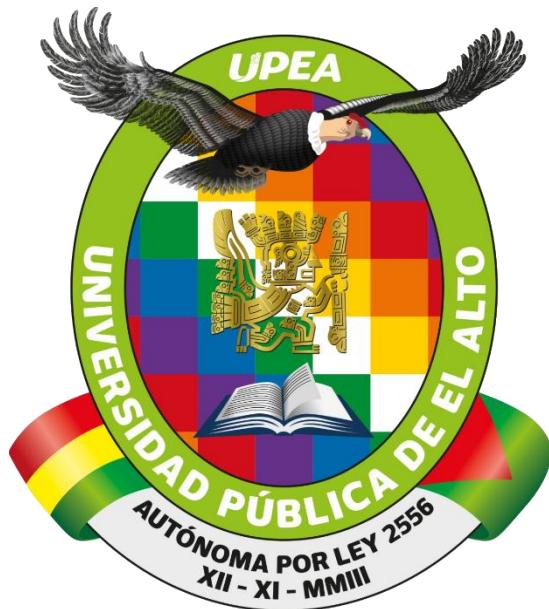


**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO  
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS  
Y RECURSOS NATURALES  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**EFFECTO DEL PRIMING Y TECNOLOGÍA DE PELETIZADO EN LA  
FASE INICIAL DEL CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*  
L.) VARIEDAD INIAF RENACER, EN EL CENTRO NACIONAL DE  
PRODUCCIÓN DE SEMILLAS DE HORTALIZAS (CNPSH)**

**Por:**

**Marisol Aruquipa Ajllahuanca**

**EL ALTO – BOLIVIA  
Diciembre, 2025**

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO  
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS  
Y RECURSOS NATURALES  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EFECTO DEL PRIMING Y TECNOLOGÍA DE PELETIZADO EN LA FASE INICIAL DEL  
CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) VARIEDAD INIAF RENACER, EN  
EL CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN DE SEMILLAS DE HORTALIZAS (CNPSH)

*Tesis de Grado presentado  
como requisito para optar el Título de  
Ingeniera Agrónoma*

Marisol Aruquipa Ajllahuanca

**Asesores:**

Lic. Ing. Jorge Washington Guzman Calla .....

Ing. Marco Antonio Varias Alvarez .....

**Tribunal Revisor:**

Lic. Ing. Walter Fernandez Molina .....

M. Sc. Lic. Ing. Luis Fernando Machicao Terrazas .....

Lic. Ing. Vicky Ruth Vilca Calle .....

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador .....

## ***DEDICATORIA***

*A mis padres Edmundo Aruquipa M. y Felicidad Ajllahuanca M. quienes con su amor, esfuerzo y sabios consejos han sido mi guía, mi inspiración y mis pilares incondicionales, gracias por creer en mí, por apoyarme en cada paso y por enseñarme que con perseverancia todo es posible, esta tesis es el resultado de sus sueños y sacrificios, y hoy se los devuelvo con todo mi corazón.*

*A mis hermanas, Gisela y Evangeline, mis cómplices incondicionales. Su apoyo constante, sus risas y sus ánimos en los momentos más difíciles hicieron que este camino fuera mucho más ligero. Esta victoria es tan suya como mía, porque sin ustedes no sería la persona que soy hoy.*

*Con todo mi amor y gratitud....*

## AGRADECIMIENTOS

A Dios que con sus cuerdas de amor me ha dado una herencia hermosa y deleitosa. Gracias porque tu consejo me guía y aun en la noche mi corazón siente tu instrucción. Mi confianza está en que tú siempre estás conmigo; a mi derecha, por eso no seré movido.

*Salmos 16:6-8*

Gracias a la casa superior de estudios Universidad Pública de El Alto, carrera de Ingeniería Agronómica por brindarme la formación académica y las herramientas necesarias para alcanzar este logro.

Al Proyecto Hortalizas del Centro Nacional de Producción de Semillas de Hortalizas (CNPSH), perteneciente al Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), por abrirme sus puertas y facilitarme los recursos para la realización de esta tesis, su apoyo fue fundamental para el desarrollo de mi trabajo.

A mis asesores, Ing. Marco Antonio Varias Álvarez, por su paciencia, dedicación y valiosas enseñanzas durante todo el proceso, y al Ing. Jorge Washington Guzmán Calla, por sus aportes y orientación técnica, sin su guía, esta tesis no habría sido posible.

A mis tribunales, Lic. Ing. Walter Fernandez Molina, M. Sc., Lic. Ing. Luis Fernando Machicao Terrazas y Lic. Ing. Vicky Ruth Villca Calle, por valorar mi trabajo de tesis con su revisión y por sus valiosos comentarios. Es una gran satisfacción para mí que el resultado haya merecido su aprobación.

Mi gratitud también va dirigida a todo el personal del Proyecto Hortalizas, CNPSH-INIAF que, de una u otra manera, colaboró conmigo durante la ejecución de esta tesis, cada consejo, sugerencia y apoyo fue invaluable.

A mis roomies y grandes amigos Mihael, Yessica, Flavia, Mayra, y Melissa, gracias por ser mis cómplices en esta etapa, su compañía, los ánimos en los momentos difíciles y las risas en cada momento fueron mi refugio. Fueron más que mis amigos, mi familia lejos de casa, mi soporte incondicional y esos aliados que celebraron cada pequeño avance, cada desvelo y cada pequeño triunfo en el camino valieron la pena porque lo vivimos juntos, muchas gracias.

## CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS .....	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
ABREVIATURAS .....	xv
RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT .....	xvii

## ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Antecedentes .....	2
1.2. Planteamiento del problema .....	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos .....	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5. Hipótesis .....	5
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1. Priming .....	6
2.1.1. Ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ).....	6
2.2. Tecnología de peletizado o recubrimiento de semillas .....	7
2.2.1. Componentes para la realización de tecnología de peletizado .....	8
2.2.1.1. Arcilla (caolinita) .....	8
2.2.1.2. Dolomita.....	8
2.2.1.3. Tierra de diatomea .....	9

2.2.1.4. Carboximetilcelulosa sódica.....	10
2.2.1.5. Colorante vegetal.....	10
2.2.1.6. Aglutinante.....	11
2.3. Origen del tomate .....	12
2.4. El tomate en Bolivia .....	13
2.5. Tomate verdad INIAF Renacer.....	13
2.6. Clasificación taxonómica .....	13
2.7. Fases del cultivo de tomate.....	14
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	15
3.1. Localización .....	15
3.1.1. Ubicación Geográfica .....	15
3.1.2. Características Edafoclimáticas .....	15
3.1.2.1. Clima y temperatura .....	15
3.1.2.2. Vegetación .....	16
3.1.2.3. Suelo.....	16
3.2. Materiales.....	17
3.2.1. Material genético.....	17
3.2.2. Material de escritorio .....	17
3.2.3. Material de campo .....	17
3.2.4. Material de laboratorio .....	18
3.2.5. Indumentaria .....	19
3.3. Metodología .....	19
3.3.1. Desarrollo del ensayo .....	19
3.3.1.1. Priming.....	19
3.3.1.2. Tecnología de peletizado o recubrimiento de semilla .....	21
3.3.2. Diseño experimental .....	27

3.3.2.1. Primera fase (Laboratorio) .....	27
3.3.2.2. Segunda fase (Invernadero).....	28
3.3.3. Factores de estudio .....	28
3.3.3.1. Formulación de tratamientos.....	29
3.3.4. Variables de respuesta, primera fase (Laboratorio).....	30
3.3.4.1. Porcentaje de germinación (PG) .....	30
3.3.4.2. Índice de velocidad de germinación (IVG) .....	30
3.3.4.3. Días a la germinación (DG).....	31
3.3.4.4. Uniformidad de germinación (UG) .....	31
3.3.4.5. Longitud de raíz (LR).....	31
3.3.4.6. Altura de plántula (AP) .....	31
3.3.4.7. Índice de vigor de plántula (IVP) .....	32
3.3.5. Variable de respuesta, segunda fase (Invernadero).....	32
3.3.5.1. Porcentaje de emergencia (PE).....	32
3.3.5.2. Índice de velocidad de emergencia (IVE) .....	32
3.3.5.3. Uniformidad de emergencia (UE).....	33
3.3.5.4. Altura de plántula (AP) .....	33
3.3.5.5. Índice de vigor de la plántula (IVP) .....	33
3.3.6. Análisis estadístico .....	33
3.3.7. Análisis económico .....	34
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
4.1. Primera fase (Laboratorio).....	35
4.1.1. Porcentaje de germinación (PG) .....	35
4.1.2. Índice de velocidad de germinación (IVG) .....	38
4.1.3. Días a la germinación (DG).....	45
4.1.4. Uniformidad de germinación (UG).....	50

4.1.5.	Longitud de raíz (LR).....	53
4.1.6.	Altura de plántula (AP).....	58
4.1.7.	Índice de vigor de plántula (IVP) .....	64
4.1.8.	Mapa de calor entre porcentaje de germinación y días a la germinación ...	69
4.2.	Segunda fase (Invernadero).....	70
4.2.1.	Porcentaje de emergencia (PE) .....	70
4.2.2.	Índice de velocidad de emergencia (IVE) .....	71
4.2.3.	Uniformidad de emergencia (UE).....	76
4.2.4.	Altura de plántula (AP).....	80
4.2.5.	Índice de vigor de plántula (IVP) .....	83
4.3.	ANÁLISIS ECONÓMICO .....	89
5.	CONCLUSIONES .....	90
6.	RECOMENDACIONES.....	91
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	92
8.	ANEXOS .....	106

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Análisis de varianza para porcentaje de germinación. ....	35
Cuadro 2.	Análisis de varianza para el índice de velocidad de germinación. ....	39
Cuadro 3.	Análisis de varianza para días a la germinación.....	46
Cuadro 4.	Análisis de varianza no paramétrico para uniformidad de germinación.....	51
Cuadro 5.	Análisis de varianza para longitud de raíz. ....	54
Cuadro 6.	Análisis de varianza para altura de plántula. ....	59
Cuadro 7.	Análisis de varianza de índice de vigor de plántula. ....	65
Cuadro 8.	Análisis de varianza del porcentaje de emergencia.....	70
Cuadro 9.	Análisis de varianza del índice de velocidad de emergencia. ....	72
Cuadro 10.	Análisis de varianza no paramétrico de la uniformidad de emergencia. ....	77
Cuadro 11.	Análisis de varianza no paramétrico de la altura de plántula .....	80
Cuadro 12.	Análisis de varianza para índice de vigor de plántula.....	84
Cuadro 13.	Análisis económico de los tratamientos más relevantes. ....	89

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fases del cultivo de tomate.....	14
Figura 2. Ubicación geográfica del CNPSH-INIAF.....	15
Figura 3. Inmersión de semillas de tomate variedad INIAF Renacer. ....	21
Figura 4. Pesado de sólidos para peletizado de semillas (arcillas). ....	22
Figura 5. Peletizado se semillas de tomate variedad INIAF Renacer, área de recubrimiento de semillas de hortalizas .....	24
Figura 6. Siembra de semilla peletizada en cajas Petri y papel absorbente, laboratorio de control interno de calidad de semilla. ....	25
Figura 7. Siembra de semilla peletizada en bolsas de polietileno con papel absorbente, laboratorio de control interno de calidad de semilla.....	25
Figura 8. Bandeja de almácigo de 128 alvéolos.....	26
Figura 9. Siembra de semillas peletizadas en bandejas de almácigo y sustrato en invernadero. ....	26
Figura 10. Comparación de medias de Duncan entre Testigo y Factoriales, para la variable porcentaje de germinación.....	36
Figura 11. Comparación de medias de Duncan para el Factor: A (Nivel AG <sub>3</sub> ) para la variable porcentaje de germinación.....	36
Figura 12. Comparación de medias de Duncan para el Factor B: Tiempo de inmersión para la variable de porcentaje de germinación. ....	37
Figura 13. Comparación de Duncan medias para el Factor C: Formulación de peletizado para la variable porcentaje de germinación. ....	38
Figura 14. Comparación de Duncan medias entre el Testigo y los Factoriales, para la variable índice de velocidad de germinación .....	40
Figura 15. Comparación de medias para el Factor A: Nivel de AG3 para la variable índice de velocidad de germinación .....	40
Figura 16. Comparación de medias de Duncan para el Factor B: Tiempo de inmersión para la variable índice de velocidad de germinación. ....	41

Figura 17. Comparación de medias de Duncan para el Factor C: Formulación de peletizado para la variable índice de velocidad de germinación.....	42
Figura 18. Interacción triple nivel de A*B*C para la variable índice de velocidad de germinación.....	43
Figura 19. Interacción triple nivel de Factor A*Factor B*Factor C para la variable índice de velocidad de germinación.....	44
Figura 20. Interacción triple Factor A*Factor B*Factor C para la variable índice de velocidad de germinación.....	45
Figura 21. Comparación de medias de Duncan entre testigo y factorial, para la variable días a la germinación.....	47
Figura 22. Comparación de medias del Factor C: Formulación de peletizado, para la variable días a la germinación .....	47
Figura 23. Interacción triple de Factor A*Factor B* Factor C, para la variable días a la germinación.....	48
Figura 24. Interacción triple de Factor A*Factor B* Factor C, para la variable días a la germinación.....	49
Figura 25. Interacción triple de Factor A*Factor B* Factor C, para la variable días a la germinación.....	50
Figura 26. Comparación de medias de Duncan entre testigo vs Factorial para la variable uniformidad de germinación .....	52
Figura 27. Interacción doble del Factor B*Factor C, para la variable uniformidad de germinación.....	53
Figura 28. Comparación de medias de Duncan Testigo*Factorial para la variable longitud de raíz (mm.).....	54
Figura 29. Comparación de medias de Duncan para el Factor C: Formulación de peletizado para la variable longitud de raíz (mm.) .....	55
Figura 30. Interacción triple del Factor A*Factor B*Factor C, para la variable longitud de raíz (mm.).....	56
Figura 31. Interacción triple del Factor A*Factor B*Factor C, para la variable longitud de raíz (mm.).....	57

Figura 32. Interacción triple del Factor A*Factor B*Factor C, para la variable longitud de raíz (mm.) .....	58
Figura 33. Comparación de medias de Duncan para el Factor B: Tiempo de inmersión, para la variable altura de plántula (mm.).....	60
Figura 34. Comparación de medias de Duncan para el Factor C: Formulación de peletizado, para la variable altura de plántula (mm.) .....	61
Figura 35. Interacción triple del Factor A*Factor B*Factor C, para la variable altura de plántula (mm.) .....	62
Figura 36. Interacción triple del Factor A*Factor B*Factor C, para la variable altura de plántula (mm.) .....	63
Figura 37. Interacción triple del Factor A*Factor B*Factor C, para la variable altura de plántula (mm.) .....	64
Figura 38. Comparación de medias de Duncan entre Testigo vs Factorial, para la variable índice de vigor de plántula .....	66
Figura 39. Comparación de medias de Duncan para el Factor A: Nivel de AG <sub>3</sub> , para la variable índice de vigor de plántula.....	66
Figura 40. Comparación de medias de Duncan para el Factor B: Tiempo de inmersión, para la variable índice de vigor de plántula.....	67
Figura 41. Comparación de medias de Duncan para el Factor C: Formulación de peletizado, para la variable índice de vigor de plántula .....	68
Figura 42. Mapa de calor variables de porcentaje de germinación y días a la germinación.....	69
Figura 43. Comparación de medias de Duncan entre testigo vs factorial para la variable porcentaje de emergencia. ....	71
Figura 44. Comparación de medias de Duncan entre testigo vs factorial, de la variable índice de velocidad de emergencia. ....	73
Figura 45. Comparación de medias de Duncan para el Factor A: Niveles de AG <sub>3</sub> , de la variable índice de velocidad de emergencia. ....	73
Figura 46. Interacción triple del Factor A*Factor B*Factor C, para la variable índice de velocidad de emergencia. ....	74

Figura 47. Interacción triple del Factor A*Factor B*Factor C, para la variable índice de velocidad de emergencia.....	75
Figura 48. Interacción triple del Factor A*Factor B*Factor C, para la variable índice de velocidad de emergencia.....	76
Figura 49. Comparación de medias de Duncan entre el testigo y factorial, de la variable uniformidad de emergencia.....	78
Figura 50. Comparación de medias para el Factor A: Nivel de AG <sub>3</sub> , para la variable uniformidad de emergencia.....	78
Figura 51. Interacción doble del Factor A*Factor C, para la variable uniformidad de emergencia.....	79
Figura 52. Interacción triple del Factor A*Factor B*Factor C, para la variable altura de plántula (mm.).....	81
Figura 53. Interacción triple del Factor A*Factor B*Factor C, para la variable altura de plántula (mm.).....	82
Figura 54. Interacción triple del Factor A*Factor B*Factor C, para la variable altura de plántula.....	83
Figura 55. Interacción doble del Factor B*Factor C, para la variable índice de vigor de plántula.....	85
Figura 56. Interacción triple del Factor A*Factor B*Factor C, para la variable índice de vigor de plántula.....	86
Figura 57. Interacción triple del Factor A*Factor B*Factor C, para la variable índice de vigor de plántula.....	87
Figura 58. Interacción triple del Factor A*Factor B*Factor C, para la variable índice de vigor de plántula.....	88

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Croquis de siembra en laboratorio con cajas Petri y papel absorbente .....	107
Anexo 2.	Croquis de siembra en laboratorio con bolsas de polietileno y papel absorbente .....	107
Anexo 3.	Croquis de siembra en invernadero, en bandejas de almácigo y sustrato...	108
Anexo 4.	Primera formulación de peletizado.....	109
Anexo 5.	Segunda formulación de peletizado.....	110
Anexo 6.	Tercera formulación de peletizado.....	111
Anexo 7.	Costo parcial para $T_4$ .....	112
Anexo 8.	Costo parcial para $T_{23}$ .....	114
Anexo 9.	Costo parcial para $T_{25}$ .....	116
Anexo 10.	Costo parcial para $T_{26}$ .....	118
Anexo 11.	Prueba de comparación de medias para el Testigo*Factorial, para la variable porcentaje de germinación (Primera fase) .....	119
Anexo 12.	Prueba de comparación de medias de Duncan para el Factor A: Nivel de $AG_3$ , para la variable porcentaje de germinación (Primera fase). .....	119
Anexo 13.	Prueba de comparación de medias de Duncan para el Factor B: Tiempo de inmersión, para la variable porcentaje de germinación (Primera fase). .....	119
Anexo 14.	Prueba de comparación de medias para el Factor C: Formulación de peletizado, para la variable porcentaje de germinación (Primera fase). .....	120
Anexo 15.	Prueba de comparación de medias para el Testigo*Factorial para la variable índice de velocidad de germinación (Primera fase).....	120
Anexo 16.	Prueba de comparación de medias para el Factor A: Nivel de $AG_3$ , para la variable índice de velocidad de germinación (Primera fase).....	120
Anexo 17.	Prueba de comparación de medias para el Factor B: Tiempo de inmersión, para la variable índice de velocidad de germinación (Primera fase).....	120
Anexo 18.	Prueba de comparación de medias para el Factor C: Formulación de peletizado, para la variable índice de velocidad de germinación (Primera fase) ..	121

Anexo 19. Efectos simples para la triple interacción del Factor A: Nivel de AG <sub>3</sub> dentro de factor B: Tiempo de inmersión y Factor C: Formulación de peletizado, para la variable índice de velocidad de germinación (Primera fase) .....	122
Anexo 20. Efectos simples para la triple interacción del Factor B: Tiempo de inmersión dentro del Factor A: Nivel de AG <sub>3</sub> y Factor C: Formulación de peletizado, para la variable índice de velocidad de germinación (Primera fase) .....	123
Anexo 21. Efectos simples para la triple interacción Factor C: Formulación de peletizado dentro del Factor A: Nivel de AG <sub>3</sub> y Factor B: Tiempo de inmersión, para la variable índice de velocidad de germinación (Primera fase) .....	124
Anexo 22. Prueba de comparación de medias para el Testigo*Factorial, para la variable días a la germinación (Primera fase).....	125
Anexo 23. Prueba de comparación de medias del Factor C: Formulación de peletizado, para la variable días a la germinación (Primera fase). .....	125
Anexo 24. Efecto simple para la triple interacción del Factor A: Nivel de AG <sub>3</sub> *Factor B: Tiempo de inmersión*Factor C: Formulación de peletizado, para la variable días a la germinación (Primera fase). .....	126
Anexo 25. Efecto simple para la triple interacción del Factor B: Tiempo de inmersión*Factor A: Nivel de AG <sub>3</sub> *Factor C: Formulación de peletizado, para la variable días a la germinación (Primera fase).....	127
Anexo 26. Efecto simple para la triple interacción del Factor C: Formulación de peletizado*Factor A: Nivel de AG <sub>3</sub> *Factor B: Tiempo de inmersión, para la variable días a la germinación (Primera fase).....	128
Anexo 27. Prueba de comparación de medias Testigo*Factorial, para la variable uniformidad de germinación (Primera fase). .....	128
Anexo 28. Efectos simples para la doble interacción Factor B: Tiempo de inmersión*Factor C: Formulación de peletizado, para la variable uniformidad de germinación (Primera fase). .....	129
Anexo 29. Prueba de comparación de medias para el Testigo*Factorial, para la variable longitud de raíz en mm. (Primera fase). .....	129
Anexo 30. Prueba de comparación de medias del Factor C: Formulación de peletizado, para la variable longitud de raíz en mm. (Primera fase). .....	129

Anexo 31. Efectos simples para la triple interacción del Factor A: Nivel de AG <sub>3</sub> , dentro del Factor B: Tiempo de inmersión y Factor C: Formulación de peletizado para la variable de longitud de raíz en mm., (Primera fase) .....	130
Anexo 32. Efecto simple para la triple interacción del Factor B: Tiempo de inmersión dentro del Factor A: Nivel de AG <sub>3</sub> , y Factor C: Formulación de peletizado para la variable de longitud de raíz en mm., (Primera fase) .....	131
Anexo 33. Efecto simple para la triple interacción del Factor C: Formulación de peletizado, dentro del Factor A: Nivel de AG <sub>3</sub> y Factor B: Tiempo de inmersión para la variable de longitud de raíz en mm., (Primera fase) .....	132
Anexo 34. Prueba de comparación de medias del Factor B: Tiempo de inmersión, para la variable altura de plántula en mm., (Primera fase) .....	133
Anexo 35. Prueba de comparación de medias del Factor C: Formulación de peletizado, para la variable altura de plántula en mm., (Primera fase) .....	133
Anexo 36. Efectos simples para la triple interacción Factor A: Nivel de AG <sub>3</sub> *Factor B: Tiempo de inmersión*Factor C: Formulación de peletizado, para la variable altura de plántula en mm., (Primera fase) .....	134
Anexo 37. Efectos simples para la triple interacción Factor B: Tiempo de inmersión*Factor A: Nivel de AG <sub>3</sub> *Factor C: Formulación de peletizado, para la variable altura de plántula en mm., (Primera fase) .....	135
Anexo 38. Efectos simples para la triple interacción Factor C: Formulación de peletizado*Factor A: Nivel de AG <sub>3</sub> *Factor B: Tiempo de inmersión, para la variable altura de plántula en mm., (Primera fase) .....	136
Anexo 39. Prueba de comparación de medias Testigo*Factorial, para la variable índice de vigor de plántula (Primera fase) .....	136
Anexo 40. Prueba de comparación de medias para índice de vigor de plántula Factor A: Nivel de AG <sub>3</sub> (Primera fase) .....	137
Anexo 41. Prueba de comparación de medias, para índice de vigor de plántula Factor B: Tiempo de inmersión (Primera fase) .....	137
Anexo 42. Prueba de comparación de medias para índice de vigor de plántula Factor C: Formulación de peletizado (Primera fase) .....	137

Anexo 43. Prueba de comparación de medias Testigo*Factorial para la variable porcentaje de emergencia (Segunda fase) .....	137
Anexo 44. Prueba de comparación de medias Testigo*Factorial para la variable índice de velocidad de emergencia (Segunda fase).....	138
Anexo 45. Prueba de comparación de medias Factor A: Nivel de AG <sub>3</sub> para la variable índice de velocidad de emergencia (Segunda fase).....	138
Anexo 46. Efectos simples para la triple interacción para la variable índice de velocidad de emergencia, nivel de AG <sub>3</sub> (Segunda fase) .....	139
Anexo 47. Efectos simples para la triple interacción para la variable índice de velocidad de emergencia, tiempo de inmersión (Segunda fase) .....	140
Anexo 48. Efectos simples para la triple interacción para la variable índice de velocidad de emergencia, formulación de peletizado (Segunda fase). ....	141
Anexo 49. Prueba de comparación de medias Testigo*Factorial, para la variable uniformidad de emergencia (Segunda fase) .....	142
Anexo 50. Prueba de comparación de medias del Factor A: Nivel de AG <sub>3</sub> , para la variable uniformidad de emergencia (Segunda fase). ....	142
Anexo 51. Efecto simple de la interacción doble de la variable uniformidad de emergencia, tiempo de inmersión*formulación de peletizado (Segunda fase). ....	142
Anexo 52. Efecto simple para la triple interacción para la variable altura de plántula (mm.), nivel de AG <sub>3</sub> (Segunda fase) .....	143
Anexo 53. Efecto simple para la triple interacción para la variable altura de plántula (mm.), tiempo de inmersión (Segunda fase) .....	144
Anexo 54. Efecto simple para la triple interacción para la variable altura de plántula (mm.), formulación de peletizado (Segunda fase). ....	145
Anexo 55. Prueba de comparación de medias Testigo*Factorial para la variable índice de vigor de plántula (Segunda fase).....	146
Anexo 56. Efecto doble de la doble interacción Factor B*Factor C, para la variable índice de vigor de plántula (Segunda fase).....	146
Anexo 57. Efecto simple para la triple interacción para la variable índice de vigor de plántula, nivel de AG <sub>3</sub> (Segunda fase). .....	147

Anexo 58. Efecto simple para la triple interacción para la variable índice de vigor de plántula, tiempo de inmersión (Segunda fase).....	148
Anexo 59. Efecto simple para la triple interacción para la variable índice de vigor de plántula, formulación de peletizado (Segunda fase).....	149
Anexo 60. Purificado de semilla de tomate variedad INIAF Renacer.....	150
Anexo 61. Pruebas de germinación de semillas de tomate variedad INIAF Renacer	150
Anexo 62. Preparación de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ).....	152
Anexo 63. Peso de semilla de tomate variedad INIAF Renacer.....	152
Anexo 64. Inmersión de semillas de tomate variedad INIAF Renacer en soluciones de AG <sub>3</sub> .....	152
Anexo 65. Preparación de aglutinante (Melaza de caña de azúcar y agua destilada).....	153
Anexo 66. Preparación de polímero (Carboximetilcelulosa sódica y agua destilada).....	154
Anexo 67. Preparación de arcillas (Caolinita, tierra de diatomeas, dolomita).....	154
Anexo 68. Peletizado de semillas de tomate variedad INIAF Renacer.....	155
Anexo 69. Secado de semilla peletizada de tomate variedad INIAF Renacer.....	156
Anexo 70. Agregado de polímero (Carboximetilcelulosa sódica, agua destilada y colorante vegetal).....	157
Anexo 71. Siembra de semilla de tomate variedad INIAF Renacer peletizada en laboratorio.....	157
Anexo 72. Evaluación en laboratorio de manera continua.....	158
Anexo 73. Llenado de sustrato en bandejas de almácigo de 128 alvéolos.....	159
Anexo 74. Siembra de semilla peletizada de tomate variedad INIAF Renacer en invernadero.....	159
Anexo 75. Evaluaciones en invernadero de manera continua.....	160

## ABREVIATURAS

AG <sub>3</sub>	Ácido Giberélico
CNPSH	Centro Nacional de Producción de Semillas de Hortalizas
INIAF	Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria y Forestal
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
mm.	Milímetro
mgL <sup>-1</sup>	Miligramo por litro
NS	No significativo
Σ	Sumatoria

## RESUMEN

Este estudio se realizó en el Centro Nacional de Producción de Semillas de Hortalizas (CNPSH), perteneciente al Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) ubicado en el municipio de Sipe Sipe, departamento de Cochabamba, se investigó el efecto de dos técnicas agrícolas innovadoras el priming y el peletizado, en la germinación y el crecimiento inicial del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) variedad INIAF Renacer. El objetivo principal fue evaluar cómo estas prácticas pueden optimizar el establecimiento del cultivo, incluso bajo condiciones ambientales adversas. La investigación se centró en el priming con distintas concentraciones de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>), así como en formulaciones de peletizado que emplearon materiales como arcilla, dolomita y tierra diatomea, buscando la combinación más efectiva para el desarrollo temprano de la planta.

Los resultados del estudio demostraron que tanto el priming como el peletizado influyeron positivamente en el porcentaje de germinación, el crecimiento de las plántulas y su resistencia al estrés. Aunque la combinación de ambas tecnologías pudo haber retrasado ligeramente la germinación inicial en comparación con las semillas sin tratamiento, esta mínima demora no comprometió la calidad de las plántulas. Por el contrario, esta sinergia de tratamientos favoreció un mejor establecimiento del cultivo, lo que se evidenció en mejoras significativas en la longitud de raíz, la altura de plántula y la uniformidad de germinación. Estos hallazgos sugieren que el beneficio a largo plazo de estas técnicas supera cualquier pequeño retraso inicial.

Los tratamientos más eficaces, identificados como T<sub>4</sub>, T<sub>23</sub>, T<sub>25</sub> y T<sub>26</sub>, demostraron un rendimiento agronómico sobresaliente tanto en pruebas de laboratorio como en campo. Además de su superioridad técnica, estos tratamientos resultaron ser económicamente viables, con una relación beneficio/costo que osciló entre 1,00 y 1,03. Estos hallazgos confirman el gran potencial de estas tecnologías para impulsar la producción de tomate, lo que se traduce en una mejora significativa tanto en la calidad como en la cantidad de la cosecha en Bolivia.

## ABSTRACT

This study was carried out at the National Center for Vegetable Seed Production (CNPSH), belonging to the National Institute of Agricultural and Forestry Innovation (INIAF) located in the municipality of Sipe Sipe, department of Cochabamba, the effect of two innovative agricultural techniques was investigated priming and pelleting, on the germination and initial growth of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) variety INIAF Renacer. The main objective was to evaluate how these practices can optimize crop establishment, even under adverse environmental conditions. The research focused on priming with different concentrations of gibberellic acid (GA3), as well as on pellet formulations that used materials such as clay, dolomite and diatomaceous earth, seeking the most effective combination for early plant development.

The results of the study demonstrated that both priming and pelleting positively influenced germination percentage, seedling growth, and stress resistance. Although the combination of both technologies may have slightly delayed initial germination compared to untreated seeds, this minimal delay did not compromise seedling quality. On the contrary, this synergy of treatments favored improved crop establishment, as evidenced by significant improvements in root length, seedling height, and germination uniformity. These findings suggest that the long-term benefit of these techniques outweighs any small initial delay.

The most effective treatments, identified as T<sub>4</sub>, T<sub>23</sub>, T<sub>25</sub>, and T<sub>26</sub>, demonstrated outstanding agronomic performance in both laboratory and field trials. In addition to their technical superiority, these treatments proved to be economically viable, with a benefit/cost ratio ranging from 1,00 to 103. These findings confirm the great potential of these technologies to boost tomato production, resulting in significant improvements in both crop quality and quantity in Bolivia.

## 1. INTRODUCCIÓN

El priming es una técnica que consiste en hidratar parcialmente las semillas antes de sembrarlas, activando procesos metabólicos internos que mejoran su vigor y resistencia. Este tratamiento, que se logra al sumergir las semillas en una solución con un agente osmótico, permite que las semillas adquieran una mayor tolerancia a condiciones ambientales adversas, asegurando una germinación más uniforme y vigorosa (Palafox, 2012).

El peletizado es una técnica que consiste en recubrir semillas pequeñas, como de las hortalizas, con una capa protectora de materiales inertes. Este proceso mejora significativamente el manejo y la siembra de las semillas, ya que las hace más grandes y uniformes. Además, la capa protectora resguarda las semillas de daños mecánicos, enfermedades y condiciones ambientales adversas (Sikha et al., 2015). Los beneficios del peletizado incluyen una mayor precisión en la siembra, una mejor germinación y un vigoroso crecimiento de las plántulas, lo que se traduce en cultivos más sanos y productivos. El peletizado es una herramienta valiosa en la producción de hortalizas, ya que optimiza las labores agrícolas y mejora la calidad de los productos finales (Moore, 2018).

El priming y la peletización son tecnologías que optimizan el proceso de producción de los cultivos. El priming, al activar los procesos iniciales de germinación, acelera el crecimiento de las plántulas y reduce el tiempo necesario para obtener una cosecha óptima. La peletización permite incorporar tratamientos protectores y nutritivos a las semillas, mejorando su calidad y resistencia a enfermedades. Ambas técnicas contribuyen a incrementar la eficiencia en la producción agrícola y a reducir los costos, al disminuir las pérdidas por semillas de baja calidad y mejorar la uniformidad de los cultivos (Costa & Pérez, 2022).

Dado el progreso que ha tenido Bolivia en la mejora de plantas y la fabricación de semillas de tomate, es clave empezar a usar métodos que eleven aún más la calidad y la productividad de las cosechas. En esta situación, procedimientos como el priming y el peletizado de semillas se muestran como opciones estratégicas para aprovechar al máximo las semillas de la zona, asegurando que broten mejor y que las plantas crezcan con más fuerza. Estas novedades no solo dan un empujón a lo que ya se ha logrado en la producción

de semillas del país, sino que además hacen que la horticultura sea más capaz de competir ante los problemas del clima y del mercado.

Bolivia cuenta con una producción de tomate diversificada en tres zonas agroecológicas principales: los valles de Cochabamba, Santa Cruz y Chuquisaca; los interandinos de Cochabamba, Chuquisaca, Tarija, Potosí y La Paz; y las regiones bajas de Beni, Pando, Santa Cruz, Cochabamba (Chapare) y el norte de La Paz (Angulo *et al.*, 2022).

El cultivo de tomate en Bolivia va más allá de ser una fuente de alimento, es un pilar de la economía nacional, generando puestos de trabajo en el campo y en sectores relacionados como el transporte y la venta de insumos agrícolas. Además, satisface una demanda creciente tanto a nivel nacional como internacional (Huanca, 2011).

La importación de semillas de tomate en Bolivia ha mostrado una tendencia a la baja en los últimos años, especialmente a partir de 2011. Este fenómeno se relaciona directamente con los avances en el fitomejoramiento del tomate, que han permitido aumentar significativamente los rendimientos y reducir la necesidad de adquirir semillas en el extranjero. Los productores bolivianos han adoptado nuevas tecnologías que les permiten producir semillas de mejor calidad y en mayores cantidades (Angulo *et al.*, 2022).

### **1.1. Antecedentes**

La agricultura boliviana avanza con nuevas variedades, como el tomate INIAF Renacer, y técnicas como el priming con ácido giberélico y el peletizado con aglutinantes naturales. Estos métodos mejoran la germinación y el vigor de las semillas, ofreciendo soluciones rentables para una producción más competitiva y sostenible.

El priming con ácido giberélico a  $80 \text{ mgL}^{-1}$  durante 36 horas ha demostrado ser una técnica efectiva para mejorar la calidad fisiológica de las semillas de pimiento criollo (*Capsicum annuum* L.). Este tratamiento previo a la siembra estimula la germinación y el desarrollo inicial de las plántulas, resultando en un mayor porcentaje de germinación y una mejor calidad de las semillas, superando los estándares requeridos para la comercialización (Palafox, 2012).

Los resultados del estudio de peletización de semillas de frijol Tolupán rojo inoculadas con micorrizas demostraron que la melaza y el azúcar son los aglutinantes más eficientes, ya que garantizan una adecuada adherencia del inoculante sin afectar la viabilidad microbiana

ni la germinación. Esta técnica resulta más económica y práctica que la aplicación en polvo, al reducir costos, mejorar la precisión en la dosificación y facilitar el manejo de las semillas, lo que la convierte en una alternativa prometedora para optimizar la inoculación micorrízica en condiciones de campo y promover una agricultura más sostenible (Guzmán, 2022).

El INIAF Renacer, es una variedad de tomate registrada el 2021 por el Centro Nacional de Producción de Semillas de Hortalizas, presenta frutos tipo perita de color rojo, con un rango de tamaño entre 8 y 10 centímetros, un peso promedio de 80 a 100 gramos. Su ciclo de cultivo es de 120 a 130 días después del trasplante, con un rendimiento promedio de 0,4 kilogramos por hectárea (INIAF & CNPSH, 2024).

## 1.2. Planteamiento del problema

La agricultura moderna, a pesar de sus avances tecnológicos, se enfrenta a un obstáculo crucial, la calidad de las semillas. A pesar de ser el inicio de todo cultivo, las semillas hortícolas a menudo presentan problemas de vigor y germinación. Para superar este cuello de botella y aumentar la productividad, los expertos han desarrollado técnicas innovadoras como el priming y el peletizado, que prometen mejorar significativamente el desempeño de las semillas.

