo.

Día	Valor "p"
9	0.839
20	0.278
21	0.022
22	0.07
25	0.834
32	0.204
33	0.321
34	0.647
35	0.504
36	0.638
37	0.578
40	0.473
41	0.253
44	0.221
46	0.074
47	0.074
48	0.074
49	0.074

Anexo 11 Resultados de prueba de normalidad de Anderson-Darling de la altura del chile en campo.

Día	Valor "p"
40	0.837
41	0.462
44	0.537
46	0.127
47	0.368
50	0.017
53	0.821
55	0.367
57	0.21
59	0.678
62	0.839
65	0.495
67	0.012
68	0.389
70	0.729
79	0.031

88	0.023
90	0.02
93	0.39
95	0.718
97	0.127
99	0.381
106	0.012
109	0.129
111	0.129
120	0.128
122	0.129
130	0.38
133	0.21
145	0.293

Anexo 12 Resultados de prueba de normalidad de Anderson-Darling del numero de hojas del chile en campo.

Día	Valor "p"
40	0.374
41	0.291
44	0.328
46	0.893
47	0.918
50	0.238
53	0.382
55	0.023
57	0.029
59	0.182
62	0.812
65	0.713
67	0.639
68	0.391
70	0.483
79	0.491
88	0.412
90	0.729
93	0.034
95	0.021

97	0.328
99	0.819
106	0.855
109	0.913
111	0.367
120	0.481
122	0.123
130	0.138
133	0.543
145	0.544

Anexo 13 Resultados de prueba de normalidad de Anderson-Darling del ancho de la hoja primaria del chile en campo.

Día	Valor "p"
40	0.482
41	0.239
44	0.318
46	0.247
47	0.259
50	0.923
53	0.189
55	0.568
57	0.672
59	0.623
62	0.864
65	0.234
67	0.249
68	0.092
70	0.127
79	0.106
88	0.48
90	0.934
93	0.719
95	0.849
97	0.472
99	0.613
106	0.748
109	0.482

111	0.178
120	0.758
122	0.42
130	0.918
133	0.759
145	0.728

Anexo 14 Resultados de prueba de normalidad de Anderson-Darling del largo de la hoja primaria del chile en campo.

Día	Valor "p"
40	0.84
41	0.829
44	0.239
46	0.12
47	0.462
50	0.713
53	0.581
55	0.429
57	0.077
59	0.087
62	0.081
65	0.134
67	0.923
68	0.961
70	0.974
79	0.283
88	0.239
90	0.429
93	0.242
95	0.291
97	0.231
99	0.239
106	0.328
109	0.954
111	0.724
120	0.189
122	0.461
130	0.482

133	0.528
145	0.364

Anexo 15 Resultados de prueba de normalidad de Anderson-Darling del tallo inferior del chile en campo.

Día	Valor "p"
40	0.437
41	0.539
44	0.622
46	0.384
47	0.392
50	0.859
53	0.348
55	0.589
57	0.537
59	0.913
62	0.132
65	0.184
67	0.348
68	0.583
70	0.348
79	0.27
88	0.023
90	0.045
93	0.281
95	0.12
97	0.538
99	0.139
106	0.222
109	0.123
111	0.911
120	0.291
122	0.291
130	0.192
133	0.198
145	0.321

Anexo 16 Resultados de prueba de normalidad de Anderson-Darling del tallo medio del chile en campo.

Día	Valor "p"
40	0.389
41	0.238
44	0.348
46	0.239
47	0.912
50	0.572
53	0.7138
55	0.091
57	0.129
59	0.42
62	0.347
65	0.234
67	0.023
68	0.017
70	0.321
79	0.23
88	0.482
90	0.129
93	0.458
95	0.428
97	0.753
99	0.592
106	0.954
109	0.835
111	0.538
120	0.292
122	0.538
130	0.213
133	0.213
145	0.432

Anexo 17 Resultados de prueba de normalidad de Anderson-Darling del tallo alto del chile en campo.

Día	Valor "p"
40	0.437
41	0.564

44	0.916
46	0.783
47	0.382
50	0.459
53	0.247
55	0.549
57	0.134
59	0.123
62	0.077
65	0.053
67	0.011
68	0.009
70	0.427
79	0.129
88	0.439
90	0.931
93	0.237
95	0.032
97	0.248
99	0.436
106	0.854
109	0.237
111	0.341
120	0.573
122	0.849
130	0.178
133	0.179
145	0.169

Prueba de normalidad en Producción

Anexo 18 Resultados de prueba de normalidad de Anderson-Darling de la producción de ejote en campo.

Día	Valor "p"
57	< 0.005
58	< 0.005
61	0.23
63	0.019

64	0.027
68	0.07
72	0.015
75	< 0.005
78	< 0.005
81	0.02
85	0.044
89	0.07
91	0.068
93	0.118
96	0.158

Anexo 19 Resultados de prueba de normalidad de Anderson-Darling de la producción de chile en campo.

Día	Valor "p"
103	< 0.005
107	< 0.005
111	< 0.005
114	< 0.005
118	0.037
123	0.269
131	0.017
136	0.332
143	0.508
151	0.131
169	0.623