La siembra tradicional suele presentar inconvenientes como la pérdida de semillas durante la siembra, una distribución irregular de las plantas en el campo y un menor calibre de las semillas. Estos factores afectan directamente la productividad y rentabilidad de los cultivos. Sin embargo, el surgimiento de nuevas técnicas en el tratamiento de semillas ofrece una solución prometedora a estos problemas. Al mejorar el calibre de las semillas y facilitar su manejo, estas técnicas reducen el desperdicio y permiten una siembra más precisa, favoreciendo un crecimiento más uniforme y vigoroso de las plantas. En definitiva, estas innovaciones representan un paso adelante hacia una agricultura más eficiente y sostenible.

El priming, mediante técnicas como el osmocondicionamiento o hidratación controlada, acelera los procesos metabólicos de la semilla, logrando una germinación más sincronizada y rápida. Por otro lado, el peletizado, al incorporar protectores y bioestimulantes en el recubrimiento, puede mitigar el estrés abiótico durante la emergencia. Sin embargo, en Bolivia, especialmente para la variedad INIAF Renacer, no existen estudios concluyentes que comparen el desempeño de estas tecnologías frente a los métodos tradicionales. Datos

de investigaciones en otras regiones muestran que el priming combinado con peletizado puede elevar la germinación a más del 85-95%, superando ampliamente los porcentajes obtenidos con semillas sin tratamiento. No obstante, se desconoce si estos resultados son replicables en las condiciones agroclimáticas de Cochabamba, donde la altitud y las fluctuaciones de temperatura podrían influir en la eficacia de estas técnicas.

El Centro Nacional de Producción de Semillas de Hortalizas (CNPSH) cuenta con la infraestructura y el personal capacitado para implementar esta nueva técnica. No obstante, la falta de implementación detallada de esta técnica en el CNPSH lo cual representa una oportunidad perdida para mejorar la germinación y vigor de las semillas, beneficiando así a los agricultores y aumentando su productividad. Es necesario aprovechar al máximo el potencial de estas técnicas y garantizar así un mayor desarrollo del sector agrícola.

### **1.3. Justificación**

El priming y el peletizado son técnicas novedosas e innovadoras para los cultivos hortícolas en Bolivia. Estas técnicas permiten que las semillas de tomate, zanahoria, cebolla, lechuga y otras hortalizas, germinen de manera uniforme y vigorosa, asegurando plántulas fuertes y saludables. Además, al incrementar el tamaño de las semillas, se facilita su manejo y siembra, lo que contribuye a una mayor eficiencia en el proceso de producción.

La aplicación de las técnicas de priming y peletizado a las semillas de tomate variedad INIAF Renacer, representa un avance significativo en la producción de calidad del cultivo. Estos tratamientos permitirán obtener semillas con una mayor capacidad de germinación, lo que se traduce en una homogeneidad en la germinación en las semillas de tomate, además, las plantas obtenidas a partir de semillas tratadas presentarán un mayor vigor y una mayor tolerancia a condiciones adversas, como heladas, sequías, entre otros factores ambientales, lo que las hace más aptas para enfrentar los desafíos del cultivo en el campo definitivo.

Por tanto, el propósito del presente trabajo de investigación fue determinar el efecto del priming y el peletizado en la germinación y desarrollo inicial del tomate INIAF Renacer, comparando su eficacia con los métodos convencionales. Se evaluaron indicadores como porcentaje de germinación, días a la germinación, longitud de raíz de plántula, entre otros con el fin de cuantificar las ventajas agronómicas de estas tecnologías. Los resultados permitirán establecer protocolos técnicos para optimizar la producción de plántulas,

contribuyendo a una agricultura más eficiente y rentable en la región. Este estudio es de relevancia para productores, al ofrecer alternativas viables para superar las limitaciones actuales en el establecimiento del cultivo.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto del priming (ácido giberélico) y tecnología de peletizado en la fase inicial del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) variedad INIAF Renacer.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar la dosis de ácido giberélico ( $AG_3$ ), óptima y efectiva que promuevan la emergencia uniforme y vigorosa de las semillas de tomate variedad INIAF Renacer.
- Identificar la formulación adecuada y efectiva para el peletizado que promuevan el manejo adecuado al momento de la siembra en almácigo semillas de tomate variedad INIAF Renacer.
- Evaluar la mejor combinación del priming y peletizado en semillas y plántulas de tomate variedad INIAF Renacer en campo.
- Determinar el beneficio/costo de la mejor combinación del priming (ácido giberélico) y peletizado de semillas en plantines de tomate variedad INIAF Renacer.

#### **1.5. Hipótesis**

El efecto de priming con ácido giberélico y el peletizado con tres formulaciones no generan mejoras significativas en la fase inicial del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) variedad INIAF Renacer.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Priming

El priming es una técnica que consiste en sumergir semillas en soluciones como sales (KCl, NaCl), reguladores de crecimiento (giberelinas), osmóticos (PEG) o agua, bajo condiciones controladas de tiempo, temperatura y oxigenación, para activar su metabolismo sin permitir la emergencia de la radícula. Tras este proceso, las semillas se lavan y se secan, logrando una emergencia uniforme y vigorosa, incluso en condiciones adversas como sequía o salinidad, lo que mejora el establecimiento del cultivo (Nawaz *et al.*, 2011).

El priming de semillas es una técnica pregerminativa que consiste en hidratar las semillas de manera controlada para activar su metabolismo sin llegar a la germinación, mejorando así su velocidad y uniformidad de germinación, vigor y resistencia al estrés. Este proceso utiliza agentes como ácido salicílico,  $\text{CaCl}_2$ , NaCl u hormonas vegetales, que fortalecen las semillas frente a condiciones adversas como sequía, salinidad o temperaturas extremas. Tras el priming, las semillas se secan para su almacenamiento, manteniendo los beneficios metabólicos adquiridos, lo que resulta en cultivos más robustos y productivos, incluso en entornos no óptimos (Farooq *et al.*, 2019).

El priming es una técnica esencial para los bancos de semillas, ya que optimiza la conservación *ex situ* del germoplasma al inducir un metabolismo pregerminativo controlado durante las primeras fases de inmersión, activando mecanismos de reparación del ADN y sistemas antioxidantes sin permitir la germinación completa. Su efectividad varía según la especie, el estado fisiológico de las semillas y las condiciones de almacenamiento, pero su aplicación adecuada mejora la viabilidad, vigor y longevidad de las semillas, garantizando una germinación uniforme (Paparella *et al.*, 2015).

#### 2.1.1. Ácido giberélico ( $\text{AG}_3$ )

El ácido giberélico ( $\text{AG}_3$ ) es una fitohormona clave que modula diversos procesos fisiológicos en las plantas, influyendo en su crecimiento, desarrollo y respuesta al estrés abiótico (Shah *et al.*, 2023). Como regulador del crecimiento vegetal, el  $\text{AG}_3$  desempeña funciones críticas en todas las etapas del ciclo de vida de la planta, desde la emergencia hasta la fructificación. Su capacidad para promover el desarrollo vegetativo, inducir la floración y mejorar la resistencia a condiciones adversas ha incrementado su importancia

en la agricultura moderna, impulsando su producción y aplicación a gran escala (Palma *et al.*, 2022).

El AG<sub>3</sub> es capaz de romper la latencia de las semillas, estimulando su germinación incluso en ausencia de condiciones ambientales favorables, como luz o temperatura óptima (Saldívar-Iglesias *et al.*, 2010). Además, la aplicación de AG<sub>3</sub> podría mejorar la tolerancia de las plantas a la salinidad al regular el equilibrio hormonal, el cual se ve alterado bajo condiciones de estrés salino. La presencia excesiva de sales altera el balance hormonal en los vegetales, y el AG<sub>3</sub> actuaría como un regulador esencial para restablecer este equilibrio (Fahad *et al.*, 2015) En términos prácticos, la aplicación de AG<sub>3</sub> en niveles específicos, como 100 mgL<sup>-1</sup> ha demostrado ser efectiva no solo para superar barreras fisiológicas, sino también para mejorar la calidad y el rendimiento de los cultivos (Laiton *et al.*, 2012).

## **2.2. Tecnología de peletizado o recubrimiento de semillas**

El peletizado es una técnica que mejora significativamente el manejo y la protección de las semillas. Al recubrirlas con una capa especial, se unifica su tamaño y forma, facilitando la siembra y el conteo. Además, este recubrimiento actúa como un vehículo para aplicar tratamientos como insecticidas o fertilizantes de liberación controlada, lo que optimiza el desarrollo de las plántulas. La capa protectora se disuelve o desgasta con el tiempo, sin afectar la germinación de la semilla. Esta práctica es versátil y se adapta tanto a cultivos de invernadero como a siembra directa, siendo especialmente útil en esta última al mejorar la supervivencia de las plántulas en condiciones adversas (Costa & Pérez, 2022).

La peletización es una técnica que consiste en recubrir semillas con materiales inertes como tierra de diatomeas, talco o bentonita, junto con líquidos aglutinantes, para aumentar considerablemente su tamaño y peso. Este proceso transforma la morfología original de las semillas, dándoles una forma más grande y esférica que las hace casi irreconocibles. La peletización permite una dosificación más precisa y mejora la eficiencia de siembra mecanizada, especialmente en cultivos hortícolas con semillas pequeñas como lechuga y tomate, facilitando su manipulación y distribución uniforme en el campo (Zhang *et al.*, 2022).

El recubrimiento de semillas es una técnica que consiste en aplicar una capa protectora, coloración o peletización para lograr una distribución uniforme de productos como agroquímicos, bioestimulantes, nutrientes o protectores. Este proceso no solo permite incorporar todos los componentes necesarios para mejorar el desempeño de la semilla, sino

que también facilita su manipulación durante la siembra. Los polímeros utilizados en el recubrimiento cumplen funciones como proteger las semillas, regular su temperatura y controlar la absorción de agua, creando condiciones óptimas para la germinación y establecimiento del cultivo (Tiwari, 2022).

### **2.2.1. Componentes para la realización de tecnología de peletizado**

#### **2.2.1.1. Arcilla (caolinita)**

El caolín, un silicato de aluminio hidratado, es una arcilla de baja dureza y densidad relativamente baja. Su color puede variar debido a las impurezas presentes en el mineral. Gracias a sus propiedades, como su capacidad para absorber agua y su textura suave, el caolín encuentra aplicación en diversas industrias. Con su alta adherencia y baja segregación, este material es ideal como recubrimiento protector. Se emplea en la industria agrícola, donde se utiliza para mejorar la eficacia de insecticidas, pesticidas y fertilizantes (Dirección General de Desarrollo Minero, 2014).

La aplicación de caolín sobre los cultivos crea una barrera física que modula la radiación solar incidente. Esta película blanca refleja una porción significativa de la radiación, disminuyendo la temperatura foliar y previniendo daños por altas temperaturas. Asimismo, reduce la tasa de transpiración, mejorando la eficiencia en el uso del agua y optimizando los procesos fotosintéticos (Callejón, 2023).

El caolín es una arcilla natural que se usa como alternativa ecológica para proteger los cultivos de plagas. Cuando se mezcla con agua y se pulveriza sobre las plantas, el agua se evapora y deja una capa blanca que actúa como protector. Esta película refleja el exceso de luz solar, reduce la pérdida de agua por las hojas y ayuda a las plantas a soportar mejor la sequía (Boari *et al.*, 2016).

#### **2.2.1.2. Dolomita**

La dolomita es un mineral sedimentario que se origina a partir de la precipitación de carbonatos de calcio y magnesio. Su composición química, rica en estos dos elementos, la convierte en un corrector agrícola de gran valor, especialmente en sistemas de producción ecológica. Al incorporarse al suelo, favorece la formación de agregados, lo que aumenta la porosidad y la aireación. Esto mejora la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes,

creando un entorno óptimo para el desarrollo radicular y la actividad biológica (Vermiduero, 2024).

La presencia de calcio y magnesio en la dolomita mejora significativamente la nutrición de las plantas. Estos elementos son fundamentales para procesos fisiológicos como la absorción de otros nutrientes, el fortalecimiento de las paredes celulares y la producción de clorofila. La aplicación de dolomita en los suelos mejora la resistencia de las plantas a patógenos. Al optimizar la nutrición y el crecimiento vegetal, se fortalecen los mecanismos de defensa naturales, lo que reduce la susceptibilidad a enfermedades (Ferreira *et al.*, 2023). La dolomita, al optimizar la alimentación y el crecimiento vegetal, fortalece las defensas de las plantas, aumentando así su resistencia frente a plagas y patógenos (Brito *et al.*, 2024).

La dolomita es un recurso valioso en la agricultura, con aplicaciones que van más allá de su uso en la industria del acero. Al incorporarla al suelo, se neutraliza la acidez, favoreciendo el desarrollo de las raíces y la absorción de nutrientes por parte de las plantas. Además, la dolomita aporta magnesio y calcio, elementos esenciales para el crecimiento vegetal. Con dosis adecuadas, como 2.5 toneladas de dolomita por hectárea, se pueden obtener mejoras significativas en la calidad del suelo y en la productividad de los cultivos (Dirección General de Desarrollo Minero, 2022).

#### **2.2.1.3. Tierra de diatomea**

El polvo de diatomeas, compuesto por restos de algas fosilizadas, se ha convertido en un ingrediente clave en la agricultura orgánica, ya que actúa como fertilizante natural y como insecticida biológico, protegiendo los cultivos de manera respetuosa con el medio ambiente. Su color blanco ha dado origen al nombre de tierras blancas, pero detrás de este aspecto se esconde un fertilizante natural de gran valor agrícola. Las diatomeas enriquecen los suelos con nutrientes y mejoran su capacidad para retener agua y aire, lo que resulta beneficioso para el desarrollo de las raíces y, en consecuencia, para el crecimiento de las plantas (Sánchez, 2023).

Se trata de un mineral biogénico compuesto por los esqueletos fosilizados de algas unicelulares. Su formación se remonta al Cretácico, cuando estos organismos habitaban en lagos de agua dulce. Los movimientos tectónicos que originaron la Cordillera de los Andes elevaron estos sedimentos a la superficie. La suplementación con silicio en los cultivos

aumenta su resistencia a un amplio rango de patógenos. Al fortalecer las paredes celulares y activar mecanismos de defensa, las plantas se vuelven menos susceptibles a enfermedades. Para obtener resultados óptimos, es fundamental una aplicación continua de silicio, tanto en semillas como en cultivos establecidos. Este producto ofrece una solución natural para mejorar la fertilidad del suelo y controlar plagas. Al aportar una gran cantidad de minerales y oligoelementos, promueve un cultivo más saludable y sostenible, reduciendo la necesidad de pesticidas químicos (Campo, 2016).

#### **2.2.1.4. Carboximetilcelulosa sódica**

La carboximetilcelulosa sódica (CMC), obtenida mediante la eterificación de la celulosa con ácido cloroacético, es un biopolímero versátil cuyas propiedades incluyendo solubilidad, capacidad filmógena y biodegradabilidad, están determinadas por su grado de sustitución de grupos hidroxilo por carboximetilos (Wang et al., 2024). Este polímero actúa como un excelente agente aglutinante para pellets de biomasa, donde su mecanismo de acción se basa en establecer fuerzas dipolares, crear puentes sólidos entre partículas y formar enlaces de hidrógeno con moléculas de agua (Butler et al., 2023).

La carboximetilcelulosa (CMC) es un compuesto ampliamente empleado en diversos sectores industriales gracias a sus múltiples propiedades funcionales, destacando su capacidad como espesante, estabilizante de emulsiones y formador de películas. Su popularidad se debe a características ventajosas como su naturaleza no tóxica, origen renovable, bajo costo, y capacidad de biodegradación, lo que la convierte en una alternativa sostenible y eficiente para numerosas aplicaciones industriales (Saberí et al., 2023).

En el sector agrícola, su aplicación es dual: como matriz para recubrimientos de semillas por sus propiedades de barrera a gases y formación de películas, y como vehículo adhesivo para pesticidas, mejorando su adherencia foliar y eficacia. Estas características, sumadas a su bajo impacto ambiental, la posicionan como un aditivo funcional clave para el desarrollo de agroinsumos sostenibles (Zhao et al., 2024).

#### **2.2.1.5. Colorante vegetal**

Los colorantes son pigmentos que se añaden a las semillas durante el proceso de recubrimiento con el objetivo de señalar que han sido tratadas y de mejorar su apariencia estética. Estos colorantes, que constituyen aproximadamente el 60% del ingrediente de

recubrimiento, se aplican en la última fase del proceso. Además de su función indicadora, los colorantes permiten evaluar visualmente la calidad y uniformidad del recubrimiento. Por otro lado, el agua, al ser un líquido de baja viscosidad, es el vehículo más utilizado para atomizar los colorantes y otros componentes sobre las semillas durante el recubrimiento (Afzal *et al.*, 2020)

La incorporación de colorantes vegetales o pigmentos en las semillas peletizadas permite una identificación visual clara, reforzando así su identidad y facilitando su diferenciación en el mercado. Esta técnica no solo mejora el atractivo comercial del producto, sino que también contribuye a un manejo más eficiente durante la distribución y siembra, al permitir una rápida identificación de variedades o tratamientos agregados (Tiwari, 2022).

#### **2.2.1.6. Aglutinante**

Los aglutinantes son componentes esenciales en el recubrimiento de semillas, actuando como adhesivos que fijan los compuestos activos y proporcionan estructura al recubrimiento. Estos pueden ser polímeros naturales como almidones vegetales, goma arábiga, metilcelulosa, carboximetilcelulosa, melaza, entre otros, o sintéticos como alcohol polivinílico y acetato de polivinilo (Afzal *et al.*, 2020).

Se aplican en solución acuosa formando una capa adherente al hidratarse, lo que permite una aplicación estratificada que sirve como barrera protectora entre la semilla y los agentes externos. La cantidad de aglutinante utilizado determina propiedades críticas como la resistencia mecánica, cohesión y tiempo de desintegración en agua, previniendo grietas y desprendimientos durante el manejo y siembra. Estos factores son clave para garantizar la integridad del recubrimiento y su eficacia durante la germinación (Zhang *et al.*, 2022)

Los aglutinantes orgánicos optimizan el proceso de peletización al ofrecer una acción rápida y producir pellets con excelente resistencia mecánica en estados húmedo y seco, sin comprometer la calidad del hierro ni introducir contaminantes metálicos. Su eficacia se debe a la interacción de grupos carboxilo con la superficie mineral y a grupos hidroxilo que mejoran la hidrofilicidad, facilitando la distribución del agua, regulando la viscosidad y optimizando las fuerzas capilares para controlar la velocidad de formación. Además, su alta masa molecular genera una potente cohesión interna que compacta las partículas minerales, resultando en pellets verdes con superficies uniformes, tamaño consistente y densidad superior (Zhao *et al.*, 2022).

La melaza, subproducto de la industria azucarera, funciona como un eficaz aglutinante al crear una película adhesiva entre partículas y formar puentes sólidos mediante la recristalización de sus azúcares al secarse. Ampliamente usada en la peletización de alimentos animales, no solo mejora la durabilidad de los pellets, sino que también incrementa su valor nutricional y energético. Sin embargo, su alta solubilidad en agua la hace susceptible a la degradación en ambientes húmedos, limitando su uso en condiciones de alta humedad (Butler *et al.*, 2023).

### **2.3. Origen del tomate**

El tomate es una planta nativa de América tropical, cuyo origen se localiza en la región de los Andes (Chile, Colombia, Bolivia y Perú), al principio el tomate se cultivaba como planta de adorno, y a partir de los años 1990, de tal manera en la actualidad es cultivada en gran escala, en los países de la cuenca mediterránea y otros continentes. Posteriormente fue introducida en Europa en el siglo XVI, a partir de este siglo ya mencionado, se extendió el cultivo de tomate como alimento humano (Moaaz *et al.*, 2020).

El tomate es una planta herbácea de ciclo anual o bianual, originaria de Centroamérica y Sudamérica, aunque hoy en día se cultiva en todo el mundo tanto para consumo fresco como para procesamiento industrial. Esta hortaliza destaca por su amplia variedad genética, con numerosas cultivares que difieren en apariencia, tonalidad y sabor. Su popularidad ha generado un incremento constante en la demanda, lo que a su vez impulsa su producción y venta a nivel global (Guzman *et al.*, 2017).

El tomate es un cultivo vegetal de gran importancia a nivel mundial y una de las principales fuentes de fitonutrientes, lo que lo convierte en uno de los objetivos preferidos por los investigadores para la ingeniería metabólica, ya que es fácilmente dócil a las modificaciones biotecnológicas. A nivel mundial, al ser una hortaliza de gran importancia económica, el tomate es una fuente de minerales y vitaminas, así como un agente anticancerígeno. Existen varios enfoques de mejora de semillas, como el recubrimiento, el peletizado y el priming, pueden ser responsables en gran medida de la mejora de la calidad de las semillas (Moaaz *et al.*, 2020).

## 2.4. El tomate en Bolivia

Las regiones más tradicionales en el cultivo de tomate en Bolivia comprenden los valles mesotérmicos de los departamentos de Santa Cruz y Cochabamba, siendo los más representativos Saipina, San Isidro, Valle Grande y Los negros en Santa Cruz; Omereque y el Valle Alto en Cochabamba (Mérida *et al.*, 2014).

En las zonas productoras de tomate, los híbridos están sustituyendo tanto a las variedades tradicionales como a las mejoradas. El bajo rendimiento que se obtiene de las variedades tradicionales, el ataque de plagas y enfermedades, climas adversos, junto con el incremento de la demanda por el crecimiento poblacional, ha influido en el posicionamiento de variedades híbridas importadas, lo cual ha incrementado los costos de producción de esta hortaliza en al menos un 20% (Mérida *et al.*, 2014).

De acuerdo con los datos preliminares de la gestión 2023-2024, la producción agrícola a nivel nacional registró un total de 80,420 toneladas métricas, con un rendimiento promedio de 15,764 kilogramos por hectárea en un área cultivada de 5,101 hectáreas por año (Instituto Nacional de Estadística, 2024).

## 2.5. Tomate verdad INIAF Renacer

Es una planta arbustiva que tiene un crecimiento semideterminado, fruto en forma de una perita, tamaño de 8 a 10 cm y el peso de cada fruto es de 80 a 100 g con un ciclo de 120 a 140 días después del trasplante, esta variedad de tomate fue registrada la gestión 2021, por el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal. La variedad de tomate INIAF Renacer, se adapta muy bien a las condiciones de valles templados y valles mesotérmicos de los departamentos de Cochabamba, Santa Cruz, Tarija, Chuquisaca y Potosí (INIAF & CNPSH, 2024).

## 2.6. Clasificación taxonómica

A continuación (Pérez-Díaz *et al.*, 2020), se detalla la taxonomía de la planta de tomate:

**Reino:** Plantae

**Subreino:** Tracheobionta

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Solanales

**Familia:** Solanaceae

**Género:** *Solanum*

**Especie:** *Solanum lycopersicum* L.

## 2.7. Fases del cultivo de tomate

El cultivo del tomate atraviesa las siguientes fases (Gamboa & Quezada, 2021):

- **Fase inicial:** Abarca los procesos de germinación y desarrollo inicial de la planta, desde la semilla hasta las primeras etapas de crecimiento de la plántula. Esta fase temprana suele extenderse entre 4 y 8 días para la germinación, entre 20 y 21 días para el desarrollo de la plántula.
- **Fase vegetativa:** La planta experimenta un crecimiento vegetativo activo, caracterizado por el desarrollo de nuevos tejidos especializados en absorción y fotosíntesis. Posteriormente, transita a una fase reproductiva, donde se inducen y fecundan las flores. Este proceso vegetativo suele durar entre 25 y 30 días, mientras que la floración se extiende entre 20 y 30 días adicionales.
- **Fase reproductiva:** La fructificación marca el inicio de la fase reproductiva, donde se observa una reorientación de los recursos de la planta hacia el desarrollo y maduración de los frutos. Este proceso implica una disminución del crecimiento vegetativo y una intensa demanda de nutrientes por parte de los frutos en desarrollo. La duración de esta etapa suele oscilar entre 40 y 60 días.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 1. Fases del cultivo de tomate.**

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización

##### 3.1.1. Ubicación Geográfica

El trabajo de investigación se desarrolló en los laboratorios de: control interno de calidad de semilla, de fitopatología, y el área de recubrimiento de semillas de hortalizas, en campo se desarrolló en el invernadero, pertenecientes al Centro Nacional de Producción de Semillas de Hortalizas (CNPSH) del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) 17°26'25.40" S 66°20'43.04" W (Figura 2), ubicado en el Municipio de Sipe Sipe, del Departamento de Cochabamba (Google Earth, 2024).



Fuente: Google Earth, 2024.

**Figura 2. Ubicación geográfica del CNPSH-INIAF.**

#### 3.1.2. Características Edafoclimáticas

##### 3.1.2.1. Clima y temperatura

El municipio de Sipe Sipe presenta una notable diversidad climática determinada por su variada altitud. En las zonas más elevadas predominan climas fríos con mayores precipitaciones, mientras que a menor altitud el clima se torna templado y seco, llegando a

ser semiárido en las áreas bajas (2,500-2,800 msnm), donde se registran escasas lluvias, sequías prolongadas y una presión atmosférica promedio de 750 milibares (Galarza *et al.*, 2022).

La temperatura media anual es de 19.3°C, con marcadas variaciones térmicas: las máximas promedian 29.4°C y las mínimas 9.1°C, pudiendo alcanzar extremos de 34.0°C en verano y -1.0°C durante el invierno (mayo-agosto). Esta amplia oscilación térmica, junto con la disminución de temperatura y presión atmosférica a mayor altitud, caracteriza el clima semiárido de la región, donde la vegetación se adapta a la aridez con predominio de cactáceas y gramíneas (Galarza *et al.*, 2022).

En el interior del invernadero se registró una notable oscilación térmica, con temperaturas diurnas que alcanzaron los 45 °C y nocturnas que descendían hasta los 10-15 °C. La humedad relativa, si bien se ubicó predominantemente entre el 65% y 75%, experimentó variaciones considerables a lo largo del día (INIAF & CNPSH, 2024).

### **3.1.2.2. Vegetación**

El municipio de Sipe Sipe presenta una vegetación diversa conformada por comunidades de plantas adaptadas a sus diferentes pisos ecológicos, destacando bosques nativos de algarrobos, queweiña y cha'cataeas con importante cobertura vegetal. Sin embargo, en los cantones de Sipe Sipe, Mallco Rancho e Itapaya se evidencia una preocupante falta de conciencia ambiental sobre el valor de estas especies forestales, las cuales están siendo explotadas indiscriminadamente para leña y construcción, reduciendo su población sin ningún control ecológico. Paralelamente, en el sector del Parque Nacional Tunari que corresponde a Sipe Sipe, se desarrolla una vegetación característica del ecosistema de puna, adaptada a las condiciones particulares de esta zona altitudinal (Galarza *et al.*, 2022).

### **3.1.2.3. Suelo**

Los suelos agrícolas predominantes en la región, clasificados como Inceptisoles típicos de zonas de cabecera de valle, enfrentan serios riesgos de degradación por erosión. Presentan características físicas y químicas particulares, con textura franco-arcillo-limosa y un rango de pH moderadamente ácido a ligeramente alcalino (6,6-7,7). Las comunidades locales han desarrollado sistemas tradicionales de clasificación edáfica basados en parámetros prácticos como aptitud agrícola, posición topográfica y propiedades visuales, especialmente

el color, demostrando un conocimiento empírico valioso para la gestión sostenible de estos recursos (Perez, 2007).

### **3.2. Materiales**

#### **3.2.1. Material genético**

Semilla de tomate, variedad INIAF Renacer, adquirida en el Centro Nacional de Producción de Semillas de Hortalizas (CNPSH), perteneciente al Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF).

#### **3.2.2. Material de escritorio**

- Laptop
- Cuaderno de apuntes
- Cámara fotográfica
- Lapiceros
- Marcador permanente
- Cinta masquin

#### **3.2.3. Material de campo**

- Bandeja de almácigo de 128 alvéolos
- Tierra vegetal
- Cascarilla de arroz
- Lama de río
- Regadera
- Libreta de campo
- Tablero
- Etiquetas
- Tijera

### 3.2.4. Material de laboratorio

#### Equipos

- Cámara de germinación
- Balanza de precisión RADWAG XA310/X
- Peletizadora SEED PROCESSING HOLLAND
- Agitador magnético y pastilla magnética BARNSTEAD|THERMOLYNE CIMAREC

#### Vidrio y/o plástico

- Vaso de precipitados de 50, 100, 250, 600 y 1000 ml
- Cajas Petri
- PiCeta de plástico
- Varilla de vidrio
- Matraz Erlenmeyer
- Probeta de 250, 500 y 1000 ml
- Balón volumétrico aforado de 1000 ml

#### Reactivos

- Ácido giberélico (AG<sub>3</sub>)
- Agua destilada
- Alcohol al 70%

#### Polímeros y aglutinantes

- Arcilla (caolinita)
- Tierra de diatomea
- Dolomita
- Carboximetilcelulosa sódica
- Colorante vegetal (verde)
- Melaza de caña de azúcar
- Probeta de 250, 500 y 1000 ml

## Instrumentos e implementos

- Pinzas metálicas
- Bolsas de polietileno
- Papel absorbente
- Atomizador
- Colador
- Espátula metálica
- Franelas
- Bandejas de laboratorio
- Tupper

### 3.2.5. Indumentaria

- Guardapolvo
- Ropa de trabajo (overol)
- Barbijo
- Guantes de látex
- Gorra

## 3.3. Metodología

### 3.3.1. Desarrollo del ensayo

Como punto de partida, se realizó una prueba de germinación. Para ello, se seleccionaron al azar cuatro muestras de 25 semillas de tomate cada una, de la variedad INIAF Renacer, que fueron sembradas en cajas Petri con papel absorbente. Como resultado de este procedimiento, se obtuvo un 94% de germinación

#### 3.3.1.1. Priming

Con el propósito de preparar los tratamientos con ácido giberélico ( $AG_3$ ), se emplearon 1400 gramos de semillas de tomate de la variedad INIAF Renacer, las cuales fueron utilizadas de la siguiente manera:

a. **Pesado de semillas:** Para cada uno de los 27 tratamientos, se pesaron 150 gramos de semillas de tomate variedad INIAF Renacer (50 gramos por tratamiento) utilizando una balanza analítica de precisión. Los 50 gramos restantes se destinaron al testigo, el cual no recibió ningún tratamiento. Considerando que cada gramo contenía 328 semillas, estas se almacenaron en bolsas transparentes.

b. **Preparación de la solución:** Para ello, se procedió con el pesado en vasos de precipitado de 40 ml de AG<sub>3</sub> utilizando la balanza analítica. Posteriormente, se midió volumétricamente el agua destilada en una probeta de 1.000 ml. Con los datos obtenidos, se preparó una solución de AG<sub>3</sub> en agua destilada, ajustando los volúmenes según lo requerido.

- Primer nivel de ácido giberélico es de 75 mgL<sup>-1</sup>.
- Segundo nivel de ácido giberélico es de 100 mgL<sup>-1</sup>.
- Tercer nivel de ácido giberélico es de 125 mgL<sup>-1</sup>.

Una vez determinadas las cantidades precisas de AG<sub>3</sub> y agua destilada para cada nivel de AG<sub>3</sub>, se procedió a mezclar ambos componentes en el balón volumétrico aforado hasta obtener soluciones homogéneas. Cada una de estas soluciones se fraccionó en tres partes iguales, correspondientes a los 27 tratamientos experimentales. Con este procedimiento se prepararon dos litros de cada solución para repartirlas en los nueve tratamientos de 150 gramos de semilla.

c. **Inmersión de las semillas:** Para estimular el desarrollo y lograr un crecimiento más uniforme y vigoroso en las plántulas (Figura 3), se sumergieron completamente los 150 gramos de semillas de tomate en soluciones de AG<sub>3</sub> que previamente fueron elaboradas, con tiempos de inmersión que variaron entre 12 y 24 horas (Saldívar-Iglesias *et al.*, 2010), evaluándose bajo los siguientes parámetros (M. Zhao *et al.*, 2024):

- Primer tiempo de inmersión de 12 horas.
- Segundo tiempo de inmersión de 18 horas.
- Tercer tiempo de inmersión 24 horas.



**Figura 3. Inmersión de semillas de tomate variedad INIAF Renacer.**

- d. Lavado de semillas:** Una vez finalizado el tiempo de inmersión en la solución de  $\text{AG}_3$ , las semillas fueron retiradas y colocadas en un colador para proceder a su lavado y se enjuagaron dos veces con abundante agua destilada dentro de un recipiente hermético (tupper), asegurando así que no quedaran restos de la solución.
- e. Secado de semillas:** Tras los procesos de inmersión y lavado, las semillas fueron secadas sobre franelas durante 48 a 72 horas a temperatura ambiente, con el objetivo de eliminar el exceso de humedad. De esta manera, las semillas quedaron acondicionadas para su posterior peletización

### 3.3.1.2. Tecnología de peletizado o recubrimiento de semilla

Una vez finalizado el tratamiento con ácido giberélico (priming) de los 1350 gramos distribuidos en los nueve tratamientos, se procedió a recubrir las semillas siguiendo la siguiente metodología:

- a. Pesado de las semillas:** Utilizando una balanza analítica de precisión, se pesaron porciones de 50 gramos (16.000 semillas) de semilla tratada para cada tratamiento.
- b. Preparación de sólidos para peletizado de semilla:** Una vez preparadas las formulaciones en polvo (Figura 4), basadas principalmente en arcillas, se procedió a pesar las dosis requeridas en bandejas utilizando una balanza. Posteriormente, las arcillas se envasaron en un tupper, siguiendo la siguiente distribución:
  - **Primera formulación:** 1387,5 g de caolín, 37,5 g de dolomita, 75 g de tierra diatomea.

- **Segunda formulación:** 1900 g de caolín, 20 g de dolomita, 80 g de tierra diatomea.
- **Tercera formulación:** 1950 g de caolín, 10 g de dolomita, 40 g de tierra diatomea.



**Figura 4. Pesado de sólidos para peletizado de semillas (arcillas).**

c. **Preparación de líquido aglutinante para semilla:** Se realizó la medición volumétrica del líquido empleando vaso de precipitados de 600 ml, probetas de 100 y 1000 ml. A las formulaciones líquidas se les agregaron aglutinantes en las siguientes proporciones:

- **Primera formulación:** 20 ml de melaza de caña de azúcar, 480 ml de agua destilada.
- **Segunda formulación:** 35 ml de melaza de caña de azúcar, 465 ml de agua destilada.
- **Tercera formulación:** 50 ml de melaza de caña de azúcar, 450 ml de agua destilada.

Se prepararon dos litros de cada solución de aglutinante para llevar a cabo todos los tratamientos planificados. Las fórmulas de los aglutinantes fueron establecidas para un volumen de un litro.

d. **Preparación de líquido polímero de recubrimiento:** Se realizó el pesaje de carboximetilcelulosa sódica en una balanza analítica para determinar el volumen métrico. La función de la carboximetilcelulosa sódica, fue asegurar la correcta fijación y el color del recubrimiento a la semilla, bajo la siguiente proporción:

- **Primera formulación:** 4 g de carboximetilcelulosa sódica, 3 g de colorante vegetal, 1 L de agua destilada.
- **Segunda formulación:** 7 g de carboximetilcelulosa sódica, 3 g colorante vegetal, 1 L de agua destilada.
- **Tercera formulación:** 9 g de carboximetilcelulosa sódica, 3 g colorante vegetal, 1 L de agua destilada.

e. **Peletizado:** Una vez obtenidos los datos de los pesos de semillas y las arcillas, así como del volumen de los líquidos y el aglutinante, se llevó a cabo el proceso de peletizado (Figura 5), agregando primeramente las arcillas al compartimiento correspondiente, posteriormente el aglutinante en su respectivo compartimiento, seguidamente las semillas en el tambor. Se ajustaron cuidadosamente los tiempos de rotación del rotor, así como la velocidad a la que se introdujeron los materiales en polvo y el aglutinante en la máquina peletizadora durante un período de 25 a 28 minutos de acuerdo al tratamiento. Por último, se agregó el polímero, con el objetivo de obtener semillas recubiertas con una capa protectora. Posteriormente las semillas peletizadas de cada tratamiento se secaron por 24 horas, para obtener semillas peletizadas de tamaño y consistencia homogénea.



**Figura 5. Peletizado se semillas de tomate variedad INIAF Renacer, área de recubrimiento de semillas de hortalizas**

- f. **Recubrimiento con líquido de polímero:** Posteriormente, se agregó carboximetilcelulosa sódica junto con colorante vegetal verde para facilitar la identificación de la semilla peletizada de tomate, variedad INIAF Renacer.
- g. **Siembra en laboratorio:** De los 50 gramos de semilla peletizada de tomate variedad INIAF Renacer (150.000 unidades), solo 300 semillas peletizadas se destinaron a la siembra y el resto se almacenaron en condiciones óptimas para su posterior uso. Se sembraron 20 semillas peletizadas (Figura 6) de cada tratamiento en cajas Petri debidamente preparadas (papel absorbente), posteriormente estas fueron llevadas a una cámara de germinación (condiciones controladas de 12 horas luz, 12 horas oscuridad y una temperatura entre los 23°C – 25°C). Sin embargo, los resultados obtenidos en las cajas Petri no dieron los resultados esperados, por lo que se procedió a realizar la siembra en bolsas de polietileno transparente con papel absorbente (Figura 7), en el cual se sembraron 15 semillas peletizadas por tratamiento. Este cambio de metodología permitió obtener los resultados esperados, evidenciando mejores condiciones para la germinación y desarrollo de las plántulas.



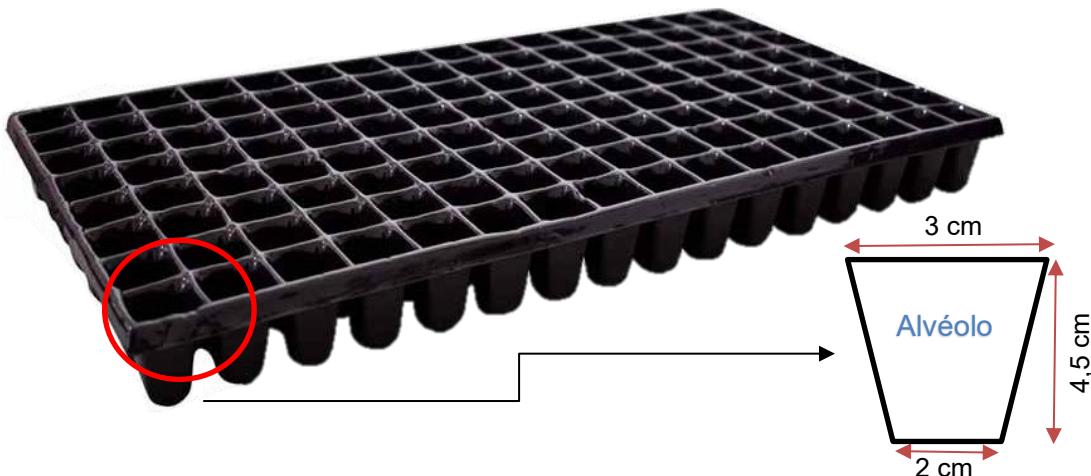
**Figura 6. Siembra de semilla peletizada en cajas Petri y papel absorbente, laboratorio de control interno de calidad de semilla.**



**Figura 7. Siembra de semilla peletizada en bolsas de polietileno con papel absorbente, laboratorio de control interno de calidad de semilla.**

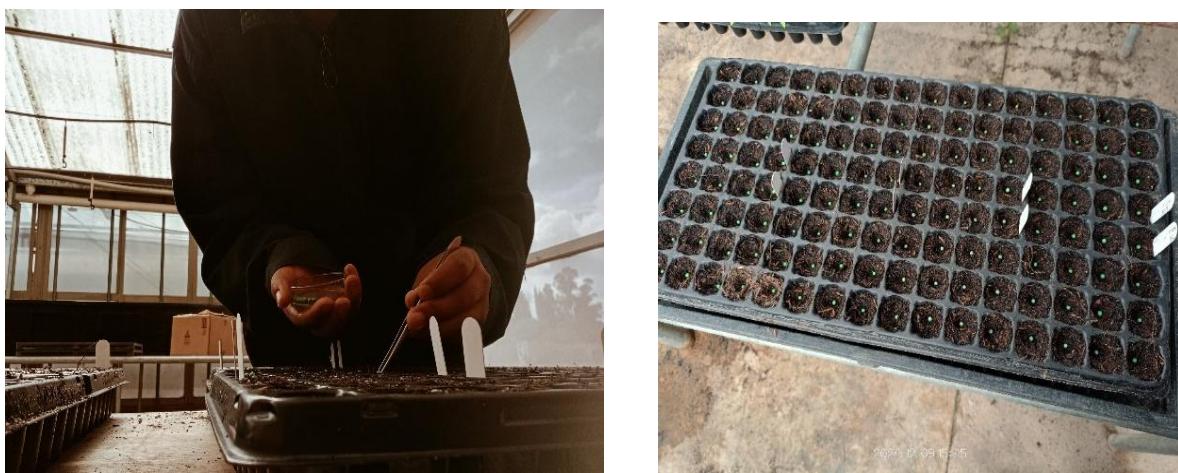
- h. Riego en laboratorio:** El riego en las cajas Petri se realizó de forma controlada, ajustándose a los requerimientos específicos de cada tratamiento, garantizando una humedad uniforme en el papel absorbente. Este mismo procedimiento se utilizó en las bolsas de polietileno transparentes, asegurando así condiciones homogéneas para todas las muestras.
- i. Evaluación de semilla peletizada en laboratorio:** Tras la siembra de las semillas peletizadas y su colocación en la cámara de germinación, se realizó una evaluación diaria para determinar el efecto de los distintos tratamientos aplicados. Para ello, se consideraron las variables de respuesta previamente establecidas, como el porcentaje de germinación, los días a la germinación, el vigor de las plántulas, entre otros.

j. **Bandeja de almácigo:** El cual tiene una dimensión de 14 cm de ancho, 27,5 cm de largo, teniendo un total de 128 alvéolos. El sustrato usado en estaba compuesto por tierra vegetal, cascarilla de arroz (quemada y sin quemar) y lama de río, con una proporción de 1, 1, 1, previamente desinfectada en la cual fue distribuido por toda la bandeja, y en cada alvéolo se sembró una semilla peletizada de tomate variedad INIAF Renacer.



**Figura 8. Bandeja de almácigo de 128 alvéolos.**

k. **Siembra en invernadero:** Se sembraron 16 semillas peletizadas de cada tratamiento en bandejas de almácigo (Figura 9) con sustrato a una profundidad de 0,5 cm. Cada tratamiento fue evaluado de manera continua en condiciones de invernadero, considerando las variables de respuesta establecidas, durante la fase inicial del cultivo.



**Figura 9. Siembra de semillas peletizadas en bandejas de almácigo y sustrato en invernadero.**

- I. **Evaluación de semilla peletizada en invernadero:** Una vez sembradas las semillas peletizadas de cada tratamiento en invernadero, estas fueron evaluadas de manera continua, en función a las variables de respuesta establecidas, con el objetivo de determinar su adaptabilidad a las condiciones ambientales.
- m. **Riego en invernadero:** El riego se realizó de manera manual; tres veces al día con la ayuda de una regadera, lo que permitió mantener una humedad óptima y uniforme en todas las bandejas de almácigo de 128 alvéolos. Este método aseguró que cada alvéolo recibiera la cantidad adecuada de agua sin provocar encharcamientos, especialmente importante para evitar estrés hídrico o exceso de humedad en las plántulas.

### 3.3.2. Diseño experimental

#### 3.3.2.1. Primera fase (Laboratorio)

Para la evaluación de esta investigación se empleó un Diseño Completamente al Azar con un arreglo factorial de  $3 \times 3 \times 3$  teniendo 27 tratamientos y 3 repeticiones.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

$Y_{ijk}$  = Variable de respuesta en la  $k$ -ésima repetición del  $ij$ -ésimo.

$\mu$  = Media general del experimento.

$\alpha_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo niveles de  $AG_3$ .

$\beta_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo tiempo de inmersión.

$\gamma_k$  = Efecto del  $k$ -ésimo formulación de peletizado.

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Interacción del  $i$ -ésimo niveles de  $AG_3$  con el  $j$ -ésimo tiempo de inmersión.

$(\alpha\gamma)_{ik}$  = Interacción del  $i$ -ésimo niveles de  $AG_3$  con la formulación de peletizado.

$(\beta\gamma)_{jk}$  = Interacción del  $j$ -ésimo tiempo de inmersión con la formulación de peletizado.

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$  = Interacción del  $i$ -ésimo niveles de  $AG_3$ , el  $j$ -ésimo tiempo de inmersión y la formulación de peletizado.

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$  = Triple interacción de los factores de AG<sub>3</sub>, tiempo de inmersión y formulación del peletizado.

$\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental

### 3.3.2.2. Segunda fase (Invernadero)

Para la evaluación de esta investigación se empleó un Diseño Bloques Completos al Azar teniendo:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta en la k-ésima repetición del ij-ésimo.

$\mu$  = Media general del experimento.

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo bloque.

$\alpha_i$  = Efecto del i-ésimo efecto de los tratamientos combinados.

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental

### 3.3.3. Factores de estudio

Factor A: Nivel de Ácido Giberélico (AG<sub>3</sub>).

$a_1 = 75 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3$ .

$a_2 = 100 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3$ .

$a_3 = 125 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3$ .

Factor B: Tiempo de inmersión.

$b_1 = 12 \text{ horas}$ .

$b_2 = 18 \text{ horas}$ .

$b_3 = 24 \text{ horas}$ .

Factor C: Formulación de peletizado.

$c_1$  = primera formulación.

$c_2$  = segunda formulación.

$c_3$  = Tercera formulación.

### 3.3.3.1. Formulación de tratamientos

$T_0$  = Testigo (sin tratamiento).

$T_1 = 75 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3 + 12 \text{ horas de inmersión} + 1\text{ra formulación de peletizado (a}_1+\text{b}_1+\text{c}_1\text{)}.$

$T_2 = 75 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3 + 12 \text{ horas de inmersión} + 2\text{da formulación de peletizado (a}_1+\text{b}_1+\text{c}_2\text{)}.$

$T_3 = 75 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3 + 12 \text{ horas de inmersión} + 3\text{ra formulación de peletizado (a}_1+\text{b}_1+\text{c}_3\text{)}.$

$T_4 = 75 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3 + 18 \text{ horas de inmersión} + 1\text{ra formulación de peletizado (a}_1+\text{b}_2+\text{c}_1\text{)}.$

$T_5 = 75 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3 + 18 \text{ horas de inmersión} + 2\text{da formulación de peletizado (a}_1+\text{b}_2+\text{c}_2\text{)}.$

$T_6 = 75 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3 + 18 \text{ horas de inmersión} + 3\text{ra formulación de peletizado (a}_1+\text{b}_2+\text{c}_3\text{)}.$

$T_7 = 75 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3 + 24 \text{ horas de inmersión} + 1\text{ra formulación de peletizado (a}_1+\text{b}_3+\text{c}_1\text{)}.$

$T_8 = 75 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3 + 24 \text{ horas de inmersión} + 2\text{da formulación de peletizado (a}_1+\text{b}_3+\text{c}_2\text{)}.$

$T_9 = 75 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3 + 24 \text{ horas de inmersión} + 3\text{ra formulación de peletizado (a}_1+\text{b}_3+\text{c}_3\text{)}.$

$T_{10} = 100 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3 + 12 \text{ horas de inmersión} + 1\text{ra formulación de peletizado (a}_2+\text{b}_1+\text{c}_1\text{)}.$

$T_{11} = 100 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3 + 12 \text{ horas de inmersión} + 2\text{da formulación de peletizado (a}_2+\text{b}_1+\text{c}_2\text{)}.$

$T_{12} = 100 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3 + 12 \text{ horas de inmersión} + 3\text{ra formulación de peletizado (a}_2+\text{b}_1+\text{c}_3\text{)}.$

$T_{13} = 100 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3 + 18 \text{ horas de inmersión} + 1\text{ra formulación de peletizado (a}_2+\text{b}_2+\text{c}_1\text{)}.$

$T_{14} = 100 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3 + 18 \text{ horas de inmersión} + 2\text{da formulación de peletizado (a}_2+\text{b}_2+\text{c}_2\text{)}.$

$T_{15} = 100 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3 + 18 \text{ horas de inmersión} + 3\text{ra formulación de peletizado (a}_2+\text{b}_2+\text{c}_3\text{)}.$

$T_{16} = 100 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3 + 24 \text{ horas de inmersión} + 1\text{ra formulación de peletizado (a}_2\text{+b}_3\text{+c}_1\text{)}.$

$T_{17} = 100 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3 + 24 \text{ horas de inmersión} + 2\text{da formulación de peletizado (a}_2\text{+b}_3\text{+c}_2\text{)}.$

$T_{18} = 100 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3 + 24 \text{ horas de inmersión} + 3\text{ra formulación de peletizado (a}_2\text{+b}_3\text{+c}_3\text{)}.$

$T_{19} = 125 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3 + 12 \text{ horas de inmersión} + 1\text{ra formulación de peletizado (a}_3\text{+b}_1\text{+c}_1\text{)}.$

$T_{20} = 125 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3 + 12 \text{ horas de inmersión} + 2\text{da formulación de peletizado (a}_3\text{+b}_1\text{+c}_2\text{)}.$

$T_{21} = 125 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3 + 12 \text{ horas de inmersión} + 3\text{ra formulación de peletizado (a}_3\text{+b}_1\text{+c}_3\text{)}.$

$T_{22} = 125 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3 + 18 \text{ horas de inmersión} + 1\text{ra formulación de peletizado (a}_3\text{+b}_2\text{+c}_1\text{)}.$

$T_{23} = 125 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3 + 18 \text{ horas de inmersión} + 2\text{da formulación de peletizado (a}_3\text{+b}_2\text{+c}_2\text{)}.$

$T_{24} = 125 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3 + 18 \text{ horas de inmersión} + 3\text{ra formulación de peletizado (a}_3\text{+b}_2\text{+c}_3\text{)}.$

$T_{25} = 125 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3 + 24 \text{ horas de inmersión} + 1\text{ra formulación de peletizado (a}_3\text{+b}_3\text{+c}_1\text{)}.$

$T_{26} = 125 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3 + 24 \text{ horas de inmersión} + 2\text{da formulación de peletizado (a}_3\text{+b}_3\text{+c}_2\text{)}.$

$T_{27} = 125 \text{ mgL}^{-1} \text{ AG}_3 + 24 \text{ horas de inmersión} + 3\text{ra formulación de peletizado (a}_3\text{+b}_3\text{+c}_3\text{)}.$

### 3.3.4. Variables de respuesta, primera fase (Laboratorio)

#### 3.3.4.1. Porcentaje de germinación (PG)

El porcentaje de germinación se determinó mediante evaluaciones diarias, considerando como semilla germinada aquella que exhibió una protrusión radicular visible. El monitoreo continuó fue hasta alcanzar una germinación del 94%. La cuantificación se realizó mediante observación directa y posterior aplicación de la fórmula estandarizada propuesta por Caroca *et al.*, (2016).

$$\text{PG} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ semillas germinadas}}{\text{N}^{\circ} \text{ semillas sembradas}} \times 100$$

#### 3.3.4.2. Índice de velocidad de germinación (IVG)

Se registró un conteo diario (día) de las semillas que hayan iniciado el proceso de germinación, específicamente aquellas que hayan desarrollado la radícula. Este se

determinó de acuerdo a la fórmula propuesta por Maquire (1962), el cual fue citado por Duarte *et al.* (2019).

$$\text{IVG} = \sum_{n=1}^n \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Porcentaje de germinación}}$$

### 3.3.4.3. Días a la germinación (DG)

Se determinó los días a la germinación mediante el registro del número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 80% de las semillas presentaron una radícula expuesta, este conteo se realizó de manera visual (Nolasco-Guzmán *et al.*, 2016).

### 3.3.4.4. Uniformidad de germinación (UG)

Esta uniformidad se determinó de acuerdo a la fórmula de Demilly *et al.* (2014) citada por Suo *et al.* (2024).

$$\text{UG} = \text{T90} - \text{T10}$$

Donde:

T90 = Es el tiempo requerido para la germinación del 90% de las semillas.

T10 = Es el tiempo requerido para la germinación del 10% de las semillas.

### 3.3.4.5. Longitud de raíz (LR)

Se llevó a cabo una medición de la longitud de la raíz, de cuatro plántulas al azar por tratamiento y se registró en milímetros (mm.), con la ayuda de una regla milimétrica. Este registro se realizó cuando los cotiledones estuvieron completamente expandidos y se alcanzó el 80% de germinación (Martirena-Ramírez *et al.*, 2019).

### 3.3.4.6. Altura de plántula (AP)

Se midió simultáneamente a la longitud de raíz, desde el cuello hasta el ápice, en cuatro plántulas seleccionadas aleatoriamente por tratamiento, utilizando una regla milimétrica. Las mediciones se realizaron cuando los cotiledones mostraron completa expansión y registrándose todos los valores en milímetros (mm.), (Ruiz & Morrison, 2009).

### 3.3.4.7. Índice de vigor de plántula (IVP)

Este índice se determinó de acuerdo con la ecuación propuesta por Kim *et al.* (1987) y citada por Mendoza-Pedroza *et al.* (2023), teniendo la siguiente fórmula:

$$\text{IVP} = \text{Porcentaje de germinación (\%)} \times \text{Altura de plántula en laboratorio (mm.)}$$

### 3.3.5. Variable de respuesta, segunda fase (Invernadero)

#### 3.3.5.1. Porcentaje de emergencia (PE)

El porcentaje de emergencia se registró bajo un conteo diario, se consideró una semilla emergida cuando se observó el estado de codo, hasta que el 80% de las plántulas hayan emergido y se determinó de manera visual. Esto se verificó bajo la siguiente fórmula sugerida por Cervantes *et al.*, (2014).

$$\text{PE} = \frac{\text{Plantas emergidas}}{\text{Total de semillas sembradas}} \times 100$$

#### 3.3.5.2. Índice de velocidad de emergencia (IVE)

Se llevó a cabo un muestreo diario del número de plántulas emergidas, estableciéndose como día uno aquel en que se observó la primera emergencia. El periodo de muestreo finalizó a los 20 días posteriores a la siembra en el almácigo (García-López *et al.*, 2016).

Se determinó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{IVE} = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{N_i}$$

Donde:

$X_i$  = Número de plántulas emergidas por día.

$N_i$  = Número de días después de la siembra.

$N$  = Número de conteo.

### 3.3.5.3. Uniformidad de emergencia (UE)

Esta uniformidad se determinó de acuerdo a la fórmula de Demilly *et al.* (2014) citada por (Suo *et al.*, 2024).

$$UE = T90 - T10$$

Donde:

T90 = Es el tiempo requerido para la emergencia del 90% de las semillas.

T10 = Es el tiempo requerido para la emergencia del 10% de las semillas.

### 3.3.5.4. Altura de plántula (AP)

Una vez que los cotiledones estuvieron completamente expuestos y se alcanzó el 80% de emergencia, se midió la altura de plántula desde el cuello del tallo hasta el ápice de la plántula, de cuatro plántulas seleccionadas aleatoriamente por tratamiento, utilizando una regla milimétrica. Los datos se registraron en milímetros (mm.) para su posterior análisis (Ruiz & Morrison, 2009).

### 3.3.5.5. Índice de vigor de la plántula (IVP)

Se llevó a cabo un muestreo diario del número de plántulas emergidas, estableciéndose como día uno aquel en que se observó la primera emergencia. El periodo de muestreo finalizó a los 20 días posteriores a la siembra en el almácigo (García-López *et al.*, 2016).

Se determinó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$IVP = \text{Porcentaje de emergencia (\%)} \times \text{Altura de plántula en campo (mm.)}$$

### 3.3.6. Análisis estadístico

El estudio fue analizado estadísticamente mediante el software R, recurriendo a un enfoque metodológico mixto que integró el uso de pruebas paramétricas como el análisis de varianza y la comparación de medias, pruebas no paramétricas, técnicas de permutación y visualización de datos a través de mapas de calor.

### 3.3.7. Análisis económico

Se realizó un análisis económico comparativo para evaluar la rentabilidad de los tratamientos de priming y peletización más prometedores para semillas de tomate. Este análisis consideró los costos fijos, variables y unitarios, comparándolos con el precio de venta para determinar su viabilidad financiera. Esto proporciona una base técnica para seleccionar tecnologías que maximicen no solo el rendimiento agronómico, sino también la sostenibilidad económica en la producción de semillas peletizadas.

El índice Beneficio/Costo (B/C) se calcula dividiendo los ingresos totales entre los costos totales. Este indicador determina la rentabilidad de una actividad: si es superior a 1, la inversión es rentable; si es igual a 1, se alcanza el punto de equilibrio sin ganancias ni pérdidas; y si es inferior a 1, la actividad genera pérdidas. En esencia, el valor resultante representa la ganancia o pérdida obtenida por cada unidad monetaria (boliviano) invertida en la producción (De Castro *et al.*, 2023).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Primera fase (Laboratorio)

#### 4.1.1. Porcentaje de germinación (PG)

Los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk ( $W=0,97752$ ;  $p=0,1651$ ) mostraron que los residuos del modelo lineal se ajustan a una distribución normal y la prueba de Levene ( $F=0,687$ ;  $p=0,8506$ ) mostró que tienen homogeneidad de varianzas; en consecuencia, se realizó la prueba de análisis de varianza.

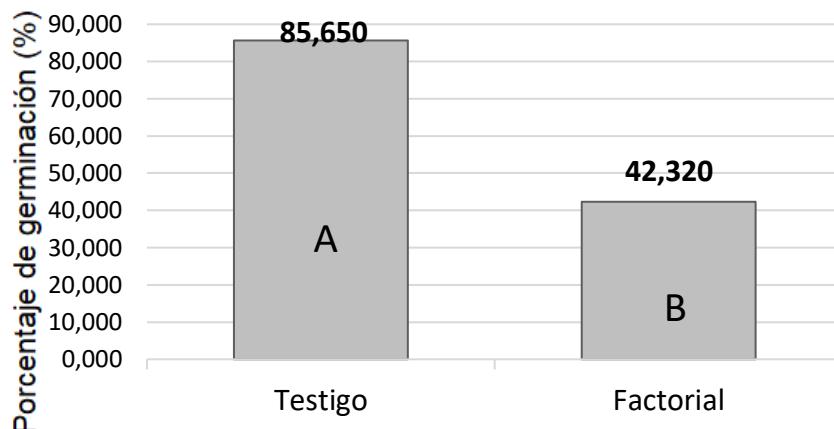
**Cuadro 1. Análisis de varianza para porcentaje de germinación.**

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr(>F)	Sig.
Testigo vs factorial	1	5.430,56	5.430,56	32,6287	<0,001	***
Factor A	2	5.136,27	2.568,14	15,4303	<0,001	***
Factor B	2	1124,06	562,03	3,37687	0,041	*
Factor C	2	23981,55	11.990,78	72,0448	<0,001	***
Factor A*Factor B	4	563,47	140,87	0,84638	0,502	NS
Factor A*Factor C	4	1319,79	329,95	1,98244	0,110	NS
Factor B*Factor C	4	86,31	21,58	0,12965	0,971	NS
Factor A*Factor B* Factor C	8	2.519,73	314,97	1,89243	0,079	NS
Error	56	9320,36	166,44			
Total	83	49482,1				

**Nota:** 0 '\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1 NS=No significativo; CV = 25,36%; Sig.=Significancia; GL=Grados de libertad; Factor A=Nivel de AG<sub>3</sub>; Factor B=Tiempo de inmersión; Factor C=Formulación de peletizado.

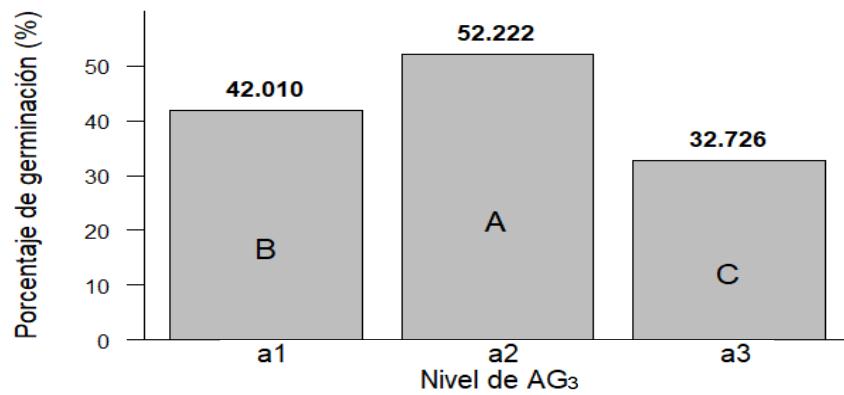
El coeficiente de variación (CV) del 25,36% indica que los datos son confiables, ya que este valor está dentro del rango aceptable.

El análisis de varianza (Cuadro 1) muestra que no existen diferencias significativas ( $p>0,05$ ) en la interacción triple y las interacciones dobles; sin embargo, se identificaron diferencias significativas ( $p\leq0,05$ ) en los factores A (Nivel de AG<sub>3</sub>), B (Tiempo de inmersión) y C (Formulación de peletizado), lo que indica que cada uno de estos factores afecta de manera individual la germinación de las semillas peletizadas de tomate variedad INIAF Renacer. Para el análisis adecuado de estos resultados se realizaron las comparaciones de medias de Duncan (Anexos 11, 12, 13, 14) y sus gráficas correspondientes (Figuras 10, 11, 12, 13).



**Figura 10. Comparación de medias de Duncan entre Testigo y Factoriales, para la variable porcentaje de germinación.**

Los resultados demostraron que, en semillas de tomate variedad INIAF Renacer, el testigo fue significativamente superior ( $p \leq 0,05$ ), alcanzando el mayor porcentaje de germinación 85,64%, en comparación con los factores estudiados (Figura 10, Anexo 11). Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Deaquiz-Oyola & Burgos-Avila (2013), quienes también identificaron al testigo como el tratamiento de referencia más efectivo, con un 78,10% de germinación en semillas de tomate variedad Santa Clara.



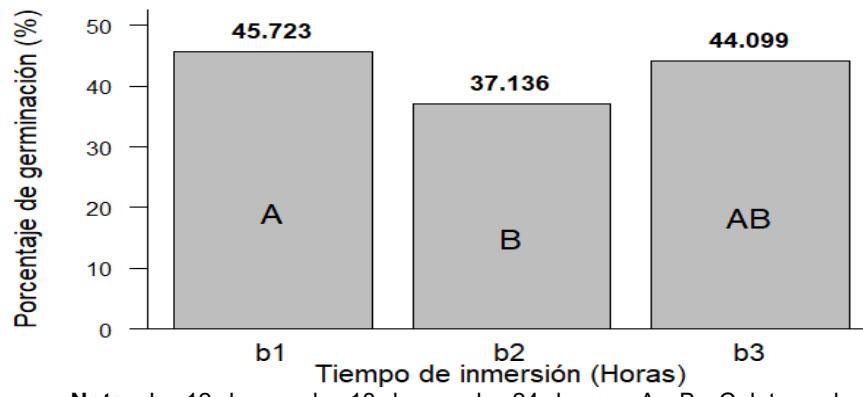
**Nota:** AG<sub>3</sub>=Ácido giberélico; a<sub>1</sub>= 75 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; a<sub>2</sub>=100 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; a<sub>3</sub>=125 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; A, B, C=letras de significancia.

**Figura 11. Comparación de medias de Duncan para el Factor: A (Nivel AG<sub>3</sub>) para la variable porcentaje de germinación.**

Entre los diferentes niveles de AG<sub>3</sub> estudiados, el nivel de 100 mgL<sup>-1</sup> (a<sub>2</sub>) mostró el mayor porcentaje de germinación de 52,22%, en comparación a los demás niveles de AG<sub>3</sub> estudiados (Figura 11, Anexo 12). Estos resultados fueron similares a lo reportado por Deaquiz-Oyola & Burgos-Avila, (2013) quienes encontraron que el testigo fue mayor con el 78,10% de germinación mostrando diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) frente a los niveles con 100, 200 y 400 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>, esto puede atribuirse a un efecto inhibitorio del AG<sub>3</sub> en

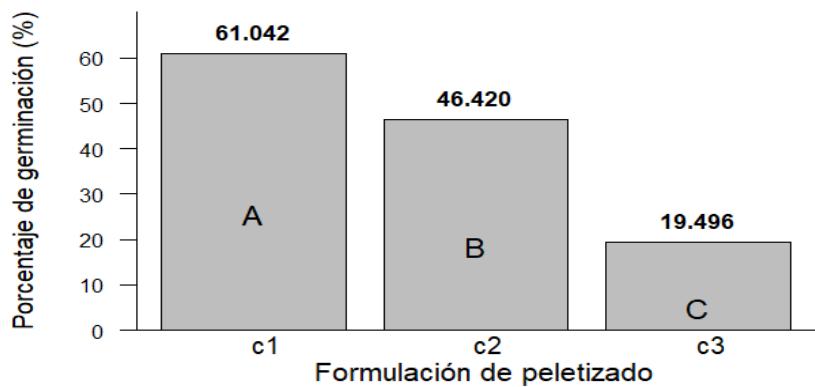
la hidrólisis de carbohidratos durante la germinación, hallazgo que concuerda con lo reportado por Navarro *et al.* (2008).

Por otra parte, es posible que el proceso de peletizado haya causado daños físicos a las semillas, lo que a su vez pudo haber disminuido la capacidad de germinación. Esta reducción en la germinación podría también deberse a que el recubrimiento de la semilla peletizada no se disolvió en su totalidad al entrar en contacto con el agua, lo que retardó el inicio de la germinación. Por otro lado, se observó que, a mayor tiempo de inmersión en el tratamiento pregerminativo de priming, algunas semillas alcanzaron la protrusión de la radícula, esto podría representar un daño irreversible al embrión; este hallazgo concuerda con lo reportado por Palafox (2012), lo que podría explicar la disminución observada en el porcentaje de germinación en los niveles de AG<sub>3</sub>.



**Figura 12. Comparación de medias de Duncan para el Factor B: Tiempo de inmersión para la variable de porcentaje de germinación.**

Los tiempos de inmersión evaluados no mostraron diferencias significativas entre sí, el tratamiento con 12 horas de inmersión (b<sub>1</sub>) alcanzó un mayor porcentaje de germinación de 45,72% de en comparación con los demás tiempos de inmersión estudiados (Figura 12, Anexo 13). Estos resultados coinciden con lo reportado por Saldívar-Iglesias *et al.* (2010), quienes no encontraron diferencias significativas en la germinación de semillas de *Jaltomata procumbens* entre tratamientos de 12 y 24 horas de inmersión con AG<sub>3</sub>. Por otro lado, Chetouani *et al.* (2017), obtuvieron un mayor porcentaje de germinación del 62% en semillas de *Thymus satureioides* L. y *Lavandula dentata* utilizando AG<sub>3</sub> a 50 mgL<sup>-1</sup> con 24 horas de inmersión, lo que sugiere que la respuesta al tiempo de exposición puede variar según la especie y la concentración aplicada.



Nota: c<sub>1</sub>=Primera formulación; c<sub>2</sub>=Segunda formulación; c<sub>3</sub>=Tercera formulación; A, B, C=letras de significancia.

**Figura 13. Comparación de Duncan medias para el Factor C: Formulación de peletizado para la variable porcentaje de germinación.**

Los resultados mostraron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) en la germinación de semillas de tomate variedad INIAF Renacer (Figura 13, Anexo 14), según la formulación de peletizado aplicada, en el caso de la primera formulación (c<sub>1</sub>) alcanzó el mayor porcentaje de germinación de 61,04%, seguida por la segunda formulación (c<sub>2</sub>) el 46,42% de germinación y finalmente la tercera formulación (c<sub>3</sub>) alcanzó el menor porcentaje de 19,5% de germinación. Estos hallazgos contrastan con otras formulaciones reportadas Javed & Afzal, (2020), donde indican que la combinación de talco:CaO:talco:bentonita alcanzo el 94% y la combinación talco:CaO alcanzó el 86% de germinación los cuales mostraron los mejores resultados, mientras que la combinación de talco:CaO:polvo de China:talco el 81% y talco:PC:talco:bentonita con el 80% de germinación presentaron valores intermedios pero estadísticamente similares. Estas variaciones confirman que tanto la composición del recubrimiento como el tipo de semilla y cantidad de polímero aplicado son factores determinantes en el éxito germinativo de las semillas de tomate peletizadas (Campos de Melo *et al.*, 2015).

#### **4.1.2. Índice de velocidad de germinación (IVG)**

Los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk ( $W=0,98737$ ;  $p=0,6145$ ) mostraron que los residuos del modelo lineal se ajustan a una distribución normal y la prueba de Levene ( $F=0,3305$ ;  $p=0,9985$ ) mostró que tienen homogeneidad de varianzas; en consecuencia, se realizó la prueba de análisis de varianza.

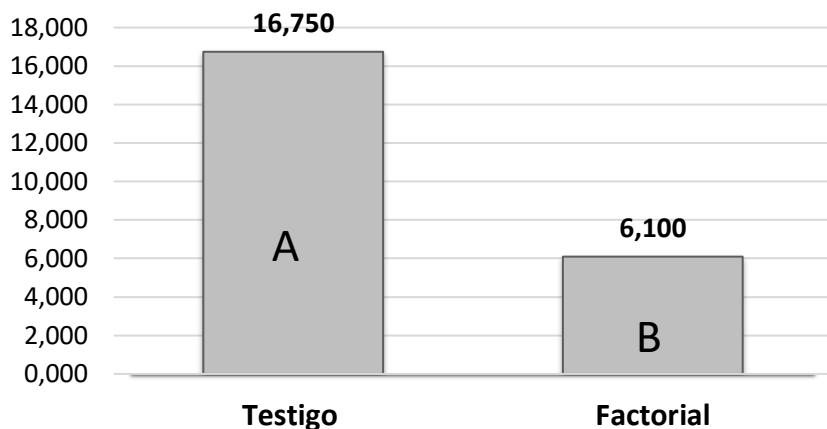
**Cuadro 2. Análisis de varianza para el índice de velocidad de germinación.**

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr(>F)	Sig.
Testigo vs factorial	1	328,320	328,320	97,100	<0,001	***
Factor A	2	92,330	46,165	13,653	<0,001	***
Factor B	2	27,420	13,710	4,055	0,023	**
Factor C	2	499,060	249,530	73,798	<0,001	***
Factor A*Factor B	4	25,450	6,363	1,882	0,126	NS
Factor A*Factor C	4	27,480	6,870	2,032	0,102	NS
Factor B*Factor C	4	9,770	2,443	0,722	0,580	NS
Factor A*Factor B* Factor C	8	89,510	11,189	3,309	0,004	**
Error	56	189,350	3,381			
Total	83	1.288,690				

**Nota:** 0 \*\*\* 0,001 \*\* 0,01 \* 0,05 . 0,1 ' 1; NS=No significativo; CV=25,18%; Sig.=Significancia GL=Grados de libertad; Factor A=Nivel de AG<sub>3</sub>; Factor B=Tiempo de inmersión; Factor C=Formulación de peletizado.

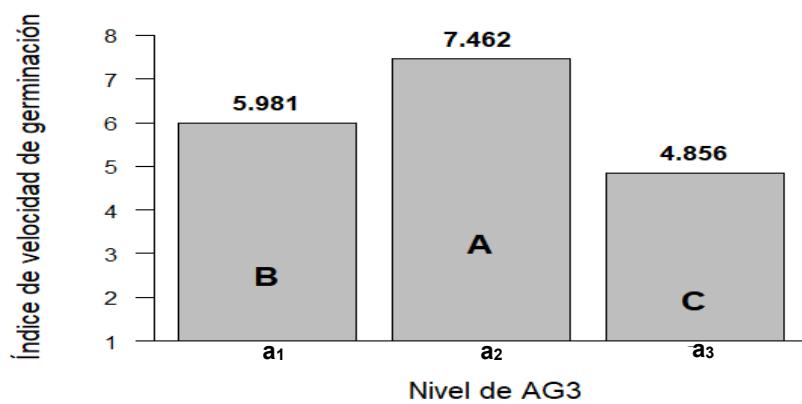
El coeficiente de variación (CV) del 25,18% indica que los datos son confiables, ya que este valor está dentro del rango aceptable.

Los resultados del análisis de varianza (Cuadro 2) mostraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en la interacción triple (factores A\*B\*C), al igual en los efectos principales: Factor A (nivel de AG<sub>3</sub>), Factor B (tiempo de inmersión), Factor C (formulación de peletizado) de manera individual, sin embargo, no se evidenció diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en las dobles interacciones. Estos resultados sugieren que el efecto de la combinación de Factor A y Factor B sobre el índice de velocidad de germinación dependen del Factor C. Para un análisis e interpretación adecuada de los resultados se realizó el análisis de medias de Duncan (Anexos 15, 16, 17, 18) y sus gráficas correspondientes (Figuras 14, 15, 16, 17), así mismo se realizó el análisis de efectos simples (Anexos 18, 19, 20) y sus gráficas de interacción triple (Figuras 19, 20, 21).



**Figura 14. Comparación de Duncan medias entre el Testigo y los Factoriales, para la variable índice de velocidad de germinación**

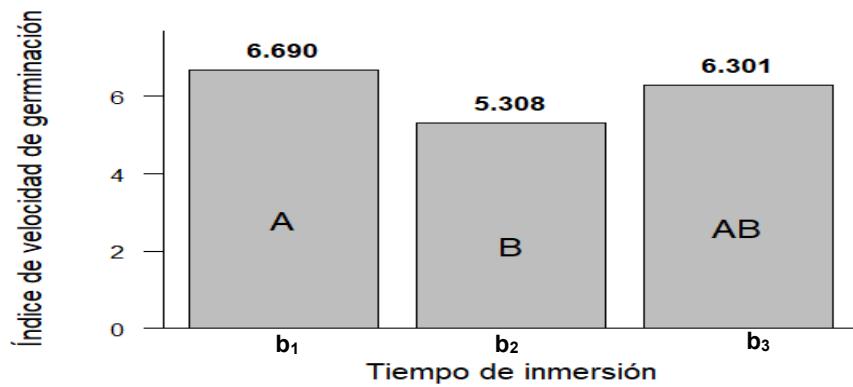
El resultado entre el testigo y los factores aplicados (Figura 14, Anexo 15), mostró que el testigo fue significativamente ( $p \leq 0,05$ ) superior en el índice de velocidad de germinación con el 16,75 en comparación a los diferentes tratamientos aplicados. Esto puede explicarse porque las semillas no recibieron tratamientos pregerminativos ni fueron peletizadas, lo que permitió una mayor absorción de agua. Esta condición favoreció un mayor índice de velocidad de germinación en comparación con los tratamientos aplicados a las semillas de tomate variedad INIAF Renacer. Los estudios de germinación en chiles silvestres arrojaron resultados variables. Este resultado contrasta con lo reportado para otras especies. Por ejemplo, en chiles silvestres (*Capsicum sp.*), Prado-Urbina *et al.* (2015), observaron que los tratamientos con ácido giberélico, solo o combinado con hidrotermia, fueron los más exitosos, superando el 92% de germinación. Esto evidencia que la respuesta a los tratamientos pregerminativos es altamente específica y varía según la especie.



**Nota:** AG<sub>3</sub>=Ácido giberélico; a<sub>1</sub>= 75 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; a<sub>2</sub>=100 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; a<sub>3</sub>=125 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; A, B, C=letras de significancia.

**Figura 15. Comparación de medias para el Factor A: Nivel de AG3 para la variable índice de velocidad de germinación**

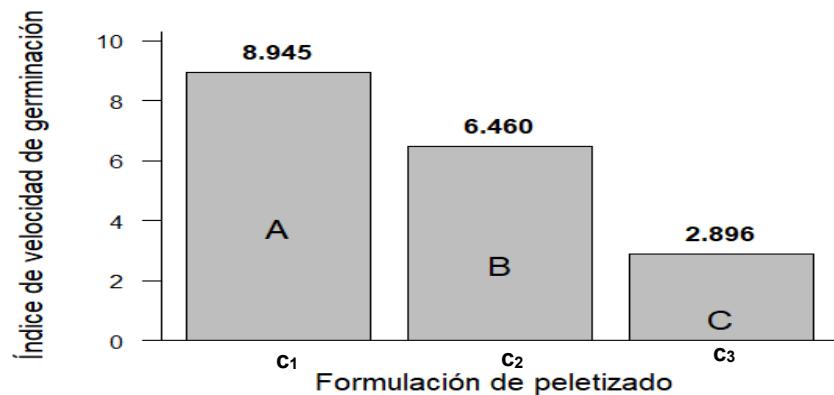
Los resultados donde el nivel de  $75 \text{ mgL}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$  ( $a_2$ ) mostró que existen diferencias significativas (Figura 15, Anexo16), siendo el valor más alto en el índice de velocidad de germinación de 7,462 en semillas peletizadas de tomate variedad INIAF Renacer. En contraste con los hallazgos reportados por Pizarro *et al.* (2023), en *Carica papaya* determinaron que se requiere un nivel de  $\text{AG}_3$  significativamente mayor ( $250 \text{ mgL}^{-1}$ ) para alcanzar la máxima eficacia, logrando un índice de germinación de 8.3 y una velocidad de 1.26 semillas/día. Esta discrepancia en la dosis óptima sugiere que la respuesta al  $\text{AG}_3$  es altamente específica de la especie e, incluso, de la variedad. Factores como la genética, el grosor y la permeabilidad de la testa de la semilla, y la técnica de peletizado pueden influir en la sensibilidad y la absorción del fitoestimulante.



Nota:  $b_1=12$  horas;  $b_2=18$  horas;  $b_3=24$  horas; A, B, C=letras de significancia.

**Figura 16. Comparación de medias de Duncan para el Factor B: Tiempo de inmersión para la variable índice de velocidad de germinación.**

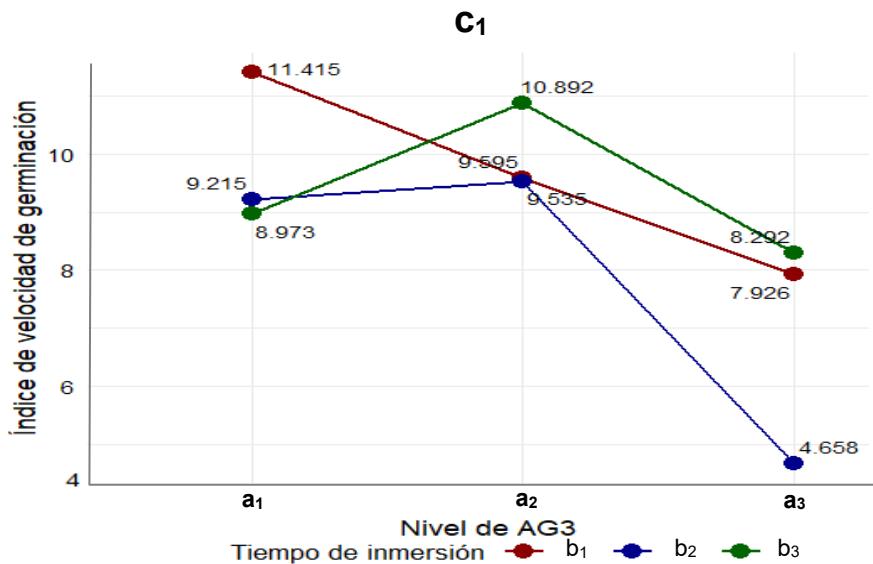
Los resultados mostraron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) en el índice de velocidad de germinación de semillas peletizadas de tomate variedad INIAF Renacer según el tiempo de inmersión aplicada (Figura 16, Anexo 17), en el caso de la  $b_1$  con 18 horas de inmersión alcanzó el mayor índice de velocidad de germinación de con un valor de 6,690, seguida por el  $b_3$  con 24 horas de inmersión teniendo un valor de 6,30 y finalmente la  $b_2$  con 18 horas de inmersión alcanzó 5,308. Este hallazgo sobre el beneficio de la hidratación previa coincide con lo reportado en otras especies. Por ejemplo, Marcano *et al.* (2023), observaron que 12 horas de hidratación previa incrementaron en el índice velocidad de germinación de semillas de moringa, siendo la variedad *Supergenius* la que mostró el mejor desempeño. Esto sugiere que la optimización del tiempo de imbibición es una técnica valiosa para mejorar la velocidad de germinación en diferentes cultivos.



Nota: c<sub>1</sub>=Primera formulación; c<sub>2</sub>=Segunda formulación; c<sub>3</sub>=Tercera formulación; A, B, C=letras de significancia.

**Figura 17. Comparación de medias de Duncan para el Factor C: Formulación de peletizado para la variable índice de velocidad de germinación.**

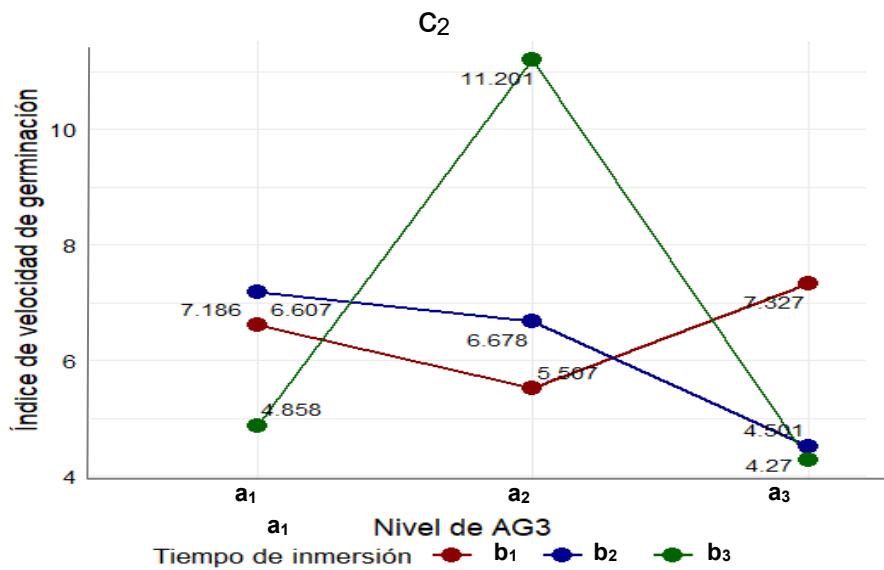
Los resultados con la formulación de peletizado (factor C), mostraron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) en el índice de velocidad de germinación de semillas peletizadas de tomate variedad INIAF Renacer según la formulación aplicada (Figura 17, Anexo 18), en el caso de la primera formulación (c<sub>1</sub>) alcanzó el mayor índice de velocidad de germinación con un valor de 8,945, seguida por la segunda formulación (c<sub>2</sub>) con 6,46 y finalmente la tercera formulación (c<sub>3</sub>) registrando un valor más bajo de 2,89. Al respecto, Pizarro *et al.* (2023), sugieren que el peletizado de las semillas de tomate podría actuar como un vehículo que modula la liberación de AG<sub>3</sub>, haciendo efectiva una concentración menor en comparación con semillas de papaya que no contaban con esta tecnología.



**Nota:**  $c_1$ = Primera formulación de peletizado;  $a_1=75 \text{ mgL}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$ ;  $a_2=100 \text{ mgL}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$ ;  $a_3=125 \text{ mgL}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$ ;  $b_1=12$  horas;  $b_2=18$  horas;  $b_3=24$  horas.

**Figura 18. Interacción triple nivel de A\*B\*C para la variable índice de velocidad de germinación.**

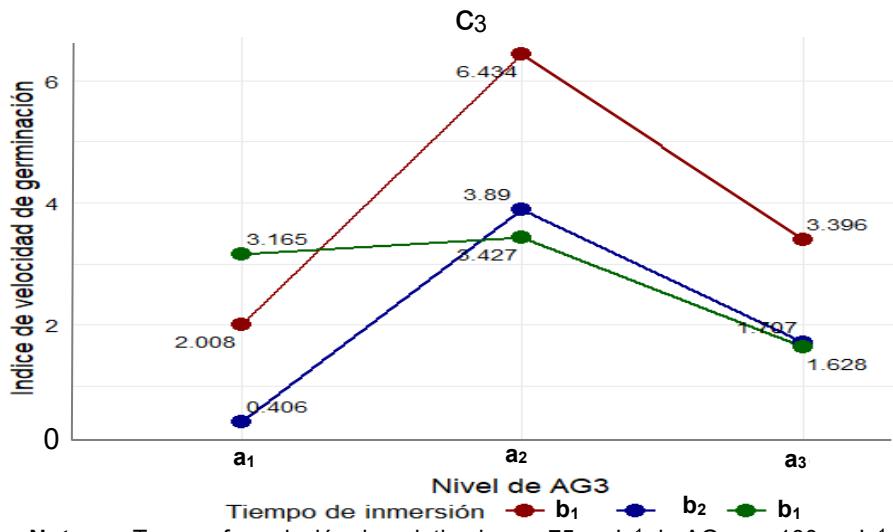
El resultado de la interacción triple (Figura 18; Anexo 19) del índice de velocidad de germinación, donde la primera formulación ( $c_1$ ) mostró que el  $T_1$  ( $75 \text{ mgL}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$  y 12 horas de inmersión) obtuvo el valor más alto de 11,41, seguido del  $T_{16}$  con 10,89. Por otro lado, los tratamientos  $T_{13}$ ,  $T_{10}$  y  $T_4$ , y registraron valores de 9,60, 9,54 y 9,21, lo que indica variaciones en la efectividad según el tratamiento utilizado. Estos resultados coinciden con trabajos como el de Kucera *et al.* (2005), donde mencionan que niveles bajos de  $\text{AG}_3$  promueven el uso de las reservas en las semillas, mientras que niveles elevados como  $100 \text{ mgL}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$  y tiempos de inmersión prolongados como 24 horas pueden inducir a la baja capacidad de germinación, disminuyendo así el índice de velocidad de germinación.



**Nota:** c<sub>2</sub>=Segunda formulación de peletizado; a<sub>1</sub>=75 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; a<sub>2</sub>=100 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; a<sub>3</sub>=125 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; b<sub>1</sub>=12 horas; b<sub>2</sub>=18 horas; b<sub>3</sub>=24 horas.

**Figura 19. Interacción triple nivel de Factor A\*Factor B\*Factor C para la variable índice de velocidad de germinación.**

Con la segunda formulación de peletizado (c<sub>2</sub>), el T<sub>17</sub> (a<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>, c<sub>2</sub>), alcanzó el valor más alto 11,20 con respecto a los demás tratamientos (Figura 19, Anexo 20). Estos resultados difieren de los reportados por Saldívar-Iglesias *et al.* (2010), quienes determinaron que la aplicación de 250 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub> incrementa considerablemente el porcentaje y la velocidad de germinación en semillas de *Jaltomata procumbens*, registrando un índice de velocidad de germinación de 1,71. Por el contrario, al reducir al nivel de 100 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>, este índice disminuía a 0,89, siendo el nivel más alto más alta la más efectiva. Estos resultados demuestran que a mayor concentración de AG<sub>3</sub>, mayor velocidad de germinación sin embargo en sus tiempos de inmersión no tuvo diferencias significativas.



Nota: c<sub>3</sub>=Tercera formulación de peletizado; a<sub>1</sub>=75 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; a<sub>2</sub>=100 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; a<sub>3</sub>=125 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; b<sub>1</sub>=12 horas; b<sub>2</sub>=18 horas; b<sub>3</sub>=24 horas.

**Figura 20. Interacción triple Factor A\*Factor B\*Factor C para la variable índice de velocidad de germinación.**

La tercera formulación de peletizado (c<sub>3</sub>) presentó los valores más bajos, en comparación los tratamientos aplicados (Figura 20, Anexo 21), en las semillas de tomate variedad INIAF Renacer.

#### 4.1.3. Días a la germinación (DG)

Los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk ( $W=0,98431$ ,  $p=0,4267$ ) mostraron que los residuos del modelo lineal se ajustan a una distribución normal y la prueba de Levene ( $F=0,4901$ ,  $p=0,975$ ) mostró que tienen homogeneidad de varianzas; en consecuencia, se realizó la prueba de análisis de varianza.

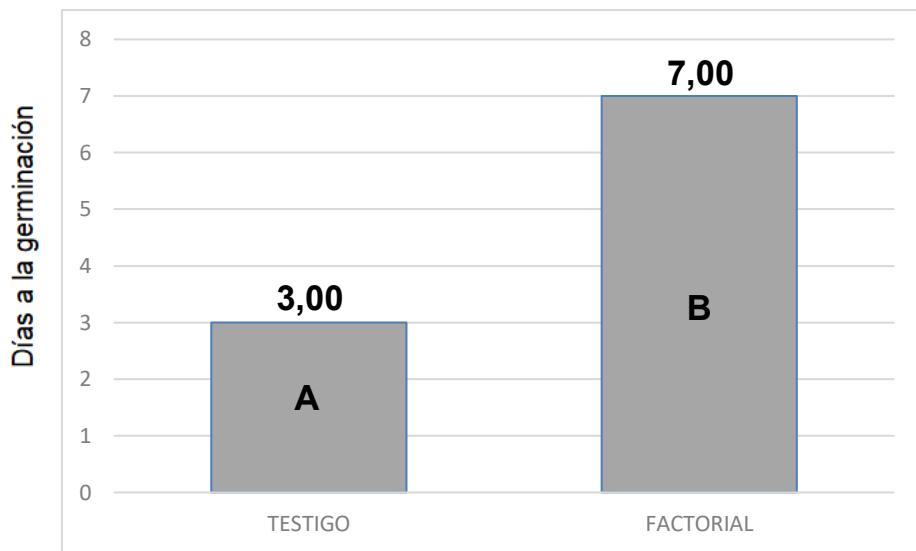
Cuadro 3. Análisis de varianza para días a la germinación.

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr(>F)	Sig.
Testigo vs factorial	1	544,77	544,77	4,108	0,0475	*
Factor A	2	539,040	269,520	2,032	0,1406	NS
Factor B	2	708,480	354,240	2,671	0,0780	NS
Factor C	2	861,100	430,550	3,246	0,0463	*
Factor A*Factor B	4	436,040	109,010	0,822	0,5167	NS
Factor A*Factor C	4	315,240	78,810	0,594	0,6682	NS
Factor B*Factor C	4	758,890	189,723	1,431	0,2359	NS
Factor A*Factor B* Factor C	8	2.874,790	359,349	2,710	0,0135	*
Error	56	7.426,860	132,623			
Total	83	14.465,220				

**Nota:** 0 \*\*\*\*, 0,001 \*\*, 0,01 \*, 0,05 ., 0,1 .. 1; NS=No significativo; CV=20,29%; Sig.=Significancia GL=Grados de libertad; Factor A=Nivel de AG3; Factor B=Tiempo de inmersión; Factor C=Formulación de peletizado.

El coeficiente de variación (CV) del 20,29% indica que los datos son confiables, ya que este valor está dentro del rango aceptable.

Los resultados del análisis de varianza (Cuadro 3) muestra que, se observaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en la interacción doble (Factor A\*Factor C), al igual en el Factor A (nivel de AG<sub>3</sub>) de manera individual, sin embargo, no se evidenció diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en la interacción triple ni en las interacciones dobles (Factor A\*Factor C y Factor B\*Factor C), ni en el Factor B y C de manera individual. Estos resultados sugieren que el efecto de la combinación de tiempo de inmersión y formulación de peletizado sobre los días a la germinación dependen cada uno de los niveles de AG<sub>3</sub>. Para un análisis e interpretación adecuada de los resultados se realizó la comparación de medias de Duncan (Anexo 21, 22) y su gráfica correspondiente (Figura 22, 23), así mismo, se realizó el efecto simple de la interacción doble (Anexo 24, 25, 26) y una gráfica de interacción doble (Figura 23, 24, 25).



**Figura 21. Comparación de medias de Duncan entre testigo y factorial, para la variable días a la germinación.**

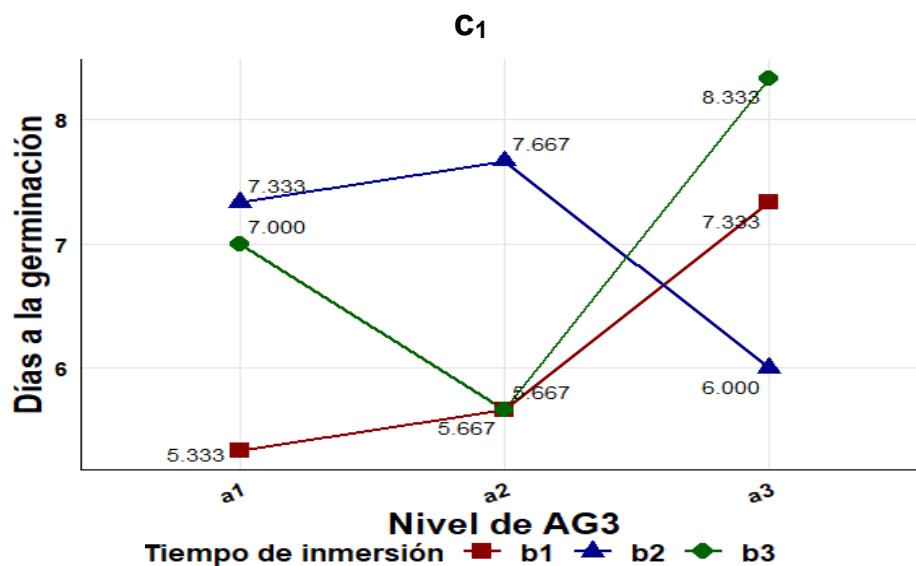
El resultado entre el testigo y los factores aplicados (Figura 21, Anexo 22), mostró que el testigo fue significativamente ( $p \leq 0,05$ ) superior en los días a la germinación con 3 días en comparación a los diferentes tratamientos aplicados 7 días. Esto puede explicarse a que las semillas no recibieron tratamientos pregerminativos ni fueron peletizadas, lo que permitió una mayor absorción de agua. Esta condición favoreció un mayor resultado con el testigo en comparación con los tratamientos aplicados a las semillas de tomate variedad INIAF Renacer.



Nota: c<sub>1</sub>=Primera formulación; c<sub>2</sub>=Segunda formulación; c<sub>3</sub>=Tercera formulación.

**Figura 22. Comparación de medias del Factor C: Formulación de peletizado, para la variable días a la germinación**

Los resultados de la comparación de medias (Figura 22, Anexo 23), no mostraron diferencias significativas ( $p>0,05$ ) en los días de germinación de semillas de tomate variedad INIAF Renacer entre las formulaciones de peletizado evaluadas. La primera formulación ( $c_1$ ) registró un valor de 6,7 equivalente a 7 días a la germinación, la segunda formulación ( $c_2$ ) presentó un valor de 6,5 equivalente a 7 días a la germinación siendo estadísticamente igual a la  $c_1$ . Finalmente, la tercera formulación ( $c_3$ ) alcanzó un valor de 6,3 en los días a la germinación resultado que fue estadísticamente igual a la  $c_1$  y  $c_2$ . Estos hallazgos son consistentes con lo reportado por Javed & Afzal (2020), quienes observaron un tiempo de



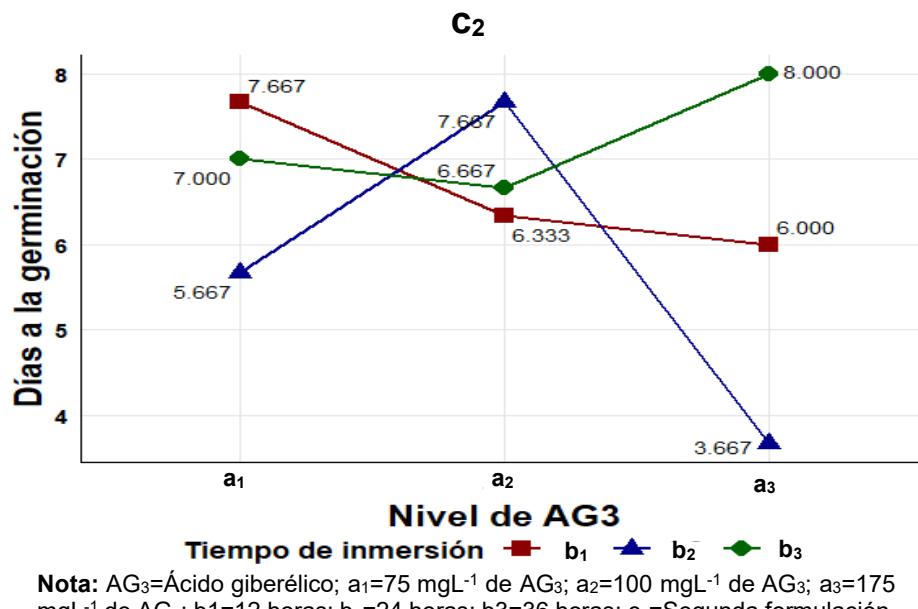
Nota: AG<sub>3</sub>=Ácido giberélico; a<sub>1</sub>=75 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; a<sub>2</sub>=100 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; a<sub>3</sub>=175 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; b<sub>1</sub>=12 horas; b<sub>2</sub>=24 horas; b<sub>3</sub>=36 horas; c<sub>1</sub>=Primera formulación.

emergencia ligeramente mayor de 6.43 días en semillas peletizadas con talco + CaO + talco + bentonita, datos muy similares a los obtenidos en este estudio.

**Figura 23. Interacción triple de Factor A\*Factor B\* Factor C, para la variable días a la germinación.**

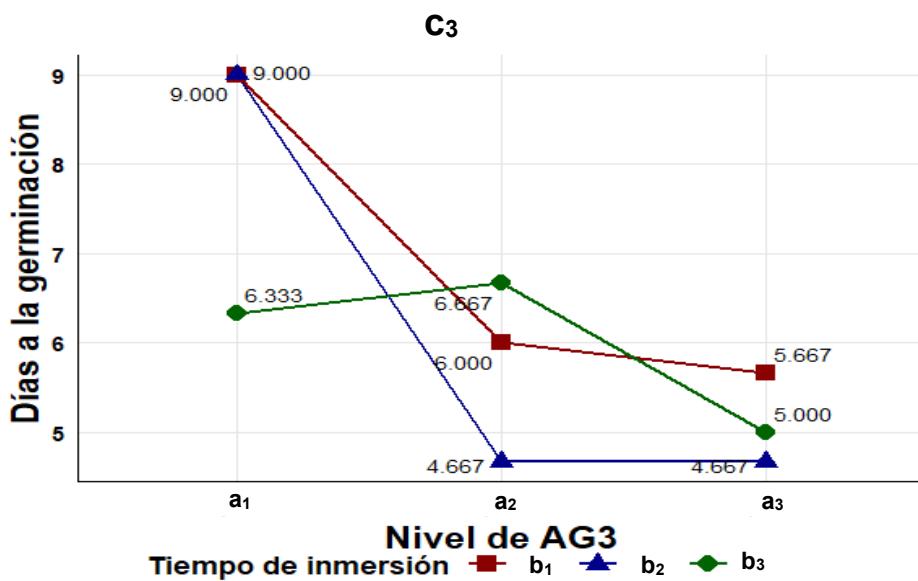
Los resultados de la triple interacción mostraron que el T<sub>1</sub> (a<sub>1</sub>, b<sub>1</sub>, c<sub>1</sub>) registró el menor tiempo de germinación con 5.333 días, mientras que las combinaciones T<sub>10</sub> (a<sub>2</sub>, b<sub>1</sub>, c<sub>1</sub>) y el T<sub>16</sub> (a<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>, c<sub>1</sub>) presentaron valores idénticos de 5.667 días a la germinación (Figura 23; anexo 24). Por su parte, el T<sub>22</sub> (a<sub>3</sub>, b<sub>2</sub>, c<sub>1</sub>) alcanzó un valor de 6.000 días a la germinación. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Mc. Pizarro *et al.* (2023), en semillas de

papaya (*Carica papaya* L.), donde la aplicación de  $250 \text{ mgL}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$  durante 24 horas de inmersión incrementó la germinación hasta un 72,5% y redujo los días a la germinación a 6,0 días, lo que sugiere que a niveles más altos de giberelinas pueden acelerar la germinación en otras especies.



**Figura 24. Interacción triple de Factor A\*Factor B\* Factor C, para la variable días a la germinación.**

Los resultados de la triple interacción (Figura 24, Anexo 25), mostraron que el tratamiento  $T_{23}$  ( $a_3$ ,  $b_2$ ,  $c_2$ ) registró el menor tiempo de germinación con 3,667 días, valor significativamente inferior al  $T_5$  ( $a_1$ ,  $b_2$ ,  $c_2$ ) con 5,667 días y al  $T_{20}$  ( $a_3$ ,  $b_1$ ,  $c_2$ ) con 6,000 días. Estos resultados demuestran que tanto los niveles de  $\text{AG}_3$ , como el tipo de formulación de peletizado influyen directamente en los días a la germinación de las semillas de tomate variedad INIAF Renacer. De acuerdo con Chantain *et al.* (2023) una limitación técnica del peletizado radica en que el recubrimiento puede comprometer la hidratación y el intercambio gaseoso, afectando directamente la capacidad germinativa.



**Figura 25. Interacción triple de Factor A\*Factor B\* Factor C, para la variable días a la germinación.**

Los resultados de la triple interacción (Figura 25, Anexo 26), mostraron que los tratamientos T<sub>15</sub> (a<sub>2</sub>, b<sub>2</sub>, c<sub>3</sub>) y T<sub>24</sub> (a<sub>3</sub>, b<sub>2</sub>, c<sub>3</sub>) alcanzaron el menor tiempo de germinación con 4,667 días, valor significativamente inferior al del T<sub>27</sub> (a<sub>3</sub>, b<sub>3</sub>, c<sub>3</sub>) que registró 5,00 días y al T<sub>21</sub> (a<sub>3</sub>, b<sub>1</sub>, c<sub>3</sub>) con 5,667 días. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Morales Pizarro *et al.* (2023), en papaya criolla, donde la aplicación de 250 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub> redujo el tiempo de germinación a 6 días, evidenciando que los niveles específicos de giberelinas pueden acelerar significativamente el proceso germinativo en diferentes especies.

#### 4.1.4. Uniformidad de germinación (UG)

Los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk ( $W=0,83937$ ;  $p=6,28e^{-08}$ ) mostraron que los residuos del modelo lineal no se ajustan a una distribución normal y la prueba de Levene ( $F=0,856$ ;  $p=0,6559$ ) mostró que tiene homogeneidad de varianzas; en consecuencia, se realizó la prueba de análisis de varianza no paramétrico.

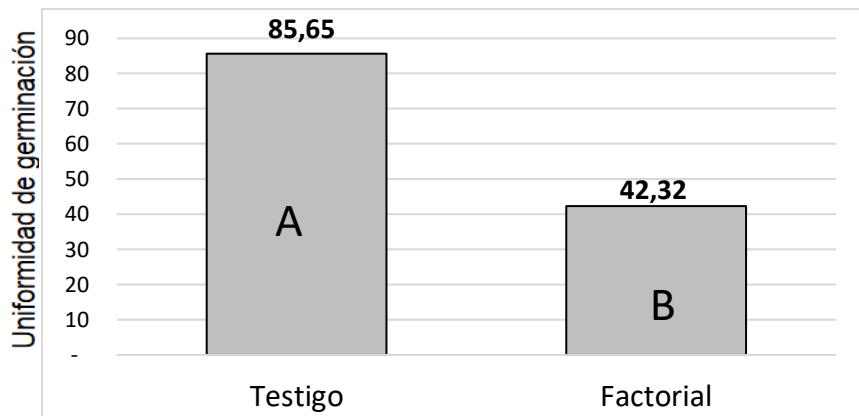
**Cuadro 4. Análisis de varianza no paramétrico para uniformidad de germinación.**

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Interacción	Pr(>F)	Sig.
Testigo vs factorial	1	8,640	8,640	9999	0,004	**
Factor A	2	0,400	0,200	9999	0,809	NS
Factor B	2	0,620	0,310	9999	0,721	NS
Factor C	2	1,510	0,755	9999	0,453	NS
Factor A*Factor B	4	9,230	2,308	9999	0,056	NS
Factor A*Factor C	4	1,460	0,365	9999	0,816	NS
Factor B*Factor C	4	13,230	3,308	9999	0,012	**
Factor A*Factor B* Factor C	8	8,910	1,114	9999	0,325	NS
Error	56	52,670	0,941			
Total	83	96,670				

**Nota:** 0 \*\*\*\* 0,001 \*\*\* 0,01 \*\* 0,05 \* 0,1 ' ' 1 NS=No significativo; CV=12,94%; Sig.=Significancia; GL=Grados de libertad; Factor A=Nivel de AG<sub>3</sub>; Factor B=Tiempo de inmersión; Factor C=Formulación de peletizado.

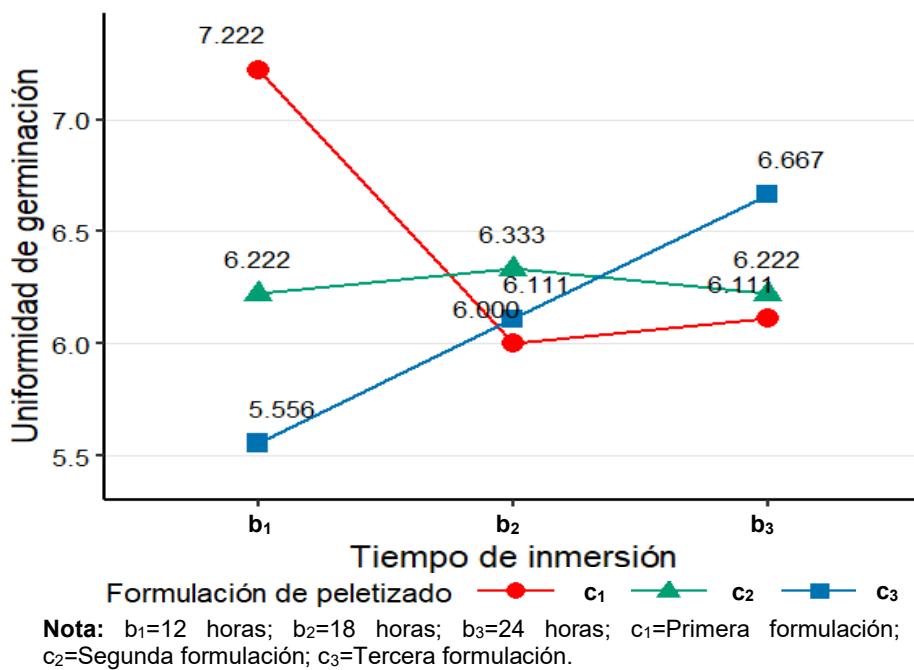
El coeficiente de variación (CV) del 12,94% indica que los datos son confiables, ya que este valor está dentro del rango aceptable.

El análisis de varianza (Cuadro 4) muestra que no existen diferencias significativas ( $p>0,05$ ) en la interacción triple y ni en las interacciones dobles de Factor A\*Factor B y Factor A\*Factor C, ni en los efectos simples de tiempo de inmersión y formulación de peletizado, sin embargo, se encontró diferencias significativas ( $p\leq 0,05$ ) en la interacción doble: Factor B\*Factor C y en el efecto principal: Factor A (nivel de AG<sub>3</sub>). Estos resultados sugieren que el efecto de la combinación de tiempo de inmersión sobre la uniformidad de germinación depende de la formulación de peletizado. Para un análisis e interpretación adecuado de estos resultados se realizó la prueba de comparación de medias de Duncan (Anexo 27) y su gráfica correspondiente (Figura 26, así mismo, los efectos simples (Anexo 28) y una gráfica de interacción doble (Figura 47).



**Figura 26. Comparación de medias de Duncan entre testigo vs Factorial para la variable uniformidad de germinación**

El resultado entre el testigo y los factores aplicados (Figura 26, Anexo 27), mostró que el testigo fue significativamente ( $p \leq 0,05$ ) superior con respecto a la uniformidad de germinación con el 85,650 en comparación a los diferentes tratamientos aplicados con un valor de 42,320. Esto puede explicarse a que las semillas no recibieron tratamientos pregerminativos ni fueron peletizadas, lo que permitió una mayor absorción de agua. Esta condición favoreció una mayor uniformidad de germinación en comparación con los tratamientos aplicados a las semillas de tomate variedad INIAF Renacer. Al respecto Chantain *et al.* (2023), menciona que la barrera física creada en el peletizado de modifica las condiciones fisiológicas necesarias para la germinación, afectando potencialmente el porcentaje y la uniformidad de germinación de las plántulas.



**Figura 27. Interacción doble del Factor B\*Factor C, para la variable uniformidad de germinación.**

Los resultados de la interacción doble (Figura 27; Anexo 28) mostró que la combinación b<sub>1</sub>, c<sub>1</sub> (12 horas de inmersión y primera formulación) obtuvo el mejor resultado de 7,222, mientras que la combinación b<sub>3</sub>, c<sub>3</sub> (24 horas de inmersión y tercera formulación) registró el valor de 6,667. Este comportamiento sugiere que el proceso de peletización pudo generar dificultades técnicas, donde el recubrimiento probablemente afectó la hidratación y el intercambio de oxígeno de las semillas, factores críticos que determinan directamente la capacidad germinativa en semillas peletizadas de tomate variedad INIAF Renacer. Al respecto Chantain *et al.* (2023), menciona que la barrera física creada en el peletizado de modifica las condiciones fisiológicas necesarias para la germinación, afectando potencialmente el porcentaje y la uniformidad de germinación de las plántulas.

#### 4.1.5. Longitud de raíz (LR)

Los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk ( $W=0,98078$ ;  $p=0,2643$ ) mostraron que los residuos del modelo lineal se ajustan a una distribución normal y la prueba de Levene ( $F=0,3745$ ,  $p=0,9960$ ) mostró que tienen homogeneidad de varianzas; en consecuencia, se realizó la prueba de análisis de varianza.

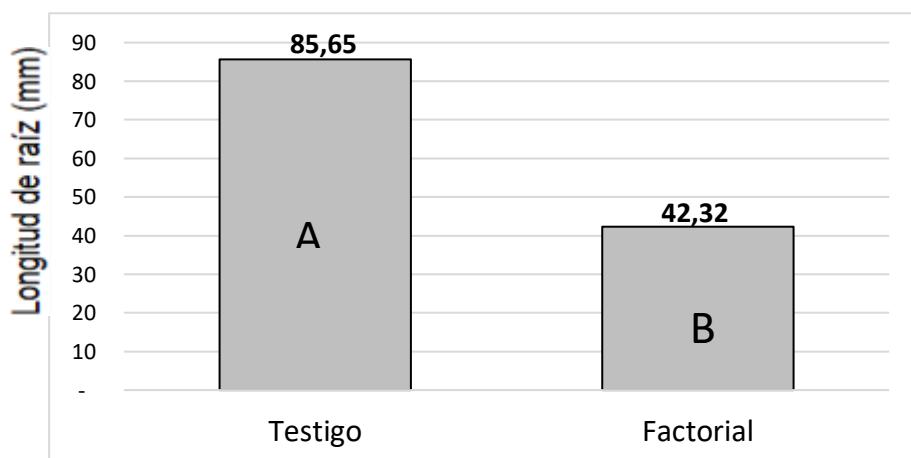
**Cuadro 5. Análisis de varianza para longitud de raíz.**

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr(>F)	Sig.
Testigo vs factorial	1	544,770	544,770	4,108	0,047	*
Factor A	2	539,040	269,520	2,032	0,141	NS
Factor B	2	708,480	354,240	2,671	0,078	NS
Factor C	2	861,100	430,550	3,246	0,046	*
Factor A*Factor B	4	436,040	109,010	0,822	0,517	NS
Factor A*Factor C	4	315,240	78,810	0,594	0,668	NS
Factor B*Factor C	4	758,890	189,723	1,431	0,236	NS
Factor A*Factor B* Factor C	8	2.874,790	359,349	2,710	0,014	**
Error	56	7.426,860	132,623			
Total	83	14.465,220				

**Nota:** 0 \*\*\*\*, 0,001 \*\*, 0,01 \*\*, 0,05 \*, 0,1 ' ' 1 NS=No significativo; CV=19,94 %; Sig.=Significancia GL=Grados de libertad; Factor A=Nivel de AG<sub>3</sub>; Factor B=Tiempo de inmersión; Factor C=Formulación de peletizado.

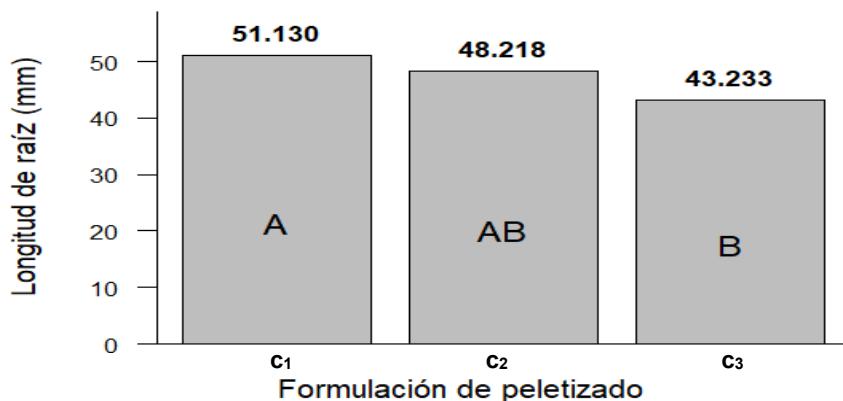
El coeficiente de variación (CV) del 19,94% indica que los datos son confiables, ya que este valor está dentro del rango aceptable.

Los resultados del análisis de varianza (Cuadro 5) muestra que, se observaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en la interacción triple (Factores A\*B\*C), al igual en el Factor C (formulación de peletizado) de manera individual, sin embargo, no se evidenció diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en las dobles interacciones ni en el Factor A y Factor B. Estos resultados sugieren que el efecto de la combinación de Factor B y Factor A sobre la longitud de raíz (mm.) dependen del Factor C. Para un análisis e interpretación adecuada de los resultados se realizó una prueba de comparación de medias para el Factor C (Anexo 28, 29) y una gráfica de comparación de medias (Figuras 28, 29), así mismo, se realizó los efectos simples (Anexos 31, 32, 33) y una gráfica de interacción triple (Figura 30, 31, 32).



**Figura 28. Comparación de medias de Duncan Testigo\*Factorial para la variable longitud de raíz (mm.).**

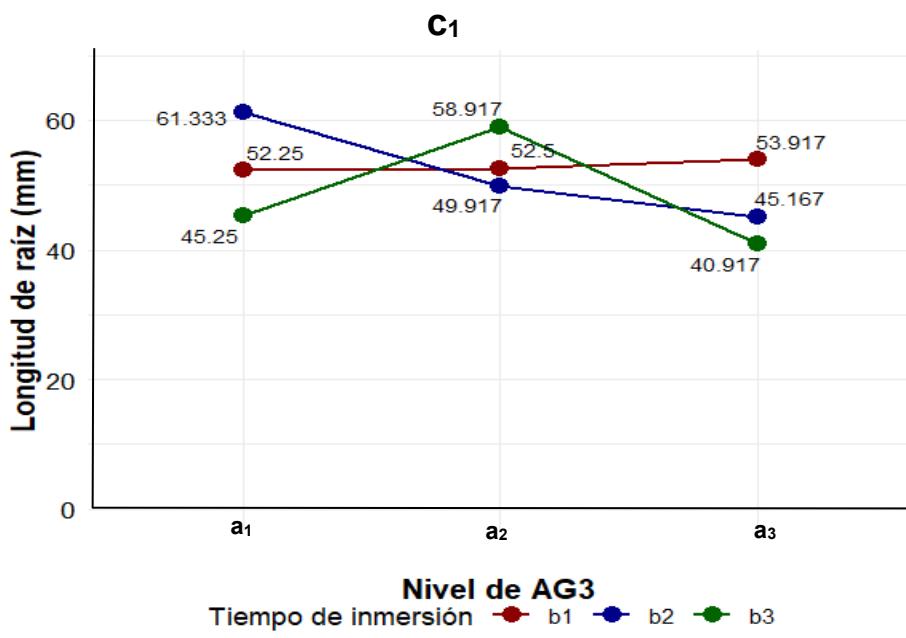
El resultado entre el testigo y los factores aplicados (Figura 28, Anexo 29), mostró que el testigo fue significativamente ( $p \leq 0,05$ ) superior longitud de raíz con el 85,650 mm. en comparación a los diferentes tratamientos aplicados. Esto puede explicarse porque las semillas no recibieron tratamientos pregerminativos ni fueron peletizadas, lo que permitió una mayor absorción de agua. Esta condición favoreció una mayor longitud de raíz en comparación con los tratamientos aplicados a las semillas de tomate variedad INIAF Renacer.



**Nota:** c<sub>1</sub>=Primera formulación; c<sub>2</sub>=Segunda formulación; c<sub>3</sub>=Tercera formulación; A, B=letras de significancia.

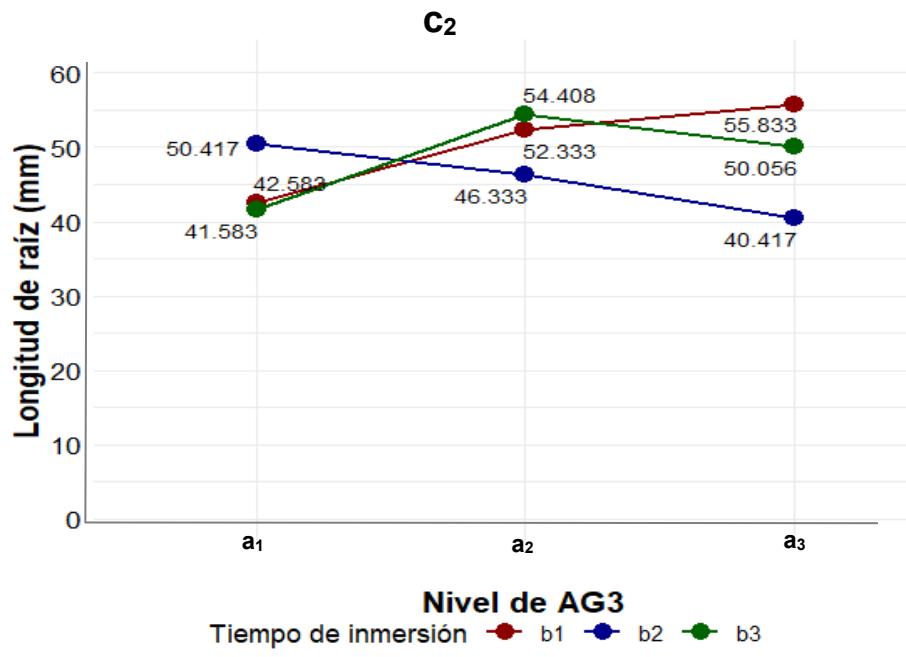
**Figura 29. Comparación de medias de Duncan para el Factor C: Formulación de peletizado para la variable longitud de raíz (mm.).**

Los resultados mostraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en la longitud de la raíz de semillas peletizadas de tomate variedad INIAF Renacer según la formulación de peletizado aplicada. La primera formulación (c<sub>1</sub>) registró el mayor valor, con 51,130 mm., sin embargo, la segunda formulación (c<sub>2</sub>) presentó un valor de 48,218 mm. (Figura 29, Anexo 30), siendo estadísticamente similar a c<sub>1</sub>. Finalmente, la tercera formulación (c<sub>3</sub>) alcanzó 43,233 mm., resultado que fue estadísticamente similar a c<sub>2</sub>, pero significativamente inferior a c<sub>1</sub>. Según Sharma (2020), en el cultivo de zanahoria la máxima longitud radical fue de 180,3 mm. se obtuvo con semillas peletizadas con polvo de hojas de *Melia azedarach*. Este tratamiento demostró superioridad con una longitud promedio de 165,9 mm., superando significativamente al testigo sin peletizado con un valor de 109,5 mm., lo que evidencia la efectividad de la técnica para estimular el desarrollo radical.



**Figura 30. Interacción triple del Factor A\*Factor B\*Factor C, para la variable longitud de raíz (mm.).**

Con la primera formulación de peletizado (c<sub>1</sub>), el tratamiento T<sub>4</sub> (75 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub> y 18 horas de inmersión) mostró la mayor longitud de 61,33 mm., sin diferencias estadísticas al testigo (Figura 30; Anexo 31). Le sigue el T<sub>16</sub> con 58,92 mm., mientras que los tratamientos T<sub>19</sub>, T<sub>10</sub> y T<sub>1</sub> registraron valores de 53,92 mm., 52,50 mm. y 52,25 mm., respectivamente, sin diferencias significativas entre ellos. Estos resultados contrastan con los de Jyoti *et al.*, (2016) quienes reportaron que la mayor longitud de raíz fue de 48,3 mm. en semillas de tomate se obtuvo con 25 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>, seguida por los niveles de 75, 50 y 100 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>, las cuales produjeron longitudes menores de 45,3 mm., 44,1 mm. y 41,2 mm., respectivamente.

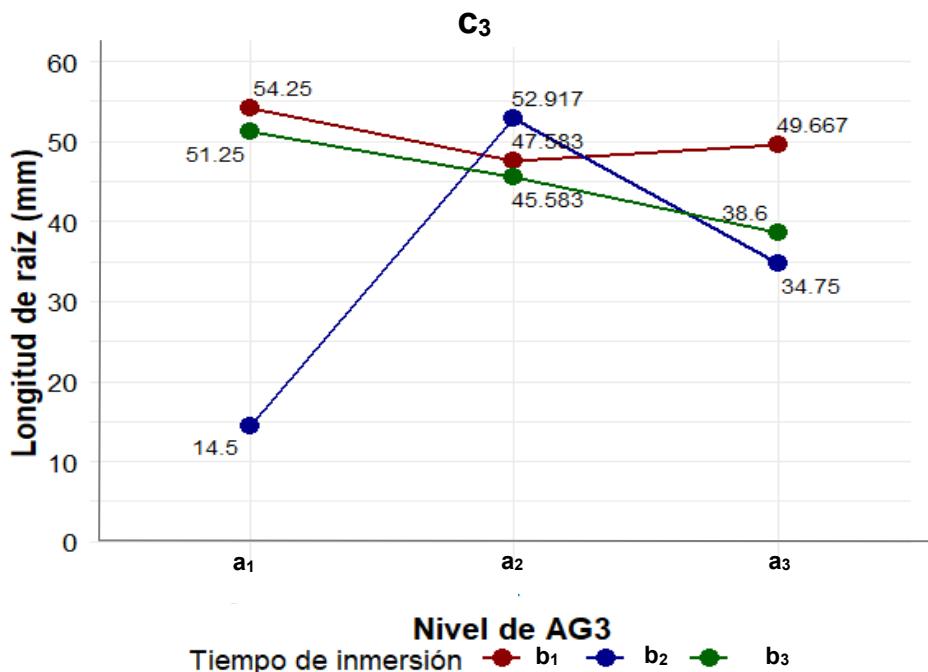


**Nota:** c<sub>2</sub>=Segunda formulación de peletizado; a<sub>1</sub>=75 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; a<sub>2</sub>=100 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; a<sub>3</sub>=125 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; b<sub>1</sub>=12 horas; b<sub>2</sub>=18 horas; b<sub>3</sub>=24 horas; AG<sub>3</sub>=Ácido giberélico.

**Figura 31. Interacción triple del Factor A\*Factor B\*Factor C, para la variable longitud de raíz (mm.).**

Con la segunda formulación de peletizado (c<sub>2</sub>), se observó que el T<sub>20</sub> (a<sub>3</sub>, b<sub>1</sub>, c<sub>2</sub>) promovió un mayor desarrollo radicular con 55,83 mm., seguido por el T<sub>17</sub> (a<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>, c<sub>2</sub>) con 54,41 mm. y el T<sub>11</sub> (a<sub>2</sub>, b<sub>1</sub>, c<sub>2</sub>) con 52,33 mm. de longitud de raíz (Figura 31, Anexo 32), en comparación a los tratamientos aplicados en las semillas de tomate variedad INIAF Renacer.

Estos resultados confirman que el AG<sub>3</sub> no solo mejora la germinación, sino también el desarrollo radicular del tomate. No obstante Balaguera-López *et al.* (2009), reportaron que la interacción nivel de AG<sub>3</sub> y tiempo de inmersión es crítica: la combinación de mayor tiempo de inmersión de 24 horas con un nivel de AG<sub>3</sub> de 600 mgL<sup>-1</sup> generó el mayor desarrollo radicular de 45,30 cm, mientras que el tiempo de inmersión más corta 12 horas con mayor nivel de AG<sub>3</sub> de 900 mgL<sup>-1</sup> produjo la mínima longitud de raíz de 29,76 cm del tomate. Estos hallazgos sugieren que la respuesta al AG<sub>3</sub> varía según el sistema experimental, donde factores como el tiempo de inmersión pueden cambiar el efecto de los niveles.



**Nota:** c<sub>3</sub>=Tercera formulación; a<sub>1</sub>=75 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; a<sub>2</sub>=100 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; a<sub>3</sub>=125 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; b<sub>1</sub>=12 horas; b<sub>2</sub>=18 horas; b<sub>3</sub>=24 horas; AG<sub>3</sub>= Ácido giberélico.

**Figura 32. Interacción triple del Factor A\*Factor B\*Factor C, para la variable longitud de raíz (mm.).**

Mientras que con la tercera formulación (c<sub>3</sub>), T<sub>6</sub> (a<sub>1</sub>, b<sub>1</sub>, c<sub>3</sub>) alcanzó la mayor longitud de raíz con 54,25 mm. y el T<sub>15</sub> (a<sub>2</sub>, b<sub>2</sub>, c<sub>3</sub>) alcanzó un valor de 52,917 mm. y T<sub>9</sub> (a<sub>1</sub>, b<sub>3</sub>, c<sub>3</sub>) con 51,25 mm. (Figura 32, Anexo 33), en comparación a los demás tratamientos aplicados en las semillas de tomate variedad INIAF Renacer.

Estos resultados confirman que el AG<sub>3</sub> no solo mejora la germinación, sino también el desarrollo radicular del tomate. No obstante Balaguera-López *et al.* (2009), reportaron que la interacción nivel de AG<sub>3</sub> y tiempo de inmersión es crítica: la combinación de mayor tiempo de inmersión de 24 horas con un nivel de AG<sub>3</sub> de 600 mgL<sup>-1</sup> generó el mayor desarrollo radicular de 45,30 cm, mientras que el tiempo de inmersión más corta 12 horas con mayor nivel de AG<sub>3</sub> de 900 mgL<sup>-1</sup> produjo la mínima longitud de raíz de 29,76 cm del tomate. Estos hallazgos sugieren que la respuesta al AG<sub>3</sub> varía según el sistema experimental, donde factores como el tiempo de inmersión pueden cambiar el efecto de los niveles.

#### 4.1.6. Altura de plántula (AP)

Los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (W=0,98375; p=0,3965) mostraron que los residuos del modelo lineal se ajustan a una distribución normal y la

prueba de Levene ( $F=0,4506$ ;  $p=0,9854$ ) mostró que tienen homogeneidad de varianzas; en consecuencia, se realizó la prueba de análisis de varianza.

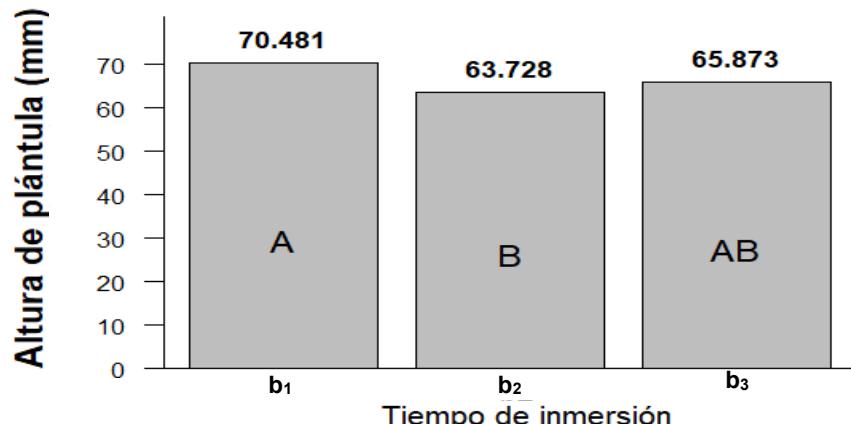
**Cuadro 6. Análisis de varianza para altura de plántula.**

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr(>F)	Sig.
Testigo vs factorial	1	278,170	278,170	3,406	0,070	NS
Factor A	2	293,170	146,585	1,795	0,176	NS
Factor B	2	643,090	321,545	3,937	0,025	**
Factor C	2	4.534,530	2.267,265	27,759	<0,001	***
Factor A*Factor B	4	214,140	53,535	0,655	0,625	NS
Factor A*Factor C	4	778,680	194,670	2,383	0,062	NS
Factor B*Factor C	4	642,010	160,503	1,965	0,112	NS
Factor A*Factor B* Factor C	8	2.775,430	346,929	4,248	<0,001	***
Error	56	4.573,820	81,675			
Total	83	14.733,040				

**Nota:** 0 \*\*\* 0,001 \*\* 0,01 \* 0,05 . 0,1 ' 1; NS=No significativo; CV=11,19%; Sig.=Significancia GL=Grados de libertad; Factor A=Nivel de AG<sub>3</sub>; Factor B=Tiempo de inmersión; Factor C=Formulación de peletizado.

El coeficiente de variación (CV) del 11,19% indica que los datos son confiables, ya que este valor está dentro del rango aceptable.

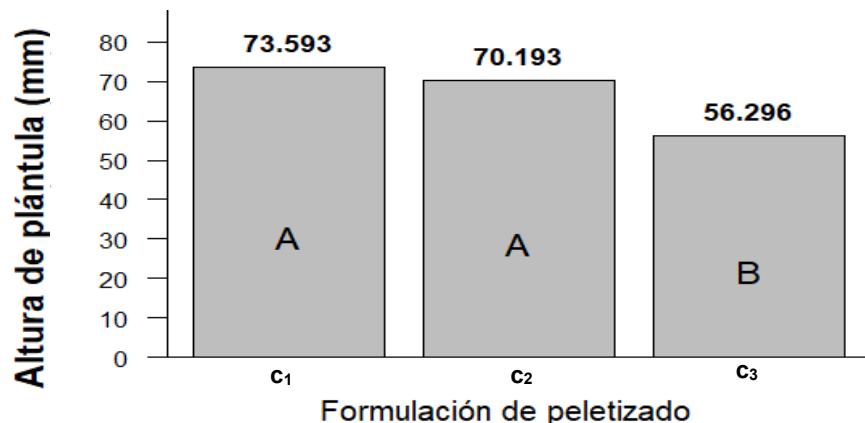
Los resultados del análisis de varianza (Cuadro 6) muestra que, se observaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en la interacción triple (Factor A\*Factor B\* Factor C), al igual en el efecto principal: Factor B (tiempo de inmersión) y el Factor C (formulación de peletizado) de manera individual, sin embargo, no se evidenció diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en las interacciones dobles, ni en el efecto principal Factor A (nivel de AG<sub>3</sub>). Estos resultados sugieren que el efecto de la combinación de los Factor A y Factor B sobre la altura de plántula dependen de las Factor C en semillas de peletizadas de tomate variedad INIAF Renacer. Para un análisis e interpretación adecuada de los resultados se realizó las comparaciones de medias de Duncan para los factores individuales (Anexos 34, 35) y sus graficas correspondientes (Figuras 33, 34), y los efectos simples (Anexos 36,37, 38) y las gráficas de interacción triple (Figura 35, 36, 37).



Nota: b<sub>1</sub>=12 horas; b<sub>2</sub>=18 horas; b<sub>3</sub>=24 horas; A, B=letras de significancia; mm=milímetros.

**Figura 33. Comparación de medias de Duncan para el Factor B: Tiempo de inmersión, para la variable altura de plántula (mm.).**

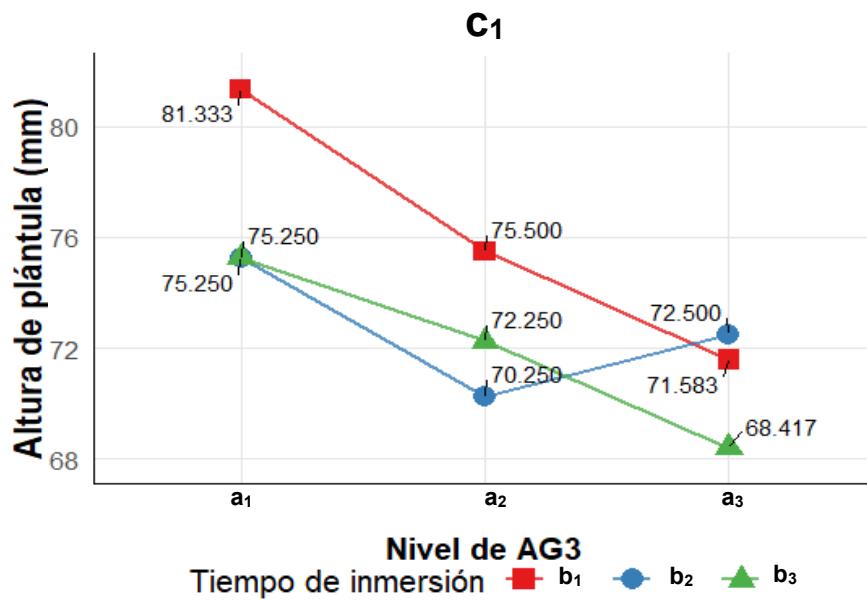
Los resultados de la comparación de medias (Figura 33, Anexo 34), mostraron diferencias significativas ( $p<0,05$ ) en la altura de plántula de semillas peletizadas de tomate variedad INIAF Renacer, según el tiempo de inmersión en niveles de AG<sub>3</sub>. El pretratamiento b<sub>1</sub> (12 horas de inmersión) registró la mayor altura de plántula de 70.481 mm, seguido por b<sub>3</sub> (24 horas de inmersión) con 65.873 mm., valor estadísticamente similar al de b<sub>1</sub> y b<sub>2</sub>. El tratamiento b<sub>2</sub> (18 horas de inmersión) presentó la menor altura de 63.728 mm. Estos hallazgos contrastan con lo reportado por Balaguera-López *et al.* (2009), quienes identificaron un tiempo de inmersión óptimo de 36 horas con un nivel de 300 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub> para potenciar el vigor en tomate. Esta discrepancia resalta la alta especificidad de la respuesta al AG<sub>3</sub>, la cual está sujeta a variables como la concentración utilizada, el genotipo de la variedad y las condiciones de cultivo, enfatizando la necesidad de ajustar estos parámetros para cada material vegetal en particular.



Nota: c<sub>1</sub>=Primera formulación; c<sub>2</sub>=Segunda formulación; c<sub>3</sub>=Tercera formulación; A, B=letras de significancia; mm=milímetros.

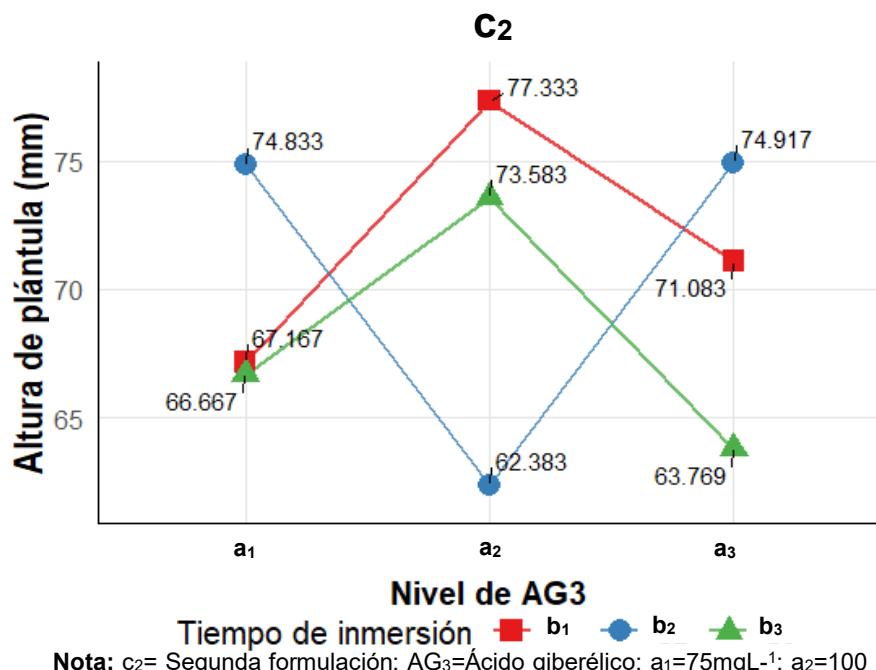
**Figura 34.Comparación de medias de Duncan para el Factor C: Formulación de peletizado, para la variable altura de plántula (mm.).**

El análisis de comparación de medias (Figura 34, Anexo 35), mostró que existen diferencias significativas ( $p<0,05$ ) en la altura de plántula de semilla peletizada de tomate variedad INIAF Renacer en función de la formulación de peletizado aplicada. La formulación c<sub>1</sub> registró el mayor desarrollo, con una altura de 73,593 mm. La formulación c<sub>2</sub> presentó un valor de 70,193 mm., el cual es estadísticamente igual al de c<sub>1</sub>, indicando que ambas promueven un crecimiento equivalente. Por el contrario, la formulación c<sub>3</sub> mostró un desempeño significativamente inferior, con una altura de 56,296 mm., lo que demuestra que su composición fue notablemente menos efectiva para estimular el crecimiento de las plántulas de tomate.



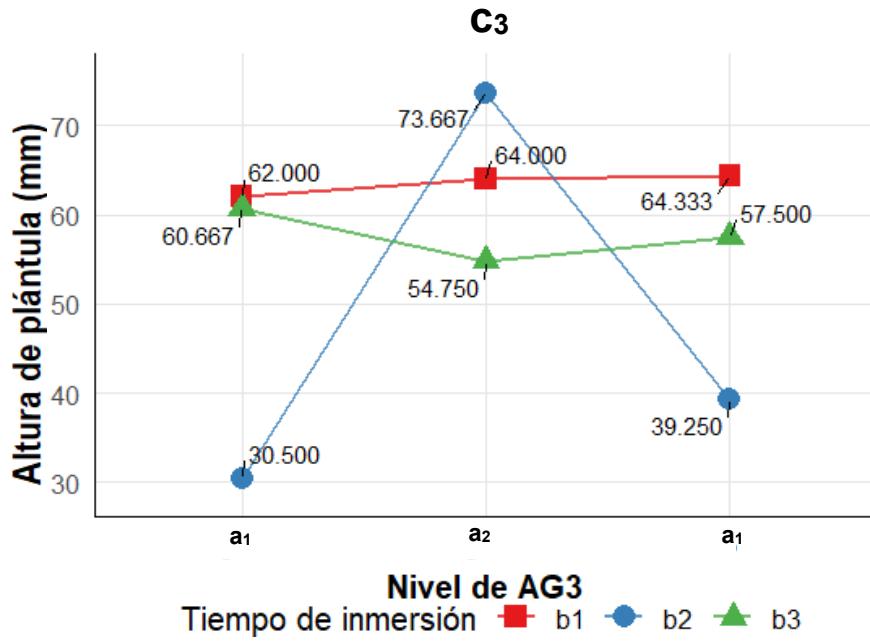
**Figura 35. Interacción triple del Factor A\*Factor B\*Factor C, para la variable altura de plántula (mm.).**

Los resultados de la triple interacción mostraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en la altura de plántula de semilla peletizada de tomate variedad INIAF Renacer, donde el tratamiento T<sub>1</sub> (a<sub>1</sub>, b<sub>1</sub>, c<sub>1</sub>) registro una altura de 81,33 mm. (Figura 35, Anexo 36), el cual resultó ser la combinación óptima para promover el crecimiento en altura en las condiciones estudiadas. Por su parte, el tratamiento T<sub>10</sub> (a<sub>2</sub>, b<sub>1</sub>, c<sub>1</sub>) alcanzó 75,50 mm., mientras que los tratamientos T<sub>4</sub> (a<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, c<sub>1</sub>) y T<sub>7</sub> (a<sub>1</sub>, b<sub>3</sub>, c<sub>1</sub>) mostraron un desarrollo vegetativo similar, con alturas iguales de 75,25 mm. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Lima *et al.* (2009), quienes observaron que, tras 48 horas de inmersión, la aplicación 500 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub> se produjo una altura de 19,0 mm., mientras que con 1000 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub> se alcanzaron 31,0 mm. Al extender el tiempo de inmersión a 96 horas, se registraron alturas de 25,7 mm. con 500 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub> y 30,8 mm. con 1000 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub> en el cultivo de maracuyá. Estos resultados demuestran que tanto el aumento en la concentración de AG<sub>3</sub> como el tiempo de exposición promueven un mayor crecimiento, aunque se observa que el beneficio marginal de la dosis más alta disminuye con la inmersión prolongada.



**Figura 36. Interacción triple del Factor A\*Factor B\*Factor C, para la variable altura de plántula (mm.).**

En la segunda formulación de peletizado ( $c_2$ ), el tratamiento  $T_{11}$  ( $a_2, b_1$ ) registró la mayor altura de planta de 77,33 mm., el  $T_{23}$  ( $a_3, b_2$ ) alcanzó 74,92 mm. de altura de plántula y el  $T_5$  ( $a_1, b_2$ ) alcanzó el 74,83 mm. de altura de plántula (Figura 36, Anexo 37), sin diferencias estadísticas entre sí. Estos resultados indican que, para la  $c_2$  los niveles de  $100\text{ mgL}^{-1}$  de AG<sub>3</sub> ( $a_2$ ) con menor tiempo de inmersión como 12 horas de inmersión ( $b_1$ ), optimizan el crecimiento en altura, en comparación a las combinaciones de mayor nivel de AG<sub>3</sub> o tiempo de inmersión. Sin embargo, estos hallazgos difieren de los reportados por Atencio *et al.*, (2003), en *Acacia ferruginea*, donde los niveles más altos de AG<sub>3</sub> como  $200\text{ mgL}^{-1}$  con un tiempo de inmersión 24 horas se produjeron mejores resultados, lo que sugiere que la respuesta a los reguladores de crecimiento varía según la especie vegetal y el método de aplicación.



**Nota:** c<sub>3</sub>= Tercera formulación; AG<sub>3</sub>=Ácido giberélico; a<sub>1</sub>=75mgL<sup>-1</sup>; a<sub>2</sub>=100 mgL<sup>-1</sup>; a<sub>3</sub>=125mgL<sup>-1</sup>; b<sub>1</sub>=12 horas; b<sub>2</sub>= 18 horas; b<sub>3</sub>= 24 horas.

**Figura 37. Interacción triple del Factor A\*Factor B\*Factor C, para la variable altura de plántula (mm.).**

La tercera formulación de peletizado (c<sub>3</sub>), el tratamiento T<sub>15</sub> (a<sub>2</sub>, b<sub>2</sub>) registró 73,67 mm. de altura de plántula (Figura 37, Anexo 38), siendo menor en comparación a los tratamientos aplicados con c<sub>1</sub> y c<sub>2</sub>.

#### 4.1.7. Índice de vigor de plántula (IVP)

Los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (W=0,9808; p=0,2652) mostraron que los residuos del modelo lineal se ajustan a una distribución normal y la prueba de Levene (F=0,7543; p=0,781) mostró que tienen homogeneidad de varianzas; en consecuencia, se realizó la prueba de análisis de varianza.

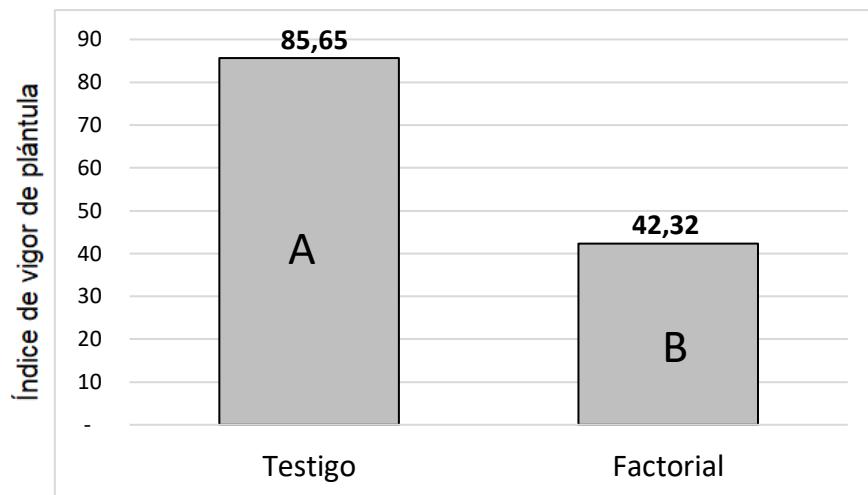
**Cuadro 7. Análisis de varianza de índice de vigor de plántula.**

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr(>F)	Sig.
Testigo vs factorial	1	37.444.250	37.444.250	35,039	<0,001	***
Factor A	2	26.696.220	13.348.110	12,491	<0,001	***
Factor B	2	7.248.058	3.624.029	3,391	0,041	*
Factor C	2	155.043.044	77.521.522	72,542	<0,001	***
Factor A*Factor B	4	2.664.648	666.162	0,623	0,648	NS
Factor A*Factor C	4	10.619.348	2.654.837	2,484	0,054	NS
Factor B*Factor C	4	748.965	187.241	0,175	0,950	NS
Factor A*Factor B* Factor C	8	12.554.064	1.569.258	1,468	0,190	NS
Error	56	59.843.725	1.068.638			
Total	83	312.862.322,470	3.769.425,572			

**Nota:** 0 \*\*\*\* 0,001 \*\*\* 0,01 \*\* 0,05 \* 0,1 NS=No significativo; CV=28,17%; Sig.=Significancia GL=Grados de libertad; Factor A=Nivel de AG<sub>3</sub>; Factor B=Tiempo de inmersión; Factor C=Formulación de peletizado.

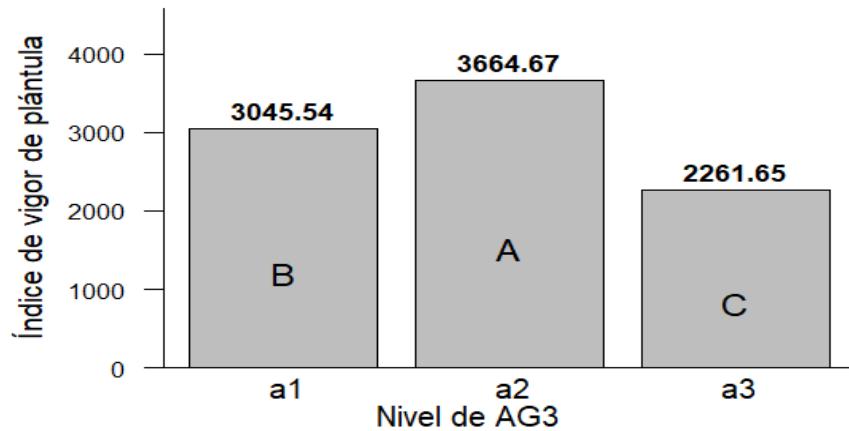
El coeficiente de variación (CV) del 28,17% indica que los datos son confiables, ya que este valor está dentro del rango aceptable.

El análisis de varianza (Cuadro 7) muestra que no existieron diferencias significativas ( $p>0,05$ ) en la interacción triple (Factor A\*Factor B\* Factor C) y ni en las interacciones dobles; sin embargo, se encontró diferencias significativas ( $p\leq0,05$ ) en los efectos principales: Factor A (nivel de AG<sub>3</sub>), Factor B (tiempo de inmersión) y Factor C (formulación de peletizado). Estos resultados sugieren que estos factores influyen individualmente en el índice de vigor de plántula de semilla de tomate variedad INIAF Renacer. Para el análisis adecuado de estos resultados se realizaron las comparaciones de medias (Anexos 39, 40, 41, 42) y sus gráficas correspondientes (Figuras 38, 39, 40, 41).



**Figura 38. Comparación de medias de Duncan entre Testigo vs Factorial, para la variable índice de vigor de plántula**

El resultado entre el testigo y los factores aplicados (Figura 38, Anexo 39), mostró que el testigo fue significativamente ( $p \leq 0,05$ ) superior en el índice de vigor de plántula con el 85,650 en comparación a los diferentes tratamientos aplicados con un valor. Esto puede explicarse a que las semillas no recibieron tratamientos pregerminativos ni fueron peletizadas, lo que permitió una mayor absorción de agua. Esta condición favoreció un mayor índice de vigor de plántula en comparación con los tratamientos aplicados a las semillas de tomate variedad INIAF Renacer.

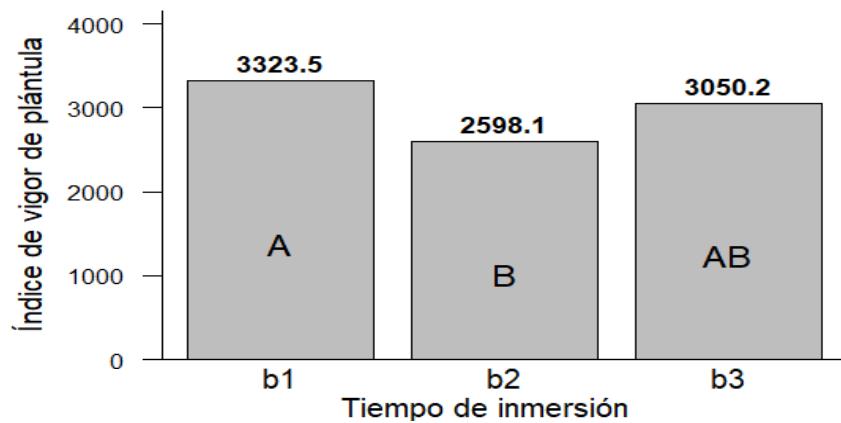


Nota: AG<sub>3</sub>=Ácido giberélico; a<sub>1</sub>=75mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; a<sub>2</sub>=100 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; a<sub>3</sub>=125mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; A, B, C=letras de significancia.

**Figura 39. Comparación de medias de Duncan para el Factor A: Nivel de AG<sub>3</sub>, para la variable índice de vigor de plántula.**

Entre los niveles con AG<sub>3</sub> estudiados, el a<sub>2</sub> encontró un índice de vigor de plántula de 3664,67, siendo mayor a los otros niveles estudiados (Figura 39, Anexo 40), en el caso del nivel de a<sub>1</sub> registró un valor de 3045,57 en el índice de vigor de plántula, presentando una

diferencia estadísticamente significativa respecto al nivel de  $a_3$  con un valor de 2261,65 de índice de vigor siendo el valor más bajo. Das (2023), reportó que el tratamiento con  $AG_3$  a un nivel de  $100 \text{ mgL}^{-1}$  de  $AG_3$  mostró el mayor índice de vigor en semillas de papa con un índice de 92,9, superando a los demás tratamientos evaluados. Por otro lado, estudios realizados por Jyoti *et al.* (2016), muestran que el nivel de  $25 \text{ mgL}^{-1}$  de  $AG_3$  aplicadas en semillas de tomate fue la más efectiva, alcanzando un índice de vigor de 583,20. No obstante, este efecto positivo disminuyó progresivamente con el incremento de los niveles, registrando valores de 528,38 a  $50 \text{ mgL}^{-1}$  de  $AG_3$ , 509,12 a  $75 \text{ mgL}^{-1}$  y 483,26 a  $100 \text{ mgL}^{-1}$ , demostrando así que niveles de  $AG_3$  más elevados son menos beneficiosas para el desarrollo del vigor en las plántulas.

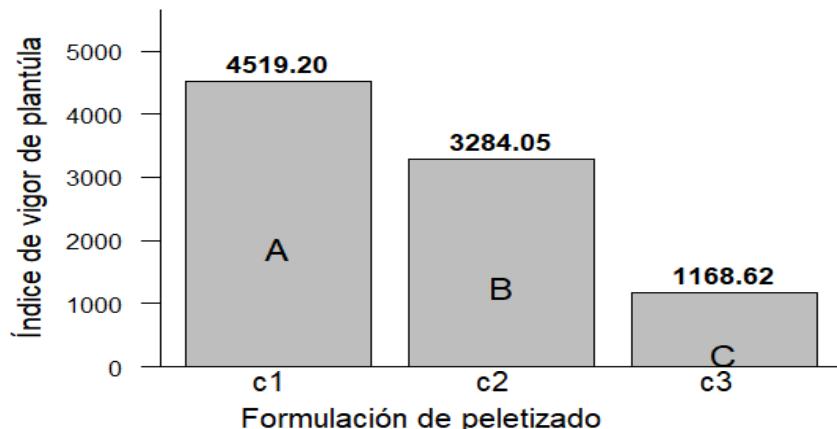


**Nota:**  $b_1=12$  horas de inmersión;  $b_2=18$  horas de inmersión;  $b_3=24$  horas de inmersión; A, B, C=letras de significancia.

**Figura 40. Comparación de medias de Duncan para el Factor B: Tiempo de inmersión, para la variable índice de vigor de plántula.**

Los tiempos de inmersión evaluados no mostraron diferencias significativas entre sí, sin embargo, a las 12 horas de inmersión ( $b_1$ ), las semillas de tomate variedad INIAF Renacer alcanzaron un índice de vigor de plántula de 3323,5, destacándose entre los demás tiempos de inmersión evaluados (Figura 40, Anexo 41). Sin embargo, a 24 horas de inmersión ( $b_3$ ) alcanzó un valor de 3050,2 siendo estadísticamente similar al  $b_1$ , al igual que al  $b_2$  con un tiempo de 18 horas de inmersión teniendo un valor de 2598,1 siendo el valor más bajo de los tratamientos estudiados. Este hallazgo coincide con Balaguera-López *et al.* (2009), quienes reportaron que la aplicación de  $AG_3$  a  $300 \text{ mgL}^{-1}$  durante 36 horas de inmersión incrementa significativamente el vigor en plántulas de tomate, lo que sugiere que el  $AG_3$ , en combinación con tiempos de inmersión adecuados, puede potenciar el desarrollo temprano de las plántulas. Estos resultados refuerzan la importancia de optimizar tanto los

niveles de AG<sub>3</sub> como el tiempo de inmersión para maximizar el vigor en semillas peletizadas.

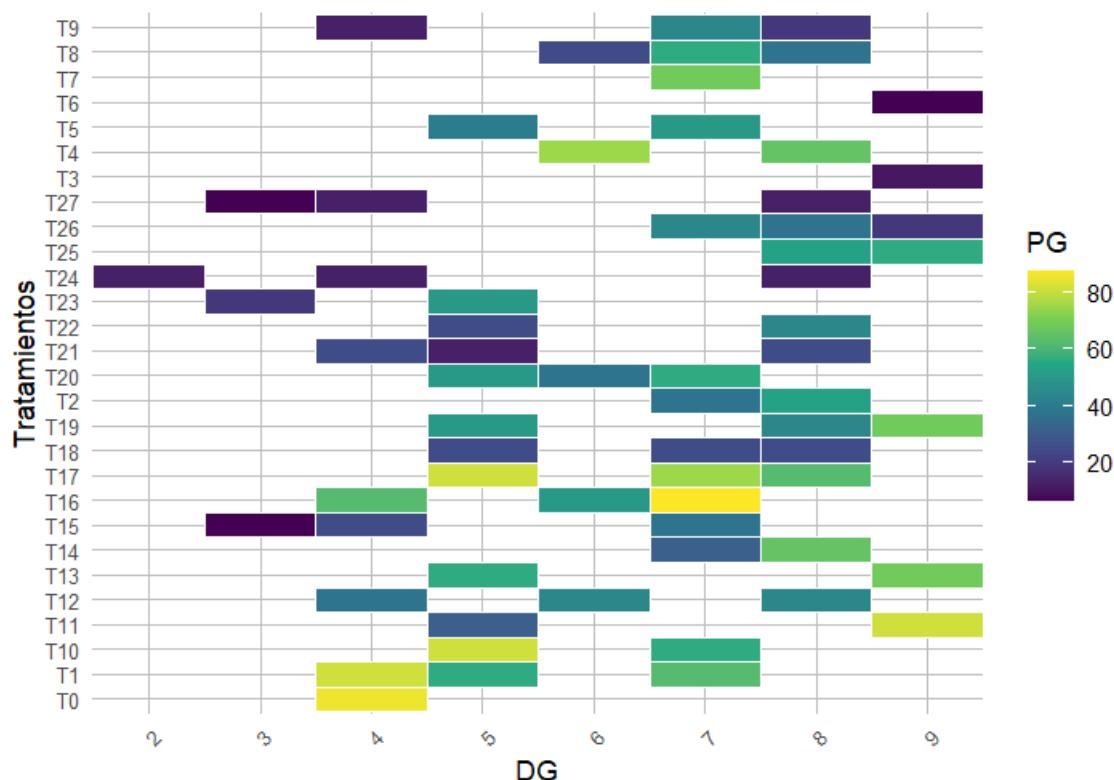


**Nota:** c<sub>1</sub>=Primera formulación; c<sub>2</sub>=Segunda formulación; c<sub>3</sub>=Tercera formulación; A, B, C=letras de significancia.

**Figura 41. Comparación de medias de Duncan para el Factor C: Formulación de peletizado, para la variable índice de vigor de plántula**

En los resultados de la comparación de medias se observaron diferencias significativas entre las formulaciones de peletizado, siendo la primera formulación de peletizado (c<sub>1</sub>) la que presentó el mayor índice de vigor de plántula con un valor de 4519,20, seguida por la segunda (c<sub>2</sub>) y tercera (c<sub>3</sub>) formulación de peletizado, las cuales registraron valores de 3284,05 y 1168,62, respectivamente (Figura 41, Anexo 42). Estas variaciones podrían atribuirse a los distintos aglomerantes o agentes protectores empleados en cada formulación. En este sentido Pedrini *et al.* (2018), demostraron que la selección de componentes en el peletizado es determinante para el éxito del proceso, destacan que ciertos polímeros empleados en este tratamiento pueden mejorar significativamente la retención hídrica y estimular la germinación, mientras que otros compuestos podrían inducir efectos fitotóxicos que disminuyen el índice de vigor de plántula. Este último caso parece coincidir con los resultados observados en la formulación c<sub>3</sub>, donde la reducción del vigor podría atribuirse tanto a posibles efectos fitotóxicos como a limitaciones físicas derivadas de una baja porosidad de la semilla peletizada. Esta observación concuerda con los hallazgos de Rocha *et al.* (2019) quienes alertan sobre el impacto negativo que pueden tener los altos niveles de aglomerantes en la germinación de plántulas.

#### 4.1.8. Mapa de calor entre porcentaje de germinación y días a la germinación



Nota: DG = Días a la germinación; PG = Porcentaje de germinación

**Figura 42. Mapa de calor variables de porcentaje de germinación y días a la germinación.**

Los resultados del mapa de calor mostraron diferencias en el porcentaje y días a la germinación entre los tratamientos, tanto el T<sub>0</sub> como el T<sub>1</sub> iniciaron su germinación el día 4 (Figura 42), mientras que el T<sub>10</sub> y el T<sub>17</sub> germinaron en el día 5. Por otro lado, el T<sub>16</sub> mostró un retraso significativo, germinando recién el día 7, y el T<sub>11</sub> fue el más tardío, alcanzando la germinación hasta el día 9.

Aunque el peletizado afectó la fisiología de las semillas en algunos casos reduciendo el vigor y la germinación debido a limitaciones en hidratación e intercambio gaseoso, los tratamientos de priming combinados con AG<sub>3</sub>, especialmente a 12 horas de inmersión mejoraron significativamente el vigor de las plántulas. Asimismo, el crecimiento de altura y longitud de raíz mostró variaciones dependiendo de las combinaciones de tratamientos, destacando que las interacciones entre factores fueron determinantes. Estos resultados confirman que, aunque el peletizado puede retrasar la germinación de las semillas, el priming con AG<sub>3</sub> no solo optimiza la germinación, sino que también favorece el desarrollo

posterior del tomate variedad INIAF Renacer, demostrando su potencial como técnica para mejorar la calidad de las semillas.

#### 4.2. Segunda fase (Invernadero)

##### 4.2.1. Porcentaje de emergencia (PE)

Los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk ( $W=0,98783$ ,  $p=0,6451$ ) mostraron que los residuos del modelo lineal se ajustan a una distribución normal y la prueba de Levene ( $F=0,3824$ ,  $p=0,9954$ ) mostró que tienen homogeneidad de varianzas, en consecuencia, se realizó análisis de varianza.

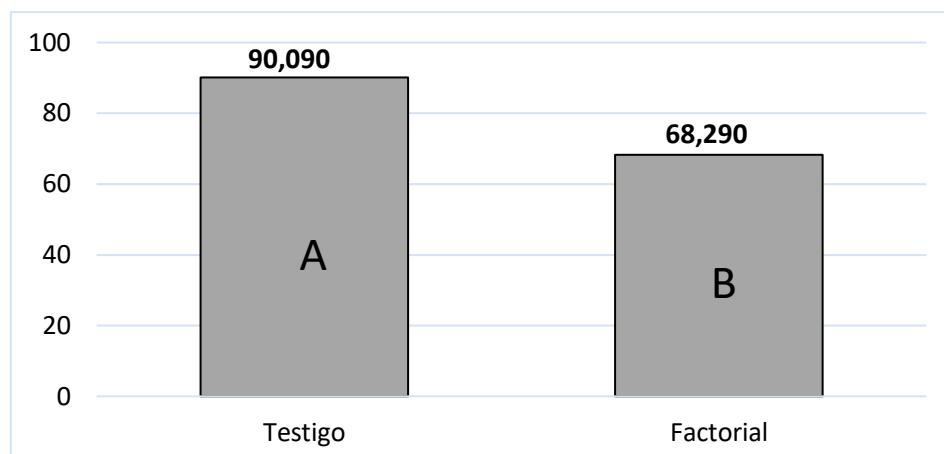
**Cuadro 8. Análisis de varianza del porcentaje de emergencia.**

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr(>F)	Sig.
Bloque	2	737,320	368,660	3,521	3,168	*
Testigo vs factorial	1	1.374,400	1.374,400	13,128	4,020	*
Factor A	2	237,980	118,990	1,137	3,168	NS
Factor B	2	131,790	65,895	0,629	3,168	NS
Factor C	2	52,640	26,320	0,251	3,168	NS
Factor A*Factor B	4	78,390	19,598	0,187	2,543	NS
Factor A*Factor C	4	556,650	139,163	1,329	2,543	NS
Factor B*Factor C	4	957,940	239,485	2,288	2,543	NS
Factor A*Factor B* Factor C	8	1.272,700	159,088	1,520	2,115	NS
Error	54	5.653,300	104,691			
Total	83	11.053,110				

**Nota:** 0 \*\*\*\* 0,001 \*\*\* 0,01 \*\* 0,05 \* 0,1 ' ' 1 NS=No significativo; CV=16,09%; Sig.=Significancia; GL=Grados de libertad; Factor A=Nivel de AG<sub>3</sub>; Factor B=Tiempo de inmersión; Factor C=Formulación de peletizado.

El coeficiente de variación (CV) del 16,09 % indica que los datos son confiables, ya que este valor está dentro del rango aceptable.

El análisis de varianza (Cuadro 8) muestra que no existen diferencias significativas ( $p>0,05$ ) en la interacción triple, interacciones dobles, ni en los efectos individuales como el Factor A, Factor B y el Factor C. Sin embargo, se encontró diferencias significativas ( $p\leq0,05$ ) en el efecto de nivel de AG<sub>3</sub>. Esto indica que el Testigo vs Factorial tienen efectos individuales en el porcentaje de emergencia de semillas de tomate variedad INIAF Renacer. Para el análisis e interpretación adecuada de los resultados se realizó una comparación de medias de Duncan y su gráfica correspondiente (Figura 43, Anexo 43).



**Figura 43. Comparación de medias de Duncan entre testigo vs factorial para la variable porcentaje de emergencia.**

La comparación entre el testigo y los tratamientos aplicados (Figura 43, Anexo 43) reveló una diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) en el porcentaje de emergencia. El testigo registró un valor notablemente superior de 90,09% en comparación con los tratamientos aplicados con 68,29% de emergencia. Esta diferencia puede atribuirse a que las semillas testigo no fueron sometidas a tratamientos pregerminativos ni al proceso de peletización. La ausencia de un recubrimiento permitió una hidratación más eficiente, factor clave que favoreció un mayor porcentaje de germinación en las semillas de tomate variedad INIAF Renacer. Este hallazgo concuerda con lo reportado por Demuner *et al.* (2017), confirman esta tendencia, donde los testigos superan a las semillas peletizadas, un fenómeno atribuido a la ausencia de una barrera de recubrimiento que permite una hidratación sin restricciones. Esto se evidenció en los resultados con un 90,09% de emergencia en el testigo frente al 64,29% en las semillas tratadas de tomate. Además de este factor, las condiciones ambientales son determinantes; por ejemplo, una tensión de humedad del suelo de 10 kPa, que garantiza una retención óptima de agua, genera las condiciones más favorables para la emergencia.

#### 4.2.2. Índice de velocidad de emergencia (IVE)

Los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk ( $W=0,99154$ ,  $p=0,8789$ ) mostraron que los residuos del modelo lineal se ajustan a una distribución normal, así mismo, la prueba de Levene ( $F=0,4811$ ,  $P=0,9777$ ) mostró que los datos tienen homogeneidad de varianzas; en consecuencia, se realizó la prueba de análisis de varianza paramétrica.

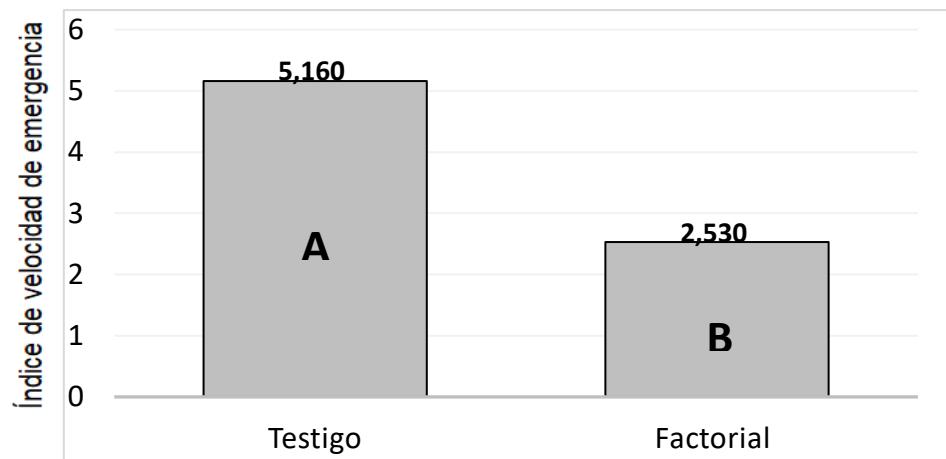
**Cuadro 9. Análisis de varianza del índice de velocidad de emergencia.**

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de f	Pr(>F)	Sig.
Bloque	2	3,311	1,655	3,966	0,025	*
Testigo vs factorial	1	20,08	20,08	4,020	<0,0001	**
Factor A	2	3,559	1,780	4,264	0,019	*
Factor B	2	1,257	0,629	1,507	0,231	NS
Factor C	2	2,321	1,161	2,781	0,071	NS
Factor A*Factor B	4	0,099	0,025	0,059	0,993	NS
Factor A*Factor C	4	1,700	0,425	1,018	0,406	NS
Factor B*Factor C	4	2,957	0,739	1,771	0,148	NS
Factor A*Factor B* Factor C	8	9,172	1,147	2,747	0,013	*
Error	54	21,706	0,417			
Total	80	46,084				

**Nota:** 0 \*\*\* 0,001 \*\* 0,01 \* 0,05 . 0,1 ' 1 NS=No significativo; CV=29,05 %; Sig.=Significancia; Factor A=Nivel de AG<sub>3</sub>; Factor B=Tiempo de inmersión; Factor C=Formulación de peletizado.

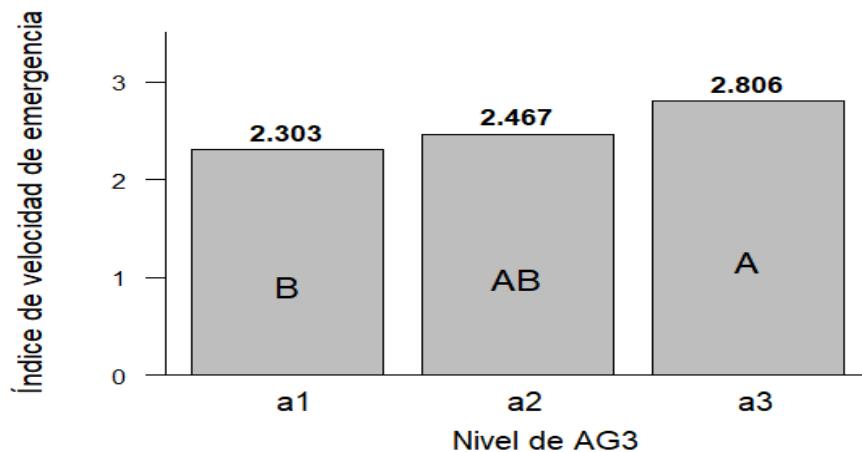
El coeficiente de variación (CV) del 29,05% indica que los datos son confiables, ya que este valor está dentro del rango aceptable.

El análisis de varianza (Cuadro 9) muestra que no existen diferencias significativas ( $p>0,05$ ) en las interacciones dobles, ni en los efectos del Factor B, ni el Factor C. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas ( $p\leq0,05$ ) en la interacción triple (Factor A\*B\*C), en el efecto del Factor A y en el Testigo vs Factorial con respecto al índice de velocidad de emergencia. Esto indica que el Testigo vs Factorial, la combinación de los efectos simples (triple interacción), el Factor A y el Testigo vs Factorial, tienen efectos sobre el índice de velocidad de emergencia de semillas de tomate variedad INIAF Renacer. Para el análisis adecuado de los resultados se realizó la comparación de medias de Duncan tanto del Testigo vs Factorial, así mismo del Factor A (Anexos 44, 45) y sus graficas correspondientes (Figuras 44, 45), y los efectos simples de la triple interacción (Anexos 46, 47, 48) con sus gráficas correspondiente (Figura 46, 47, 48).



**Figura 44. Comparación de medias de Duncan entre testigo vs factorial, de la variable índice de velocidad de emergencia.**

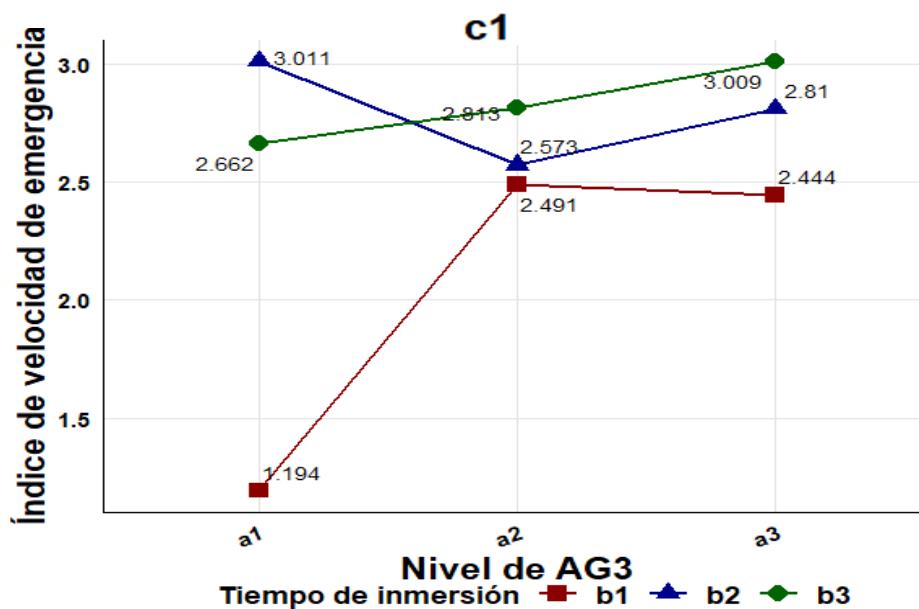
La comparación entre el testigo y los tratamientos aplicados (Factorial) mostró una diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) en el índice de velocidad de emergencia (Figura 46, Anexo 44), el testigo registró un valor notablemente superior de 5,160 de índice de velocidad de emergencia en comparación con los tratamientos aplicados con 2,530 de índice de velocidad de emergencia. Esta diferencia puede atribuirse a que el testigo no fue sometida a tratamientos pregerminativos, ni al proceso de peletizado. Al contrastar estos resultados con los criterios establecidos por Martínez *et al.* (2010), para semillas de maíz, el valor del testigo 5.160 se clasificaría como de alto índice de vigor de emergencia, mientras que el de los tratamientos 2.530 indica un índice de vigor de emergencia sustancialmente menor.



Nota: AG<sub>3</sub>=Ácido giberélico; a1=75mgL<sup>-1</sup>; a2=100 mgL<sup>-1</sup>; a3=125mgL<sup>-1</sup>; A, B= Letras de significancia.

**Figura 45. Comparación de medias de Duncan para el Factor A: Niveles de AG<sub>3</sub>, de la variable índice de velocidad de emergencia.**

Los resultados de la comparación de medias del factor A mostró diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en el índice de velocidad de emergencia (Figura 45, Anexo 45). El nivel  $a_3$  ( $125 \text{ mgL}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$ ) presentó el valor más alto de 2,806, seguido del nivel  $a_2$  ( $100 \text{ mgL}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$ ) con 2,467, el cual resultó estadísticamente igual tanto al  $a_3$  como al  $a_1$  ( $75 \text{ mgL}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$ ). Este último registro mostró el valor más bajo del índice de 2,303 de velocidad de emergencia en semillas peletizadas de tomate variedad INIAF Renacer. Estos hallazgos coinciden los estudios de Vendruscolo *et al.* (2016), quienes también reportaron que la aplicación de  $\text{AG}_3$  como bioestimulante mejoraba significativamente el índice de velocidad de emergencia en semillas de tomate, alcanzando un valor de 8.72. Sin embargo, su estudio señaló que dosis moderadas de aproximadamente  $1,5 \text{ mgL}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$  serán las más eficientes, mientras que niveles más altos, como  $2,5 \text{ mgL}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$ , tienen efectos negativos sobre la velocidad de emergencia.

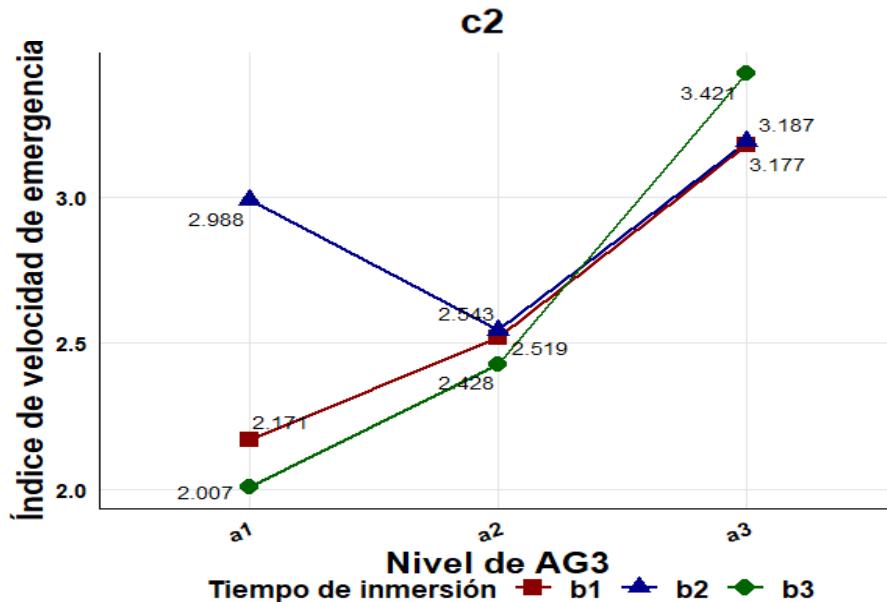


**Nota:** c1= Primera formulación;  $\text{AG}_3$ =Ácido giberélico;  $a_1=75 \text{ mgL}^{-1}$ ;  $a_2=100 \text{ mgL}^{-1}$ ;  $a_3=125 \text{ mgL}^{-1}$ ; b1=12 horas; b2= 18 horas; b3= 24 horas.

**Figura 46. Interacción triple del Factor A\*Factor B\*Factor C, para la variable índice de velocidad de emergencia.**

En la primera formulación de peletizado (c<sub>1</sub>) aplicada a semillas de tomate variedad INIAF Renacer, los tratamientos T<sub>4</sub> (a<sub>1</sub> y b<sub>2</sub>) y T<sub>25</sub> (a<sub>3</sub> y b<sub>3</sub>) alcanzaron el mayor índice de velocidad de emergencia de 3,01 (Figura 46; anexos 46). Estos resultados indican que niveles entre los 75-125  $\text{mgL}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$  favorecen una emergencia más rápida en esta variedad. En contraste, estudios realizados en *Jaltomata procumbens* por Saldívar-Iglesias *et al.* (2010), reportaron que el nivel de 250  $\text{mgL}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$  produjo el mayor índice de velocidad de

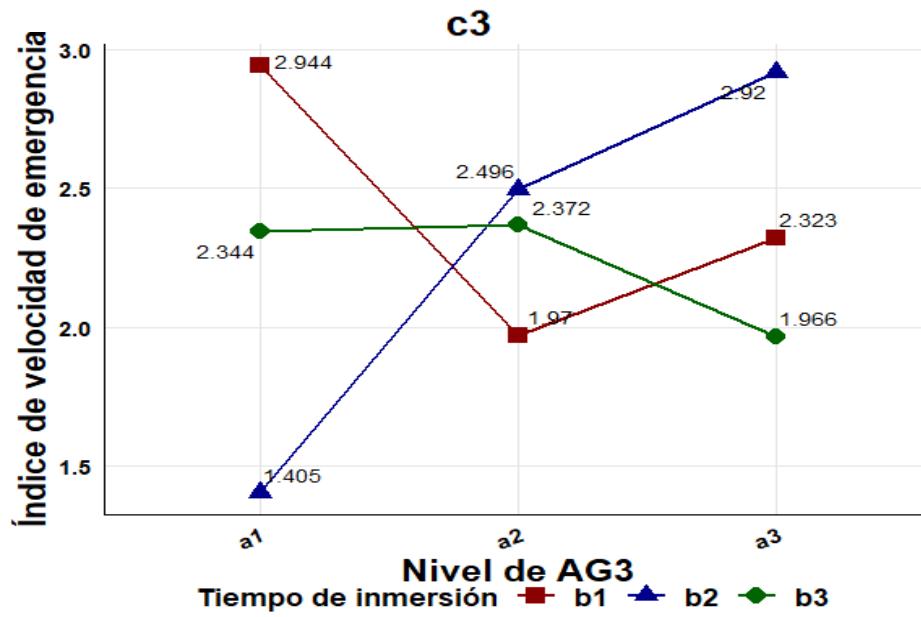
emergencia (IVE) con un valor de 1,7. Para esta especie, la concentración de AG<sub>3</sub> mostró un efecto más significativo que el tiempo de inmersión en la velocidad de emergencia.



Nota: c<sub>2</sub>= Segunda formulación; AG<sub>3</sub>=Ácido giberélico; a<sub>1</sub>=75mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; a<sub>2</sub>=100 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; a<sub>3</sub>=125mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; b<sub>1</sub>=12 horas de inmersión; b<sub>2</sub>= 18 horas de inmersión; b<sub>3</sub>= 24 horas de inmersión.

**Figura 47. Interacción triple del Factor A\*Factor B\*Factor C, para la variable índice de velocidad de emergencia.**

En la segunda formulación de peletizado (c<sub>2</sub>), el tratamiento T<sub>26</sub> (a<sub>3</sub> y b<sub>3</sub>) registró el mayor índice de velocidad de emergencia con 3,42, seguido por T<sub>23</sub> (125 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub> y 18 horas de inmersión) con 3,19 y T<sub>20</sub> (a<sub>3</sub> y b<sub>1</sub>) con 3,18 (Figura 47; Anexo 47). Estos resultados muestran que, en esta formulación, los niveles de 125 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub> maximiza la velocidad de emergencia, independientemente del tiempo de inmersión aplicada a semillas de tomate variedad INIAF Renacer. En contraste a los estudios realizados por Bisognin *et al.* (2016), en cultivos de tomate mostraron que un tiempo de inmersión de 72 horas fue el más efectivo para maximizar la velocidad de emergencia en condiciones de campo. Los resultados obtenidos demuestran que la técnica de priming ejerció un efecto promotor en la velocidad de emergencia, evidenciando que la duración del periodo de hidratación constituye un factor determinante para optimizar la fase de establecimiento inicial del cultivo.



**Nota:** c<sub>3</sub>= Tercera formulación; AG<sub>3</sub>=Ácido giberélico; a<sub>1</sub>=75mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; a<sub>2</sub>=100 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; a<sub>3</sub>=125mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; b<sub>1</sub>=12 horas de inmersión; b<sub>2</sub>= 18 horas de inmersión; b<sub>3</sub>= 24 horas de inmersión.

**Figura 48. Interacción triple del Factor A\*Factor B\*Factor C, para la variable índice de velocidad de emergencia.**

En la tercera formulación de peletizado (c<sub>3</sub>), los tratamientos (Figura 48; Anexo 48) presentaron valores bajos en el índice de velocidad de emergencia en comparación al T<sub>0</sub>.

#### 4.2.3. Uniformidad de emergencia (UE)

Los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (W=0,93331, p=0,0003927) mostró que los residuos del modelo lineal no se ajustan a una distribución normal y la prueba de Levene (F=1,319, p=0,1931) mostró que los datos no tienen homogeneidad de varianzas; en consecuencia, se realizó la prueba de análisis de varianza no paramétrica con permutación.

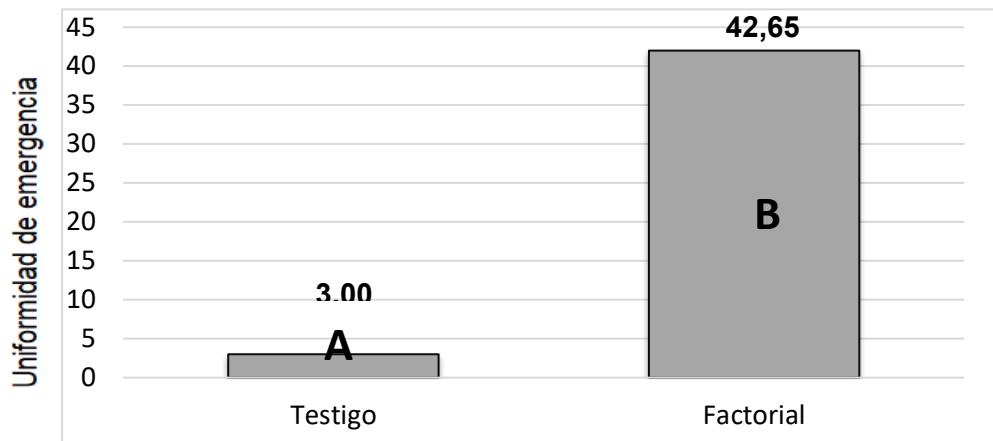
**Cuadro 10. Análisis de varianza no paramétrico de la uniformidad de emergencia.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Interacción</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>	<b>Sig.</b>
Bloque	2	6,51	0,692	999	0,505	NS
Testigo vs factorial	1	4.548,92	483,890	999	0,000	*
Factor A	2	39,72	4,225	999	0,020	*
Factor B	2	0,16	0,017	999	0,983	NS
Factor C	2	1,83	0,194	999	0,824	NS
Factor A*Factor B	4	22,92	2,438	999	0,058	NS
Factor A*Factor C	4	16,03	1,705	999	0,162	NS
Factor B*Factor C	4	57,42	6,108	999	0,000	*
Factor A*Factor B* Factor C	8	11,10	1,180	999	0,328	NS
Error	54	9,40				
<b>Total</b>		<b>83</b>				

**Nota:** 0 '\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1 NS=No significativo; CV=8,61%; Sig.=Significancia; GL=Grados de libertad; Factor A=Nivel de AG<sub>3</sub>; Factor B=Tiempo de inmersión; Factor C=Formulación de peletizado.

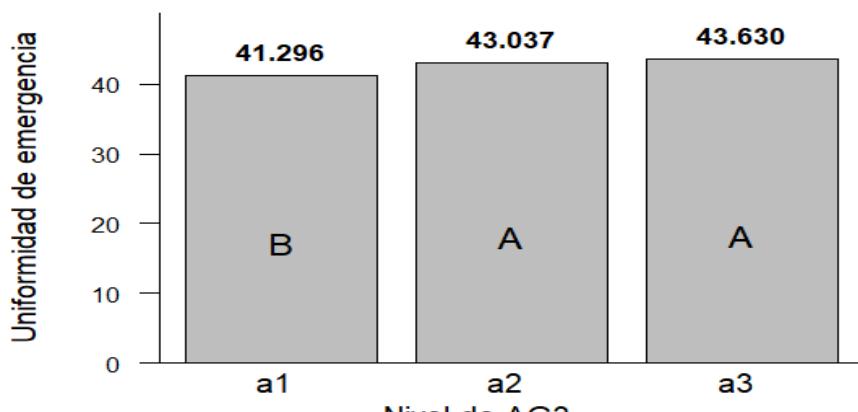
El coeficiente de variación (CV) del 8,61% indica que los datos son confiables, ya que este valor está dentro del rango aceptable.

El análisis de varianza (Cuadro 10) mostró que no existen diferencias significativas ( $p>0,05$ ) en la interacción triple, ni las interacciones dobles de Factor A\*B y Factor A\*C, así como en los efectos simples de Factor B y Factor C de manera individual. Sin embargo, se detectaron efectos significativos en la interacción doble de Factor B\*C, el Factor A como efecto individual, y del Testigo vs Factorial lo que sugiere que estos factores influyen de manera determinante en la uniformidad de germinación de semillas de tomate variedad INIAF Renacer. Para el análisis e interpretación adecuada de los resultados se realizó una comparación de medias de Duncan (Anexo 49, 50) y su gráfica correspondiente (Figura 49, 50), así mismo, la interacción doble del Factor B\*C los efectos simples (Anexo 51) y su gráfica correspondiente (Figura 51).



**Figura 49. Comparación de medias de Duncan entre el testigo y factorial, de la variable uniformidad de emergencia.**

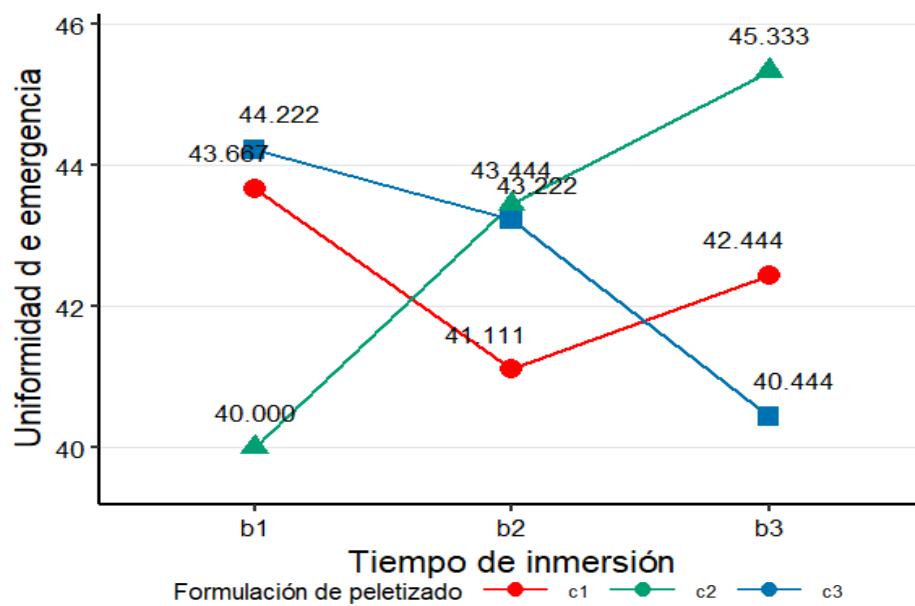
El resultado de la comparación de medias de Duncan (Figura 49; Anexo 49) mostró que el testigo obtuvo una uniformidad de germinación significativamente superior ( $\leq 0,05$ ) con un valor de 3,0 a diferencia de los tratamientos aplicados (factorial). El resultado de la comparación de medias mostró que el testigo obtuvo una uniformidad de germinación significativamente superior ( $p \leq 0,05$ ) con un valor de 3,0 a diferencia de los tratamientos aplicados (factorial) teniendo el valor 42,65 con respecto a la uniformidad de germinación de semillas peletizadas de tomate variedad INIAF Renacer. Estos resultados se explican por las limitaciones técnicas del peletizado, ya que el recubrimiento puede alterar la hidratación y el intercambio gaseoso, factores críticos para la germinación Chantain *et al.* (2023).



**Nota:** AG<sub>3</sub>=Ácido giberélico; a1=75mgL<sup>-1</sup>; a2=100 mgL<sup>-1</sup>; a3=125mgL<sup>-1</sup>; A, B, C=Letras de comparación.

**Figura 50. Comparación de medias para el Factor A: Nivel de AG<sub>3</sub>, para la variable uniformidad de emergencia.**

El análisis de comparación de medias de Duncan para el Factor A mostró diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en la uniformidad de germinación (Figura 50, Anexo 50). El nivel  $a_3$  ( $125 \text{ mgL}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$ ) registró el valor más alto de 43,630, siendo estadísticamente igual al nivel  $a_2$  ( $100 \text{ mgL}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$ ), el cual obtuvo 43,037. Por el contrario, el nivel  $a_1$  ( $75 \text{ mgL}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$ ) fue estadísticamente diferente, con el valor más bajo del 41,296 siendo el más bajo de uniformidad de germinación en semillas peletizadas de tomate, variedad INIAF Renacer. Al respecto Chantain *et al.* (2023), menciona que la barrera física creada en el peletizado de modifica las condiciones fisiológicas necesarias para la germinación, afectando potencialmente el porcentaje y la uniformidad de germinación de las plántulas.



**Nota:**  $b_1 = 12$  horas;  $b_2 = 24$  horas;  $b_3 = 36$  horas;  $c_1 =$  Primera formulación;  $c_2 =$  Segunda formulación;  $c_3 =$  Tercera formulación; A, B, C=Letras de comparación.

**Figura 51. Interacción doble del Factor A\*Factor C, para la variable uniformidad de emergencia.**

El resultado de la interacción doble (Figura 51, Anexo 51) mostró que la combinación  $b_1, c_2$  alcanzó una uniformidad de germinación significativamente mayor ( $p \leq 0,05$ ) con un valor de 40,00, de manera muy similar la combinación  $b_3, c_3$  con un valor de 40,444 en comparación a los demás tratamientos evaluados y en el caso de la combinación  $b_2, c_1$  un valor de 41,11. Estos resultados se explican por las limitaciones técnicas del peletizado, ya que el recubrimiento puede alterar la hidratación y el intercambio gaseoso, factores críticos para la germinación Chantain *et al.*, (2023). No obstante, estudios previos indican que la inmersión prolongada mejora la germinación y vigor en el tomate al facilitar la absorción de agua y activar el metabolismo (Bisognin *et al.*, 2016). Esto sugiere que, aunque el

peletizado puede afectar inicialmente la germinación, estrategias como el priming prolongado podrían compensar sus efectos, optimizando el desempeño de las semillas peletizadas.

#### 4.2.4. Altura de plántula (AP)

Los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk ( $W=0,923$ ,  $p=0,0001999$  mostró que los residuos del modelo lineal no se ajustan a una distribución normal, y la prueba de Levene ( $F=1,0139$ ,  $p=0,468$ ) mostró que los datos no tienen homogeneidad de varianzas; en consecuencia, se realizó el análisis de varianza no paramétrica con permutación.

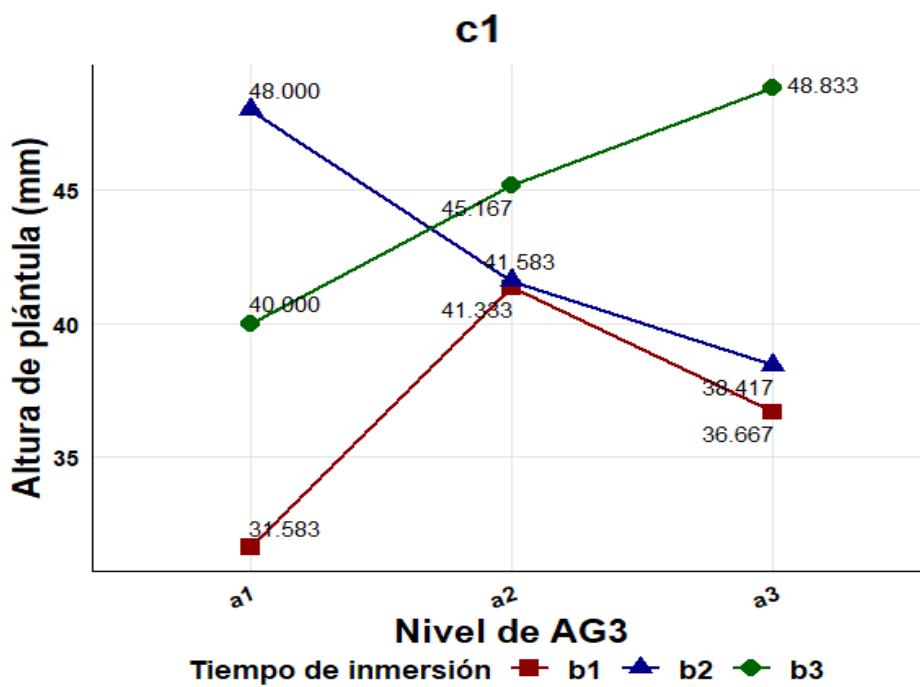
**Cuadro 11. Análisis de varianza no paramétrico de la altura de plántula**

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Interacción	Pr(>F)	Sig.
Bloque	2	103,190	51,597	9999	0,342	NS
Testigo vs Factorial	1	145,102	58,079	9999	0,448	NS
Factor A	2	40,480	20,240	9999	0,633	NS
Factor B	2	99,840	49,922	9999	0,415	NS
Factor C	2	128,720	64,362	9999	0,267	NS
Factor A*Factor B	4	87,370	21,841	9999	0,793	NS
Factor A*Factor C	4	57,530	14,382	9999	0,899	NS
Factor B*Factor C	4	382,450	95,613	9999	0,119	NS
Factor A*Factor B* Factor C	8	1121,540	140,193	9999	0,010	**
Error	52	2601,17	50,022			
Total	80	4622,30				

**Nota:** 0 \*\*\*\* 0,001 \*\*\* 0,01 \*\* 0,05 \* 0,1 ' 1 NS=No significativo; CV=18,75 %; Sig.=Significancia; Factor A=Nivel de AG<sub>3</sub>; Factor B=Tiempo de inmersión; Factor C=Formulación de peletizado.

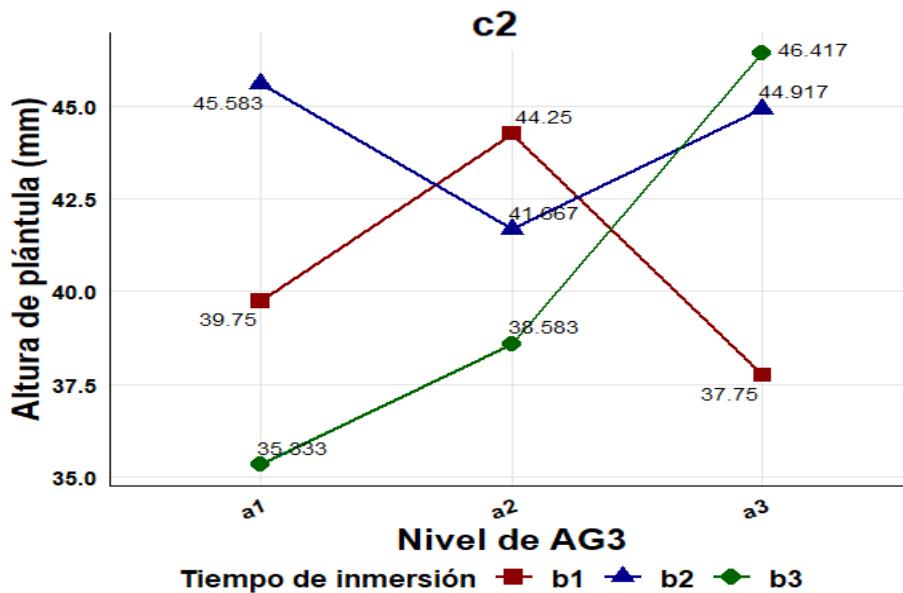
El coeficiente de variación (CV) del 18,75% indica que los datos son confiables, ya que este valor está dentro del rango aceptable.

El análisis de varianza (Cuadro 11) muestra que no existen diferencias significativas ( $p>0,05$ ) en las interacciones dobles, ni en los efectos del factor A (nivel de AG<sub>3</sub>), factor B (tiempo de inmersión) y factor C (formulación de peletizado), ni Testigo vs Factorial. Sin embargo, se encontró diferencias significativas ( $p\leq0,05$ ) y en la interacción triple esto indica que los factores combinados evaluados influyen de manera significativa en el crecimiento de la altura de planta en semillas peletizadas de tomate de la variedad INIAF Renacer. Para el análisis e interpretación adecuada de los resultados se realizó los efectos simples (Anexos 52, 53, 54) y sus gráficas correspondientes (Figura 52, 53, 54).



**Figura 52. Interacción triple del Factor A\*Factor B\*Factor C, para la variable altura de plántula (mm.).**

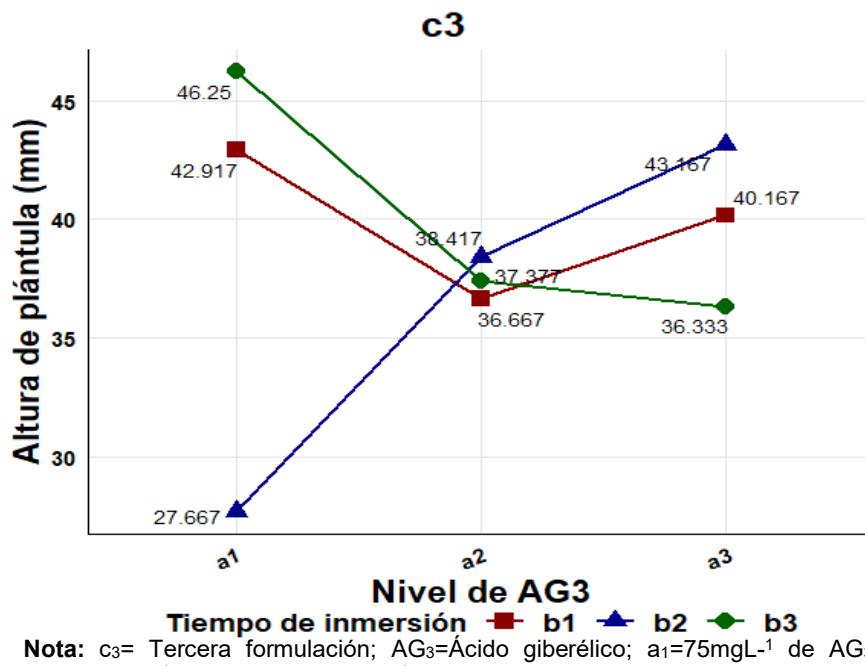
En la primera formulación de peletizado (c<sub>1</sub>), los tratamientos con AG<sub>3</sub> mostraron alturas destacadas en las plantas, el T<sub>25</sub> (a<sub>3</sub>, b<sub>3</sub> c<sub>1</sub>) alcanzó 48,833 mm., seguido por el T<sub>4</sub> (a<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, c<sub>1</sub>) con 48,000 mm. y el T<sub>16</sub> (a<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>, c<sub>1</sub>) con 45,167 mm. (Figura 52, Anexo 52). Estos hallazgos coinciden con los reportados por Sree (2014), en priming, donde 22 horas de hidratación fueron óptimas, logrando 112,8 mm. semillas frescas de tomate y 109,2 mm. semillas envejecidas de tomate. Este hallazgo contrasta con los resultados de Gabriel-Ortega *et al.* (2022), para bioestimulantes específicos. Mientras en pepino no hubo diferencias significativas entre tratamientos, en tomate el cual fue significativamente superior, alcanzando 1525,8 mm. de altura, frente a Fossil 1112,6 mm., Grandsil 1307,3 mm., L-amino 1219,2 mm.



Nota: c<sub>2</sub>= Segunda formulación; AG<sub>3</sub>=Ácido giberélico; a<sub>1</sub>=75mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; a<sub>2</sub>=100 mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; a<sub>3</sub>=125mgL<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>; b<sub>1</sub>=12 horas de inmersión; b<sub>2</sub>= 18 horas de inmersión; b<sub>3</sub>= 24 horas de inmersión.

**Figura 53. Interacción triple del Factor A\*Factor B\*Factor C, para la variable altura de plántula (mm.).**

En la segunda formulación de peletizado (c<sub>2</sub>), el T<sub>26</sub> (a<sub>3</sub>, b<sub>3</sub>, c<sub>2</sub>) alcanzó una altura de 46,417 mm., al igual que el T<sub>5</sub> (a<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, c<sub>2</sub>) tuvo la altura de 45,583 mm. (Figura 53, Anexo 53), en el caso del T<sub>23</sub> (a<sub>3</sub>, b<sub>2</sub>, c<sub>2</sub>) alcanzo una altura de 44,917 mm., el T<sub>11</sub> (a<sub>2</sub>, b<sub>1</sub>, c<sub>2</sub>) con 44,25 mm. en comparación con los tratamientos aplicados en semillas de tomate variedad INIAF Renacer. Este hallazgo contrasta con los resultados de Gabriel-Ortega *et al.* (2022) para bioestimulantes específicos. Mientras en pepino no hubo diferencias significativas entre tratamientos, en tomate (monocultivo y asociado) Bioremed y fue significativamente superior, alcanzando 1525,8 mm. de altura, frente a Fossil 1112,6 mm., Grandsil 1307,3 mm., L-amino 1219,2 mm. Así, pese a la respuesta atípica en el análisis factorial, Bioremed demostró ser el tratamiento más efectivo para incrementar la altura, particularmente en tomate.



**Nota:**  $c_3$ = Tercera formulación;  $AG_3$ =Ácido giberélico;  $a_1=75\text{mgL}^{-1}$  de  $AG_3$ ;  $a_2=100\text{ mgL}^{-1}$  de  $AG_3$ ;  $a_3=125\text{mgL}^{-1}$  de  $AG_3$ ;  $b_1=12$  horas de inmersión;  $b_2=18$  horas de inmersión;  $b_3=24$  horas de inmersión.

**Figura 54. Interacción triple del Factor A\*Factor B\*Factor C, para la variable altura de plántula.**

En la tercera formulación de peletizado ( $c_3$ ), el  $T_9(a_1, b_3, c_3)$  mostró una altura de 46 mm. (Figura 54; anexos 54) el  $T_{24}(a_3, b_2, c_3)$  alcanzó una altura de 43,167 mm. y el  $T_3(a_1, b_1, c_3)$  obtuvo una altura de 42,917 mm. y  $T_{21}(a_3, b_1, c_3)$  alcanzó una altura 40,167 mm., en comparación con los tratamientos aplicados en semillas de tomate variedad INIAF Renacer. Este hallazgo contrasta con los resultados de Gabriel-Ortega *et al.* (2022) para bioestimulantes específicos. Mientras en pepino no hubo diferencias significativas entre tratamientos, en tomate (monocultivo y asociado) Bioremedy fue significativamente superior, alcanzando 1525,8 mm. de altura, frente a Fossil 1112,6 mm, Grandsil 1307,3 mm., L-amino 1219,2 mm. y el testigo 1135,1 mm.

#### 4.2.5. Índice de vigor de plántula (IVP)

Los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk ( $W=0,98196$ ,  $p=0,3119$ ) mostró que los residuos del modelo lineal se ajustan a una distribución normal y la prueba de Levene ( $F=0,6485$ ,  $p=0,8849$ ) mostró que los datos tienen homogeneidad de varianzas; en consecuencia, se realizó la prueba de análisis de varianza.

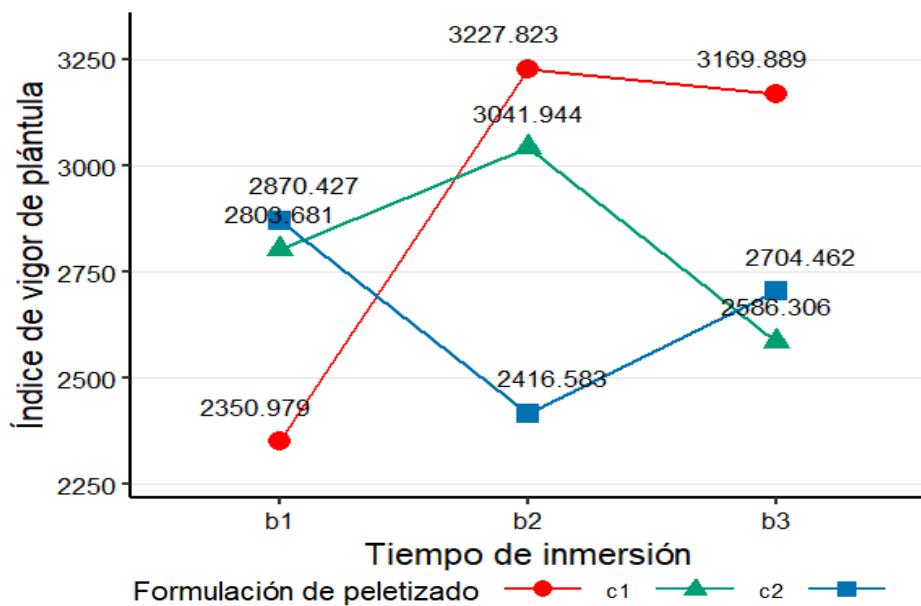
**Cuadro 12. Análisis de varianza para índice de vigor de plántula.**

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr(>F)	Sig.
Bloque	2	3.081.511	1.540.755	3,28	0,045	*
Testigo vs Factorial	1	391.467	76.673	1,29	0,367	NS
Factor A	2	632.052	316.026	0,67	0,514	NS
Factor B	2	677.929	338.964	0,72	0,490	NS
Factor C	2	867.720	433.860	0,93	0,403	NS
Factor A*Factor B	4	504.818	126.204	0,27	0,897	NS
Factor A*Factor C	4	2.117.410	52.352	1,13	0,353	NS
Factor B*Factor C	4	5.534.608	1.383.652	2,95	0,029	**
Factor A*Factor B* Factor C	8	8.847.357	1.105.920	2,36	0,030	*
Error	52	24.391.105	469.060			
Total	80	46.654.508				

**Nota:** 0 \*\*\*\* 0,001 \*\*\* 0,01 \*\* 0,05 \* 0,1 ' 1 NS=No significativo; CV=27,30%; Sig.=Significancia; Factor A=Nivel de AG<sub>3</sub>; Factor B=Tiempo de inmersión; Factor C=Formulación de peletizado.

El coeficiente de variación (CV) del 27,30% indica que los datos son confiables, ya que este valor está dentro del rango aceptable.

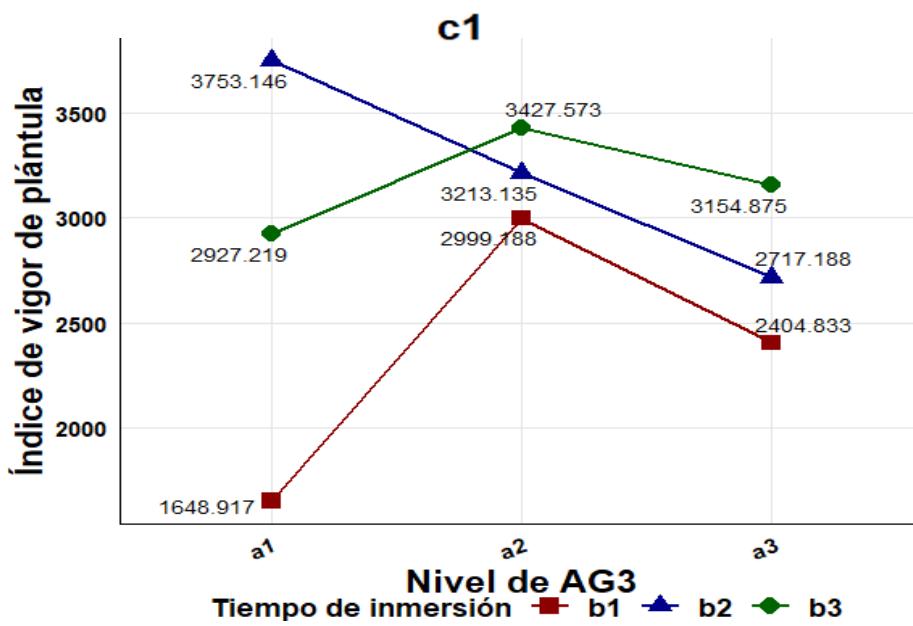
El análisis de varianza (Cuadro 12) muestra que no existen diferencias significativas ( $p>0,05$ ) las interacciones dobles de Factor A\*B y Factor B\*C; ni en los efectos principales Factor A, Factor B y Factor C. Sin embargo, se encontró diferencias significativas ( $p\leq0,05$ ) en la interacción triple (Factor A\*B\*C), y en la interacción doble (Factor B\*C). Para el análisis e interpretación adecuada de los resultados se realizó los efectos simples para la en la interacción triple, y en la interacción doble (Anexos 55, 56, 57, 58) y sus gráficas correspondientes (Figura 55, 56, 57, 58).



**Nota:**  $b_1=12$  horas;  $b_2= 18$  horas;  $b_3= 24$  horas;  $c_1=$  Primera formulación;  $c_2=$  Segunda formulación;  $c_3=$  Tercera formulación.

**Figura 55. Interacción doble del Factor B\*Factor C, para la variable índice de vigor de plántula.**

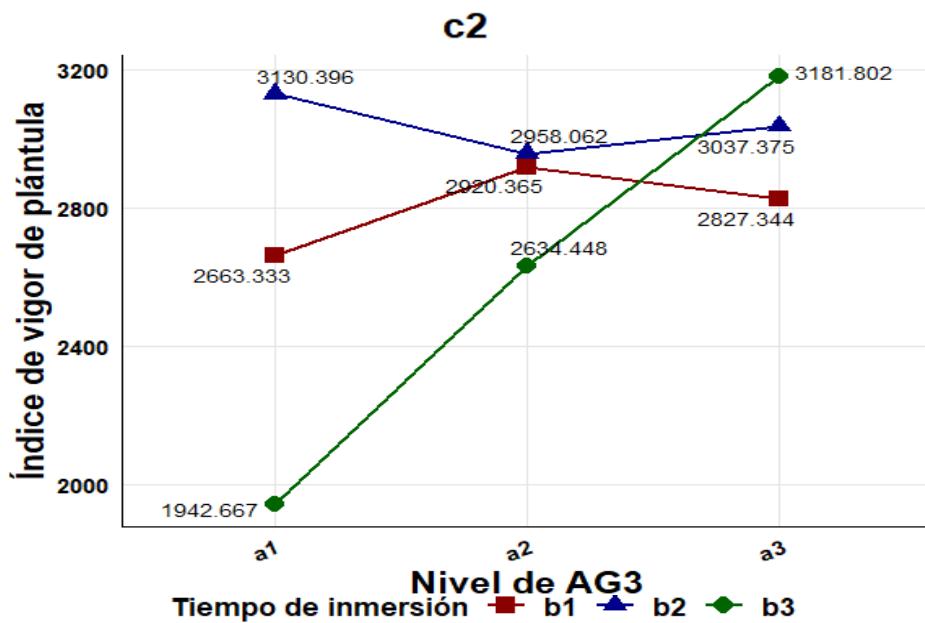
Los resultados de la doble interacción mostraron que la combinación  $b_2, c_1$  alcanzó el mayor índice de vigor de plántula (Figura 55, Anexo 55), con 3227,823, seguida por la combinación  $b_3, c_1$  con 3169,889, y la combinación  $b_2, c_2$  con 3041,944. Estos hallazgos indican que formulaciones como la de  $b_2$ , combinados con un tiempo de inmersión relativamente corto de 18 horas, resultan más efectivos para mejorar el vigor en semillas de tomate variedad INIAF Renacer, en comparación con formulaciones más altas y tiempos de inmersión prolongados.



Nota: c<sub>1</sub>=Primera formulación; AG<sub>3</sub>=Ácido giberélico; a<sub>1</sub>=75mgL<sup>-1</sup>; a<sub>2</sub>=100 mgL<sup>-1</sup>; a<sub>3</sub>=125mgL<sup>-1</sup>; b<sub>1</sub>=12 horas; b<sub>2</sub>= 18 horas; b<sub>3</sub>= 24 horas.

**Figura 56. Interacción triple del Factor A\*Factor B\*Factor C, para la variable índice de vigor de plántula.**

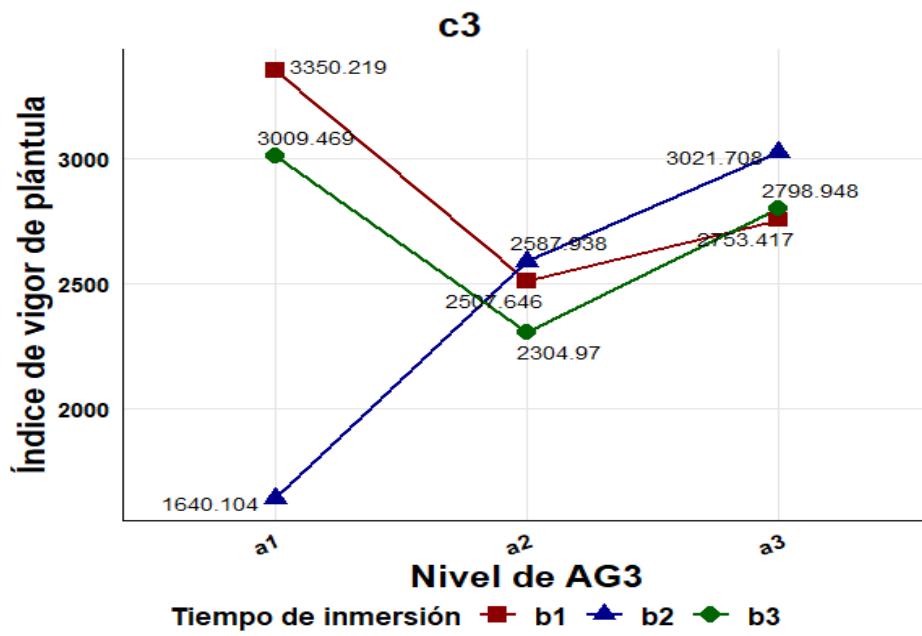
En la primera formulación de peletizado (c<sub>1</sub>), el T<sub>4</sub> (a<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, c<sub>1</sub>) alcanzó el mayor índice de vigor de plántula de 3753,146 (Figura 56; anexos 56), superando a otros tratamientos, el T<sub>16</sub> (a<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>, c<sub>1</sub>) con 3427,573 de índice de vigor de plántula, el T<sub>13</sub> (a<sub>2</sub>, b<sub>2</sub>, c<sub>1</sub>) con 3213,135 de índice de vigor de plántula y el T<sub>25</sub> (a<sub>3</sub>, b<sub>3</sub>, c<sub>1</sub>) con 3154,875. Estos resultados demuestran que a niveles moderadas de AG<sub>3</sub> con menor tiempo de inmersión como en el T<sub>4</sub> pueden ser más efectivas para mejorar el vigor en semillas de tomate variedad INIAF Renacer, en comparación con niveles más altos e inmersiones prolongadas. Esta ventaja de la peletización en semillas frescas coincide notablemente con los resultados de Singh *et al.* (2018) en semillas de caupí, donde la peletización con *Rhizobium* en semillas frescas maximizó el vigor, registrando valores de 2980,48 en semillas y 7451,34 en plántulas. En el extremo opuesto, el almacenamiento prolongado (12 meses) de semillas sin peletizado generó los valores más bajos como 2315,58 para semillas y 6310,23 para plántulas.



Nota: c<sub>2</sub>= Segunda formulación; AG<sub>3</sub>=Ácido giberélico; a<sub>1</sub>=75mgL<sup>-1</sup>; a<sub>2</sub>=100 mgL<sup>-1</sup>; a<sub>3</sub>=125mgL<sup>-1</sup>; b<sub>1</sub>=12 horas; b<sub>2</sub>= 18 horas; b<sub>3</sub>= 24 horas.

**Figura 57. Interacción triple del Factor A\*Factor B\*Factor C, para la variable índice de vigor de plántula.**

En la segunda formulación de peletizado (c<sub>2</sub>), los tratamientos T<sub>26</sub> (a<sub>3</sub>, b<sub>3</sub>, c<sub>2</sub>) alcanzando un valor de 3181,802 de índice de vigor de plántula (Figura 57; anexos 57) y T<sub>5</sub> (a<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, c<sub>2</sub>) alcanzó un valor de 3130,396, estos tratamientos destacaron por presentar valores elevados en el índice de vigor de plántula, mientras que el tratamiento T<sub>23</sub> (a<sub>3</sub>, b<sub>2</sub>, c<sub>2</sub>) mostró un índice de 3037,375 de vigor de plántula, lo que sugiere que la combinación de los niveles de AG<sub>3</sub> y el tiempo de inmersión influye significativamente en el vigor de las plántulas. Las investigaciones realizadas por Garruña-Hernández *et al.* (2014), confirman que el AG<sub>3</sub> y compuestos similares, aplicados durante el acondicionamiento de semillas, optimizan los porcentajes de germinación y promueven un mayor vigor en plántulas de tomate y otras especies cultivadas.



**Nota:**  $c_1$ =Primera formulación;  $AG_3$ =Ácido giberélico;  $a_1=75\text{mgL}^{-1}$ ;  $a_2=100\text{ mgL}^{-1}$ ;  $a_3=125\text{mgL}^{-1}$ ;  $b_1=12$  horas;  $b_2= 18$  horas;  $b_3= 24$  horas.

**Figura 58. Interacción triple del Factor A\*Factor B\*Factor C, para la variable índice de vigor de plántula.**

En la tercera formulación de peletizado ( $c_3$ ) aplicada a semillas de tomate variedad INIAF Renacer (Figura 58; anexos 58), se observó que el tratamiento  $T_3$  ( $a_1, b_1, c_3$ ), arrojó un índice de vigor de plántula de 3350,219. En contraste, el tratamiento  $T_{24}$  ( $a_3, b_2, c_3$ ) alcanzó un valor de 3021,708 y el  $T_9$  ( $a_1, b_3, c_3$ ) obtuvo un valor de 3009,469 en el mismo índice. Estos resultados destacan la diferencia en el vigor de las plántulas en función de las condiciones de peletizado evaluadas. Estos hallazgos coinciden con los estudios de Balaguera-López *et al.* (2009), quienes mostraron que tanto el priming como los tratamientos con  $AG_3$  mejoran significativamente la emergencia y el desarrollo inicial de plántulas en especies hortícolas, destacándose en tomate, donde a  $300\text{ mgL}^{-1}$  de  $AG_3$  y 18 horas de inmersión incrementa notablemente el vigor de las plántulas. Las investigaciones realizadas por Garruña-Hernández *et al.* (2014), confirman que el  $AG_3$  y compuestos similares, aplicados durante el acondicionamiento de semillas, optimizan los porcentajes de germinación y promueven un mayor vigor en plántulas de tomate y otras especies cultivadas.

### 4.3. Análisis económico

El análisis beneficio/costo (B/C) de los tratamientos de priming con ácido giberélico y peletizado en semillas de tomate INIAF Renacer (Cuadro 13) reveló que el T<sub>4</sub> fue el más rentable (B/C=1.03), destacando por sus bajos costos variables (Bs. 144.53) y unitarios (Bs. 3.39), generando una utilidad neta de Bs. 175 por 50g de semilla/peletizada. Aunque todos los tratamientos mostraron rentabilidad (B/C≥1), el T<sub>23</sub> y T<sub>26</sub> presentaron menor eficiencia económica (B/C=1,00) debido a sus mayores costos (hasta Bs. 184,37) y costos unitarios (Bs. 4,19).

**Cuadro 13. Análisis económico de los tratamientos más relevantes.**

Tratamiento	Costos fijos (Bs.)	Costos variables (Bs.)	Costo unitario producción (Bs.)	Precio venta (Bs.)	Utilidad neta (Bs.)	Beneficio/costo
T <sub>4</sub>	25	144,53	3,39	3,5	175,00	1,03
T <sub>23</sub>	25	149,38	3,49	3,5	175,00	1,00
T <sub>25</sub>	25	147,03	3,44	3,5	175,00	1,02
T <sub>26</sub>	25	149,38	3,49	3,5	174,38	1,00

**Nota:** T<sub>4</sub>=75 mgL<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub> + 18 horas de inmersión + 1ra formulación de peletizado; T<sub>23</sub>=125 mgL<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub> + 18 horas de inmersión + 2da formulación de peletizado; T<sub>25</sub>=125 mgL<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub> + 24 horas de inmersión + 1ra formulación de peletizado; T<sub>26</sub> = 125 mgL<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub> + 24 horas de inmersión + 2da formulación de peletizado.

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos establecidos y los resultados alcanzados en esta investigación, se respaldan las siguientes conclusiones:

- Se determinó que el nivel de  $100 \text{ mgL}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$  fue la más efectiva, alcanzando un 69,956% de germinación en semillas de tomate INIAF Renacer. Sin embargo, los niveles de  $75 \text{ mgL}^{-1}$  y  $125 \text{ mgL}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$  demostraron ser óptimos y efectivos para promover una emergencia vigorosa, lo que indica que el priming con estos niveles mejoran significativamente el vigor de las plántulas. Este efecto podría incrementar la eficiencia productiva al asegurar un establecimiento más uniforme y resistente del cultivo, optimizando así el rendimiento en condiciones de campo.
- La formulación del peletizado influye significativamente en la germinación y el vigor de las semillas, por lo cual se identificó la  $c_1$  y la  $c_2$  resultaron ser las más efectivas para mejorar el vigor. Sin embargo, el proceso de peletizado puede causar daños físicos a las semillas si no se controla correctamente durante su aplicación y este también puede retrasar la germinación y emergencia de las semillas de tomate variedad INIAF Renacer.
- Los tratamientos  $T_4$ ,  $T_{23}$ ,  $T_{25}$  y  $T_{26}$  demostraron ser las combinaciones más efectivas de priming y peletizado para semillas de tomate INIAF Renacer, generando un efecto sinérgico que mejora significativamente la germinación, el vigor de las plántulas y su resistencia al estrés abiótico en condiciones de campo (invernadero). Este beneficio se debe a que el priming optimiza la activación metabólica de las semillas, mientras que el peletizado proporciona protección física, resultando en un mejor establecimiento del cultivo, mayor adaptabilidad en campo, lo que los convierte en una estrategia prometedora para la producción agrícola, especialmente en condiciones adversas.
- Los tratamientos  $T_4$ ,  $T_{23}$ ,  $T_{25}$  y  $T_{26}$  resultan rentables entre ellos, asimismo, el  $T_4$  sobresale como el más eficiente ( $B/C=1,03$ ), gracias a sus menores costos variables y unitarios. Por otro lado, el  $T_{23}$  y el  $T_{26}$ , aunque rentables, presentan una eficiencia ( $B/C=1,00$ ), lo que indica un aprovechamiento limitado de los recursos. En comparación, el  $T_4$  y el  $T_{25}$  demuestran una mejor optimización de costos, siendo las alternativas más convenientes para maximizar ganancias, dado que generan retornos similares con un uso más eficiente de los recursos.

## 6. RECOMENDACIONES

En base a los objetivos, resultados y conclusiones del presente trabajo, se tiene las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda emplear el nivel de  $a_2$  que mostró un 69.96% de emergencia junto con la formulación  $c_1$  por su eficacia demostrada en vigor, implementando un protocolo de peletizado que combine técnicas de recubrimiento de precisión para evitar daños mecánicos, control estricto de la hidratación para garantizar uniformidad, y optimización de la oxigenación durante el proceso, asegurando así la preservación de la viabilidad y capacidad germinativa de las semillas de tomate variedad INIAF Renacer.
- Se sugiere reducir el diámetro de las semillas peletizada de tomate INIAF Renacer, ya que su tamaño actual dificulta la absorción de agua durante la hidratación, el proceso de germinación, y la posterior germinación y emergencia de las plántulas.
- Se recomienda continuar la investigación enfocándonos en los tratamientos  $T_4$ ,  $T_{23}$ ,  $T_{25}$  y  $T_{26}$ , debido a que obtuvieron los resultados más relevantes en el índice de velocidad de emergencia, índice de vigor de plántula y en la altura planta, tratamientos y variables que fueron aplicados en semillas de tomate variedad INIAF Renacer.
- Se recomienda priorizar en futuras investigaciones los tratamientos  $T_4$ ,  $T_{23}$ ,  $T_{25}$  y  $T_{26}$ , ya que demostraron los mejores resultados en las variables de índice de velocidad de emergencia, índice de vigor de plántula, altura de planta y uniformidad de emergencia evaluadas en semillas de tomate variedad INIAF Renacer.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Afzal, I., Javed, T., Amirkhani, M., & Taylor, A. G. (2020). Modern Seed Technology: Seed Coating Delivery Systems for Enhancing Seed and Crop Performance. *Agriculture*, 10(11), 526. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110526>

Angulo Rodríguez, M., Avilés Jiménez, I. R., Blajos Kraljevic, J., Burgos Mendoza, J. I., Cadena Vaca, M. Y., Campos Arzabe, K., Ciancas Jiménez, J. C., Córdova Olivera, P., Crespo Valenzuela, L., Muñecas Fernandez, F., Fernández Rojas, B. L., Figueroa Araníbar, T., Jiménez Alcócer, A., Jürgensen Flores, K. M., Mendoza Villarroel, O., Naranjo Mejía, H., Navia Montaño, O., Ojeda Vargas, N. J., Oros Martínez, R., ... Ríos Caero, B. (with Chilo Herbas, C., Grájeda Chacón, A., Guzmán Navarro, L., Pueyo Roy, M. I., & J Sánchez, R.). (2022). *La agricultura Boliviana del siglo XXI: La experiencia del tomate* (Primera). PROINPA - Universidad Privada Boliviana (UPB). <https://campusvirtual.upb.edu/wp-content/uploads/libro-tomate/La-experiencia-del-tomate-digital.pdf>

Atencio, L., Colmenares, R., Ramírez-Villalobos, M., & Marcano, D. (2003). Tratamientos pregerminativos en acacia San Francisco (*Peltophorum pterocarpum*)Fabaceae. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 20(1), 63-71. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0378-78182003000100007&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0378-78182003000100007&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

Balaguera-López, H., Deaquiz, Y., & Alvarez Herrera, J. (2009). Plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*L.) provenientes de semillas embebidas en diferentes soluciones de giberelinas (GA3). *Agronomía Colombiana*, 27(1), 57-64. [https://www.semanticscholar.org/paper/PI%C3%A1ntulas-de-tomate-\(Solanum-lycopersicum-L.\)-de-en-Balaguera-L%C3%B3pez-Deaquiz/dcfae3e58269db9e8c02b9739c3a3d51bb137aa2](https://www.semanticscholar.org/paper/PI%C3%A1ntulas-de-tomate-(Solanum-lycopersicum-L.)-de-en-Balaguera-L%C3%B3pez-Deaquiz/dcfae3e58269db9e8c02b9739c3a3d51bb137aa2)

Balaguera-López, H. E., Cárdenas-Hernández, J. F., & Álvarez-Herrera, J. G. (2009). EFFECT OF GIBBERELLIC ACID (GA3) ON SEED GERMINATION AND GROWTH OF TOMATO (SOLANUM LYCOPERSICUM L.). *Acta Horticulturae*, 821, 141-148. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.821.15>

Bisognin, M. B., Kulczynski, S. M., Ferrari, M., Gaviraghi, R., Pelegrin, A. J. de, & Souza, V. Q. de. (2016). Desempenho fisiológico de sementes olerícolas em diferentes tempos de hidrocondicionamento. *Revista de Ciências Agrárias*, 39(3), Article 3. <https://doi.org/10.19084/RCA15163>

Boari, F., Donadio, A., Pace, B., Schiattone, M. I., & Cantore, V. (2016). Kaolin improves salinity tolerance, water use efficiency and quality of tomato. *Agricultural Water Management*, 167, 29-37. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.12.021>

Brito, D. da S., Santos, K. F. dos, & Silva, D. V. da. (2024). EFEITO DA NUTRIÇÃO DE PLANTAS NA RESISTÊNCIA A PRAGAS E DOENÇAS. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, 9(1), Article 1. <https://doi.org/10.61164/rmmn.v9i1.2838>

Butler, J. W., Skrivan, W., & Lotfi, S. (2023). Identification of Optimal Binders for Torrefied Biomass Pellets. *Energies*, 16(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/en16083390>

Callejón, G. (2023, abril 28). *Caolín en agricultura para proteger el cultivo*. Biogard. <https://biogard.es/caolin-agricultura/>

Campo Maruenda, M. (2016). Tierra de diatomeas. *Revista AE*, 26. <https://revista-ae.es/wp-content/uploads/2017/03/Tierra-de-Diatomeas-TdD.pdf>

Campos de Melo, A. P., Seleguini, A., Veloso, V. da R. S., & Pereira, J. M. (2015). Recobrimento de sementes de tomate com concentrações crescentes de polímero sintético. *Ciencia rural*, 45(6), 958-963. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5375961>

Caroca, R., Zapata, N., & Vargas, M. (2016). EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA GERMINACIÓN DE CUATRO GENOTIPOS DE MANÍ (*Arachis hypogaea* L.).

*Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 32(2), 94-101.  
<https://doi.org/10.4067/S0719-38902016000200002>

Cervantes Ortiz, F., Gasca Ortiz, M. T., Andrio Enríquez, E., Mendoza Elos, M., Guevara, L. P., Vázquez Moreno, F., & Rodríguez Herrera, S. (2014). *DENSIDAD DE POBLACIÓN Y CORRELACIONES FENOTÍPICAS EN CARACTERES AGRONÓMICOS Y DE RENDIMIENTO EN GENOTIPOS DE MAÍZ*.  
<https://www.uncos.edu.mx/investigacion/2.%20CYTAM-2014-10.%20FABIAN%20VAZQUEZ%20MORENO.pdf>

Chantain, S., Insalud, N., Hermhuk, S., & Kangsopa, J. (2023). Effect of Seed Coating with Plant Nutrients Substance on Germination, Seedling Growth and Longevity of Wheat Seeds. *Burapha Science Journal*, 274-291.  
<https://scijournal.buu.ac.th/index.php/sci/article/view/4332>

Chetouani, M., Mzabri, I., Aamar, A., Boukroute, N., Kouddane, N., & Berrichi, A. (2017). Effect of gibberellic acid (AG3) on the germination of seeds of *Thymus satureioides* L and *Lavandula dentata*. *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 8, 942-948. [https://www.jmaterenvironsci.com/Document/vol8/vol8\\_N3/100-JMES-ICMES-Chetouani.pdf](https://www.jmaterenvironsci.com/Document/vol8/vol8_N3/100-JMES-ICMES-Chetouani.pdf)

Costa Ferreira, T., & Pérez Marín, A. M. (2022). PRIMING EM SEMENTES: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA CONCISA E ATUALIZADA. *Revista Científica BIOFIX*, 7(1), 27.  
<http://dx.doi.org/10.5380/biofix.v7i1.81337>

Das, P. (2023). *Effect of priming on quality of true potato seed* [Assam Agricultural University]. [chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://krishikosh.egranth.ac.in/server/api/core/bitstreams/307c8725-0db7-42da-b01a-ca67f87f89b7/content](https://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://krishikosh.egranth.ac.in/server/api/core/bitstreams/307c8725-0db7-42da-b01a-ca67f87f89b7/content)

De Castro, I. G., Herter, M. B., & Solé, E. O. (2023). El margen bruto y las decisiones de producción agrícola. *Costos y gestión, 2023, año XXXIII, no. 105, p. 39-67.*  
<http://repositorio.unne.edu.ar/xmlui/handle/123456789/56800>

Deaquiz-Oyola, Y. A., & Burgos-Avila, Y. E. (2013). Efecto de la aplicación de giberelinas (GA3) sobre germinación de semillas de tomate (*Solanum Lycopersicum L.*) Variedad Santa Cruz. *Conexión Agropecuaria JDC, 3(2), 29-36.*  
<https://revista.jdc.edu.co/conexagro/article/view/311>

Demuner, A. P., Meireles, R., Dos Reis, L., Vieira, G., Garcia, W., Zinger, L., & Pires, A. (2017). Emergência de plântulas de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) em diferentes tensões de retenção de água no solo. *Revista Thema, 14(4), 44-54.*  
<https://doi.org/10.15536/thema.14.2017.44-54.756>

Dirección general de desarrollo minero. (2014, diciembre). *Perfil de mercado del caolín.*  
[https://www.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/industria\\_comercio/informacionSectorial/minero/pm\\_caolin\\_2014.pdf](https://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/minero/pm_caolin_2014.pdf)

Dirección General de Desarrollo Minero. (2022, enero). *Perfil de mercado de la dolomita.*  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/692306/6.\\_Perfil\\_Dolomita\\_2021\\_T\\_.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/692306/6._Perfil_Dolomita_2021_T_.pdf)

Duarte, E. R., González-Rondán, B., & Rocha, S. P. (2019). ANÁLISIS FÍSICO Y GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *Austrochthamalia teyucuarensis* H. A. KELLER, ENDÉMICA DEL BOSQUE ATLÁNTICO Y EN PELIGRO DE EXTINCIÓN. *Agrociencia, 53(3), 403-416.* <https://www.agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/1792>

Fahad, S., Nie, L., Chen, Y., Wu, C., Xiong, D., Saud, S., Hongyan, L., Cui, K., & Huang, J. (2015). Crop Plant Hormones and Environmental Stress. En E. Lichtfouse (Ed.), *Sustainable Agriculture Reviews: Volume 15* (pp. 371-400). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-09132-7\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-09132-7_10)

Farooq, M., Usman, M., Nadeem, F., Rehman, H. ur, Wahid, A., Basra, S. M. A., & Siddique, K. H. M. (2019). Seed priming in field crops: Potential benefits, adoption and challenges. *Crop and Pasture Science*, 70(9), 731-771. <https://doi.org/10.1071/CP18604>

Ferreira, L. de S., Oliveira, V. de S., Marchiori, J. J. de P., Ferreira, T. C., Bernabé, A. C. B., Boone, G. T. F., Pereira, L. L. dos S., & Carriço, E. (2023). The Nutrient Magnesium in Soil and Plant: A Review. *International Journal of Plant & Soil Science*, 35(8), 136-144. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2023/v35i82890>

Gabriel-Ortega, J., Chonillo Pionce, P., Narváez Campana, W., Fuentes Figueroa, T. R., & Ayón Villao, F. (2022). Evaluación de cuatro bioestimulantes en la inducción de la resistencia sistémica en pepino (*Cucumis sativus* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) en monocultivo y cultivo asociado en invernadero. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 13(2), 69-79. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9512022>

Galarza Ala, F. M., Choque, M., Sanca B., T., Chura Riven, R., Pacheco Cruz, R., & Santos S. (2022, mayo). *Plan territorial de desarrollo integral para vivir bien del municipio de Sipe Sipe 2021-2025*. <https://www.studocu.com/bo/document/universidad-villa-de-oropesa/eg-matematicas-contabilidad/ptdi-gam-de-sipe-sipe-2021-2025/100412350>

Gamboa Toledo, A. E., & Quezada León, V. M. (2021). *Evaluación fenológica y productiva de tres variedades de tomate de mesa (*Solanum lycopersicum*) bajo invernadero en loma larga, provincia del Azuay*. [Universidad de Cuenca]. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/37552/1/Trabajo%20de%20Titulacion.pdf>

García-López, J. I., Ruiz-Torres, N. A., Lira-Saldivar, R. H., Vera-Reyes, I., & Méndez-Argüello, B. (2016). *Técnicas para evaluar la germinación, vigor y calidad fisiológica*

de semillas sometidas a dosis de nanopartículas. <https://ciqa.repositoryinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/334/1/T%C3%A9cnicas%20Para%20Evaluar%20Germinaci%C3%B3n,%20Vigor%20y%20Calidad%20Fisiol%C3%B3gica%20de%20Semillas%20Sometidas%20a%20Dosis%20de%20Nanopart%C3%ADculas.pdf>

Garruña-Hernández, R., Latournerie-Moreno, L., Ayala-Garay, O., Santamaría, J. M., & Pinzón-López, L. (2014). Acondicionamiento pre-siembra: Una opción para incrementar la germinación de semillas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Agrociencia*, 48(4), 413-423. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1405-31952014000400006&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-31952014000400006&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

Google Earth. (2024). [https://earth.google.com/web/search/17%c2%b026%2725.40%e2%80%9d+S+66%c2%b020%2743.04%22W/@-17.43954047,-66.34370558,2548.08585949a,856.02170744d,35y,359.99999994h,0t,0r/data=CmgaOhI0GXsFs1O9cDHAIf9KnTYZlIDAKiAxN8KwMjYnMjUuNDDigJ0gUyA2NsKwMjAnNDMuMDQiVxgCIAEiJgokCdmE5N3oaDHAEbXCaTAbDHAGXWFP\\_2pk1DAIT9idt3iIVDAQgIIAToDCgEwQgIIAEoNCP\\_\\_\\_\\_\\_wEQAA](https://earth.google.com/web/search/17%c2%b026%2725.40%e2%80%9d+S+66%c2%b020%2743.04%22W/@-17.43954047,-66.34370558,2548.08585949a,856.02170744d,35y,359.99999994h,0t,0r/data=CmgaOhI0GXsFs1O9cDHAIf9KnTYZlIDAKiAxN8KwMjYnMjUuNDDigJ0gUyA2NsKwMjAnNDMuMDQiVxgCIAEiJgokCdmE5N3oaDHAEbXCaTAbDHAGXWFP_2pk1DAIT9idt3iIVDAQgIIAToDCgEwQgIIAEoNCP_____wEQAA)

Guzmán Guzmán, E. G. (2022). *Peletización de semillas de frijol “Tolupán rojo” inoculadas con micorrizas (Mycoral R)* [Proyecto esencial de graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/2785b4fb-da4e-4666-9d9c-b70978569135/content>

Guzman L., A., Corradini S., F., Martínez C., J. P., Allende C., M., Abarca R., P., Antúnez B., A., Salinas P., L., Olivares P., N., & Sepúlveda R., P. (2017). Manual de cultivo de tomate al aire libre. *Instituto de desarrollo agropecuario (INIA)*, 3.

<https://sacaba.gob.bo/images/wsacaba/pdf/libros/agronomia/Manual-Tomate-Aire-Libre.pdf>

Huanca Mamani, S. J. (2011). *Evaluacion de diez y siete variedades de tomate (Lycopersicum esculentum Mill.) en el rendimiento final de cosecha y post cosecha en el departamento de Chuquisaca* [Thesis].

<http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/10250>

INIAF, I. N. de I. A. y F., & CNPSH, C. N. de P. de S. de H. (2024). *Variedad de tomate INIAF Renacer.*

Instituto Nacional de Estadistica, I. (2024). Agricultura. INE.

<https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/agropecuaria/agricultura-cuadros-estadisticos/>

Javed, T., & Afzal, I. (2020). Impact of seed pelleting on germination potential, seedling growth and storage of tomato seed. *Acta Horticulturae*, 1273, 417-424.

<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1273.54>

Jyoti, B., Gaurav, S. S., & Pant, U. (2016). Use of growth regulators as priming agent for improvement of seed vigour in tomato (Lycopersicum esculentum). *Journal of Applied and Natural Science.*

<https://journals.ansfoundation.org/index.php/jans/article/view/752/708>

Kucera, B., Cohn, M. A., & Leubner-Metzger, G. (2005). Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. *Seed Science Research*, 15(4), 281-307.

<https://doi.org/10.1079/SSR2005218>

Laiton P., G. A., Almanza-Merchán, P. J., & Balaguera-López, H. E. (2012). Producción y calidad poscosecha de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) larga vida sometido a la aplicación de ácido giberélico. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 6(2), 183-195.

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2011-21732012000200007&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2011-21732012000200007&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

Lima, C. S. M., Betemps, D. L., Tomaz, Z. F. P., Galarça, S. P., & Rufato, A. D. R. (2009). Germinação de sementes e crescimento de maracujá em diferentes concentrações do ácido giberélico, tempos de imersão e condições experimentais. *Revista brasileira de agrociencia*, 15(1-4), 43-48. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5721969>

Marcano, G. S. R., Silva-Acuña, R., Mendoza, M. G., & Palomo-Bárcenas, S. (2023). Efecto de la inmersión y del sustrato sobre la germinación y longitud radicular en moringa. *Revista ESPAMC/ENCIA*, 14(1), 37-46. [https://doi.org/10.51260/revista\\_espmciencia.v14i1.371](https://doi.org/10.51260/revista_espmciencia.v14i1.371)

Martínez Solis, J., Virgen Vargas, J., Peña Ortega, M. G., & Santiago Romero, A. (2010). Índice de velocidad de emergencia en líneas de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(3), 289-304. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2007-09342010000300002&lng=es&nrm=iso&tlang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-09342010000300002&lng=es&nrm=iso&tlang=es)

Martirena-Ramírez, A., Veitia, N., Torres, D., Rivero, L., García, L. R., Collado, R., Ramírez-López, M., Martirena-Ramírez, A., Veitia, N., Torres, D., Rivero, L., García, L. R., Collado, R., & Ramírez-López, M. (2019). Longitud de la raíz: Indicador morfológico de la respuesta al estrés hídrico en Phaseolus vulgaris L. en casa de cultivo. *Biotecnología Vegetal*, 19(3), 225-233. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2074-86472019000300225&lng=es&nrm=iso&tlang=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2074-86472019000300225&lng=es&nrm=iso&tlang=es)

Mendoza-Pedroza, S. I., Méndez-Gaona, E., Pérez-Cruz, K. U., Hernández-Livera, A., Escalante-Estrada, J. A. S., & Domínguez-Martínez, P. A. (2023). TAMAÑO DE SEMILLA Y SU EFECTO SOBRE EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE Cajanus cajan (L.) Millsp. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 46(4A), 497. <https://doi.org/10.35196/rfm.2023.4A.497>

Mérida, C., Colque, M., & Mercado, H. (2014). Evaluación agronómica de 116 híbridos experimentales de tomate (F1) desarrollados por el INIAF, en el Instituto de Investigaciones Agrícolas El Vallecito, Santa Cruz. *Revista Científica de Investigación INFO-INIAF*, 1, 16. [http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2308-250X2014000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2308-250X2014000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

Moaaz Ali, M., Javed, T., Mauro, R. P., Shabbir, R., Afzal, I., & Yousef, A. F. (2020). Effect of Seed Priming with Potassium Nitrate on the Performance of Tomato. *Agriculture*, 10(11), 498. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110498>

Moore, J. (2018, octubre 13). *Peletización—Seed Dynamics*. <https://seeddynamics.com/technology/techniques/pelleting/?lang=es>

Morales Pizarro, A., Rivas Chero, A. A., Zapata Córdova, A. C., García Guevara, E., Ruesta López, M., & Peña-Castillo, R. (2023). Efecto de diferentes dosis de ácido giberélico en la germinación de papaya (*Carica papaya L.*) variedad criolla. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 39(3), Article 3. <https://doi.org/10.29393/CHJAA39-35EDAM60035>

Navarro, C., Cervantes, G., & Lázaro, O. (2008). Efecto de la escarificación de semillas en la germinación de dos especies de *Mammillaria*. *ResearchGate*, 12, 105. [https://www.researchgate.net/publication/273133674\\_Efecto\\_de\\_la\\_escarificacion\\_de\\_semillas\\_en\\_la\\_germinacion\\_de\\_dos\\_especies\\_de\\_Mammillaria](https://www.researchgate.net/publication/273133674_Efecto_de_la_escarificacion_de_semillas_en_la_germinacion_de_dos_especies_de_Mammillaria)

Nawaz, A., Amjad Pervez, M., & Afzal, I. (2011). *Effect of halopriming on germination and seedling vigor of tomato*. 6. <https://doi.org/10.5897/AJAR11.064>

Nolasco-Guzmán, V., Calyecac-Cortero, H. G., Muñoz-Orozco, A., Miranda-Rangel, A., & Cuevas-Sánchez, J. A. (2016). *Evaluación experimental de germinación y emergencia en semillas de piñón mexicano del Totonacapan*. 7(8).

[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342016000801959](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000801959)

Palafox Escobedo, S. S. (2012). *Priming para incrementar la calidad fisiológica de la semilla de chile ancho* [Universidad Autónoma de San Luis Potosí].  
<https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/3471>

Palma Soto, J. A., Parra Acosta, H., Orduño Cruz, N., Palma Soto, J. A., Parra Acosta, H., & Orduño Cruz, N. (2022). Análisis del ácido giberélico desde la cartografía conceptual con enfoque bioético y sustentable. *Acta universitaria*, 32.  
<https://doi.org/10.15174/au.2022.3420>

Paparella, S., Araújo, S. S., Rossi, G., Wijayasinghe, M., Carbonera, D., & Balestrazzi, A. (2015). Seed priming: State of the art and new perspectives. *Plant Cell Reports*, 34(8), 1281-1293. <https://doi.org/10.1007/s00299-015-1784-y>

Pedrini, S., Bhalsing, K., Cross, A. T., & Dixon, K. W. (2018). Protocol Development Tool (PDT) for seed encrusting and pelleting. *Ciencia y tecnología de semillas*, 46(2), 321-330. <https://doi.org/10.15258/sst.2018.46.2.21>

Perez, R. (2007). *Experiencias en la implementación de proyectos de producción orgánica de hortalizas: Estudio de casos en comunidades rurales de cabecera de valle del municipio de Sipe Sipe del departamento de Cochabamba, Bolivia*. Plural editores.  
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=nb1\\_rzco4WAC&oi=fnd&pg=PA4&dq=tipo+de+suelo+de+sipe+sipe&ots=Mwer3p5WX9&sig=3Um3EcP5T8AyxYP0lnK5Okj\\_tag#v=onepage&q=tipo%20de%20suelo%20de%20sipe%20sipe&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=nb1_rzco4WAC&oi=fnd&pg=PA4&dq=tipo+de+suelo+de+sipe+sipe&ots=Mwer3p5WX9&sig=3Um3EcP5T8AyxYP0lnK5Okj_tag#v=onepage&q=tipo%20de%20suelo%20de%20sipe%20sipe&f=false)

Pérez-Díaz, F., Arévalo-Galarza, Ma. D. L., Pérez-Flores, L. J., Lobato-Ortiz, R., & Ramírez-Guzmán, M. E. (2020). CRECIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS POSTCOSECHA DE FRUTOS DE GENOTIPOS NATIVOS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43(1), 89. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.1.89>

Pizarro, A. M., Chero, A. A. R., Córdova, A. C. Z., Guevara, E. G., López, M. R., & Peña-Castillo, R. (2023). EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE ÁCIDO GIBERÉLICO EN LA GERMINACIÓN DE PAPAYA (*Carica papaya L.*) VARIEDAD CRIOLLA. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 39(3), 392-400. <https://doi.org/10.29393/CHJAA39-35EDAM60035>

Prado-Urbina, G., Lagunes-Espinoza, L. del C., García-López, E., Bautista-Muñoz, C. del C., Camacho-Chiu, W., Mirafuentes G, F., & Aguilar-Rincón, V. H. (2015). Germinación de semillas de chiles silvestres en respuesta a tratamientos pre-germinativos. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 2(5), 139-149. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2007-90282015000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-90282015000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

Rocha, I., Ma, Y., Souza - Alonso, P., Vosátka, M., Freitas, H., & Oliveria, R. S. (2019). Recubrimiento de semillas: Una herramienta para introducir microbios beneficiosos en los cultivos agrícolas. *Frontiers in Plant Science en cursiva*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01357>

RuizGema, D. M. B., & Morrison, T. H. (2009). *Comportamiento de variables de crecimiento y rendimiento en Maíz (*Zea mays L.*) var. NB-6 bajo prácticas de fertilización orgánica y convencional en la finca El Plantel*. [Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/2090/1/tnf01b647.pdf>

Saberi Riseh, R., Gholizadeh Vazvani, M., Hassanisaadi, M., & Skorik, Y. A. (2023). Micro-/Nano-Carboxymethyl Cellulose as a Promising Biopolymer with Prospects in the Agriculture Sector: A Review. *Polymers*, 15(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/polym15020440>

Saldívar-Iglesias, P., Laguna-Cerda, A., Gutiérrez-Rodríguez, F., & Domínguez-Galindo, M. (2010). Ácido giberélico en la Germinación de semillas de *Jaltomata procumbens* (Cav.) J. L. Gentry. *Agronomía Mesoamericana*, 21(2), 327-331.

[http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1659-13212010000200012&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1659-13212010000200012&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

Sánchez, J. (2023, febrero). *Tierra de diatomeas: Qué es y para qué sirve - Descubre sus usos*. ecologiaverde.com. <https://www.ecologiaverde.com/tierra-de-diatomeas-que-es-y-para-que-sirve-1687.html>

Shah, S. H., Islam, S., Mohammad, F., & Siddiqui, M. H. (2023). Gibberellic Acid: A Versatile Regulator of Plant Growth, Development and Stress Responses. *Journal of Plant Growth Regulation*, 42(12), 7352-7373. <https://doi.org/10.1007/s00344-023-11035-7>

Sharma, P. (2020). *STUDIES ON SEED PRIMING, PELLETING AND CROP GEOMETRY IN CARROT (Daucus carota L.)* [Tesis doctoral]. UNIVERSIDAD DE HORTICULTURA Y FORESTAL YASHWANT SINGH PARMAR SOLAN.

Sikhao, P., Taylor, A. G., Marino, E. T., Catranis, C. M., & Siri, B. (2015). Development of seed agglomeration technology using lettuce and tomato as model vegetable crop seeds. *Scientia Horticulturae*, 184, 85-92. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.12.028>

Singh, N., Dept. of Seed Science and Technology, Dr. Yashwant Singh Parmar University of Horticulture and Forestry, Nauni, Solan, H.P. (173 230), India, Kaushal, R., Dept. of Soil Science and Water Management, Dr. Yashwant Singh Parmar University of Horticulture and Forestry, Nauni, Solan, H.P. (173 230), India, Mehta, D. K., Dept. of Seed Science and Technology, Dr. Yashwant Singh Parmar University of Horticulture and Forestry, Nauni, Solan, H.P. (173 230), India, Bhardwaj, R. K., & Dept. of Vegetable Science, Dr. Yashwant Singh Parmar University of Horticulture and Forestry, Nauni, Solan, H.P. (173 230), India. (2018). Effects of Seed Pelleting on Seed Quality of Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) During Storage. *International*

Journal of Economic Plants, 5(2), 076-079.  
<https://doi.org/10.23910/IJEP/2018.5.2.0237>

Sree Devi, K. (2014). *INFLUENCE OF SEED PRIMING ON SEEDLING QUALITY, PLANT PERFORMANCE AND YIELD IN TOMATO* [Acharya N. G. Ranga Agricultural University]. <https://krishikosh.egranth.ac.in/server/api/core/bitstreams/e32f2084-d1d6-4099-a49a-34945cdb2b4e/content>

Suo, R., Kulbir, S., You, F., Conner, R., Cober, E., Wang, M., & Hou, A. (2024). Low temperature and excess moisture affect seed germination of soybean (*Glycine max* L.) under controlled environments. *Canadian Journal of Plant Science*, 104(4), 375-387. <https://doi.org/10.1139/cjps-2023-0162>

Tiwari, T. N. (2022). Seed coating in pulses: An innovative approach for improving seed quality and crop performance. *Journal of Food Legumes*, 35(2), 81-88. <https://doi.org/10.59797/journaloffoodlegumes.v35i2.340>

Vendruscolo, E. P., Campos, L. F. C., Martins, A. P. B., & Seleguini, A. (2016). GA3 EM SEMENTES DE TOMATEIRO: EFEITOS NA GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MUDAS. *REVISTA DE AGRICULTURA NEOTROPICAL*, 3(4), 19-23. <https://doi.org/10.32404/rean.v3i4.1165>

Vermiduero. (2024). Dolomita en Agricultura Ecológica: Impulso para Suelo y Plantas. *VERMIDUERO*. <https://vermiduero.es/dolomita-en-agricultura-ecologica-un-impulso-natural-para-el-suelo-y-las-plantas/>

Wang, Q., Duan, Y., Huang, Y., Teng, Y., Li, C., Tao, Y., Lu, J., Du, J., & Wang, H. (2024). Multifunctional soybean protein isolate-graft-carboxymethyl cellulose composite as all-biodegradable and mechanically robust mulch film for “green” agriculture. *Carbohydrate Polymers*, 323, 121410. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2023.121410>

Zhang, K., Khan, Z., Yu, Q., Qu, Z., Liu, J., Luo, T., Zhu, K., Bi, J., Hu, L., & Luo, L. (2022). Biochar Coating Is a Sustainable and Economical Approach to Promote Seed Coating Technology, Seed Germination, Plant Performance, and Soil Health. *Plants*, 11(21), Article 21. <https://doi.org/10.3390/plants11212864>

Zhao, H., Zhou, F., Ma, C., Wei, Z., & Long, W. (2022). Bonding Mechanism and Process Characteristics of Special Polymers Applied in Pelletizing Binders. *Coatings*, 12(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/coatings12111618>

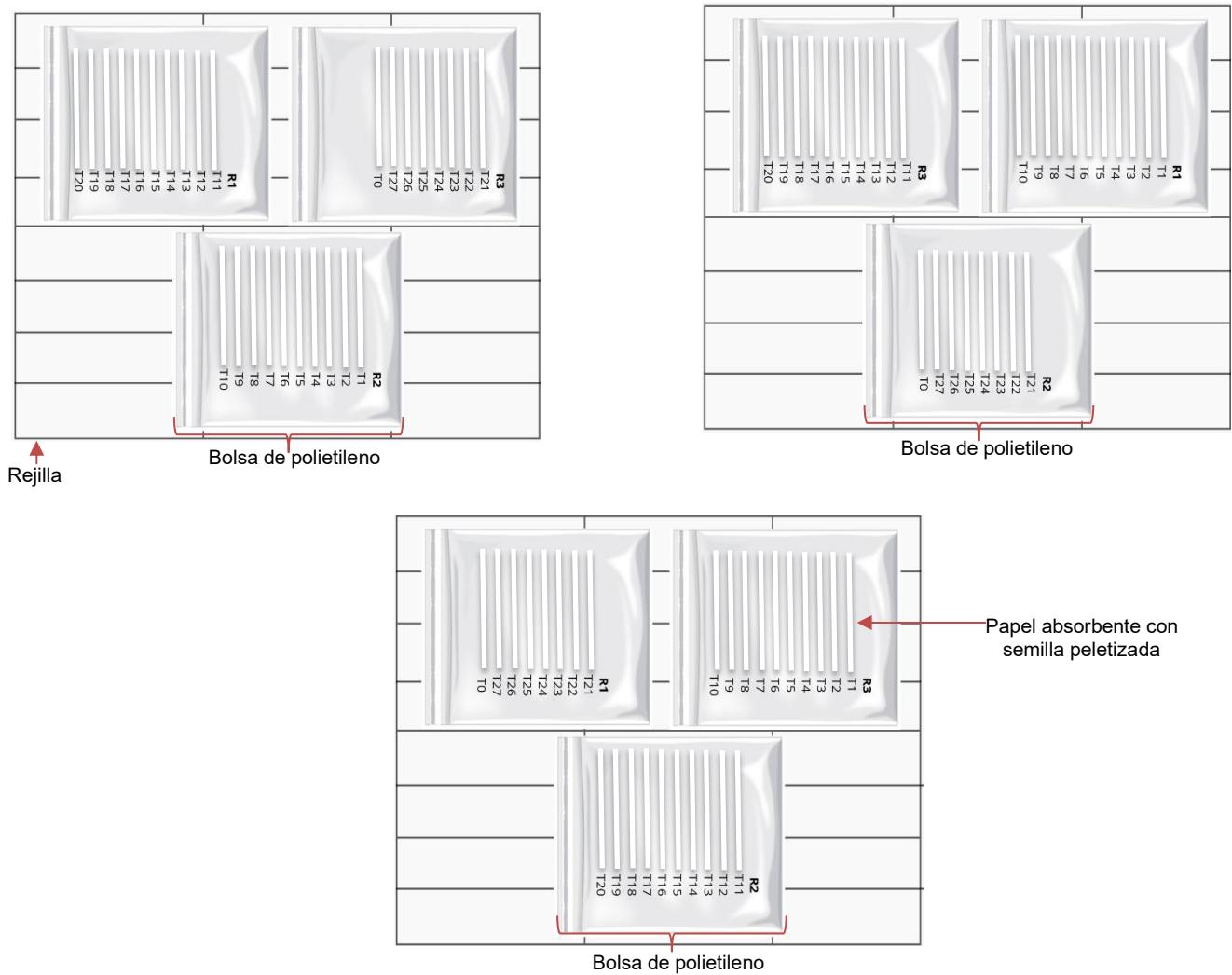
Zhao, M., Zhou, H., Hao, L., Yao Chen, H., & Zhou. (2024). A high-efficient nano pesticide-fertilizer combination fabricated by amino acid-modified cellulose based carriers | Request PDF. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.1002/ps.6655>

**8. ANEXOS**

### Anexo 1. Croquis de siembra en laboratorio con cajas Petri y papel absorbente.

REPETICIONES																	
TRATAMIENTOS		T27R1	T14R4	T5R3	T24R1	T16R2	T1R3	T22R2	T17R4	T11R1	T18R2	T22R4	T16R3	T25R3	T21R1	T1R4	T22R1
T3R2		T25R1	T19R4	T8R1	T15R3	T18R1	T20R3	T6R2	T1R2	T17R2	T19R3	T8R2	T8R4	T11R2	T5R1	T10R4	
T15R4		T18R4	T2R2	T4R1	T1R1	T27R2	T11R3	T24R4	T3R3	T5R2	T26R1	T27R4	T19R1	T14R2	T26R2	T6R4	
T23R1		T6R3	T26R4	T20R2	T21R3	T5R4	T9R2	T13R1	T20R4	T2R3	T25R2	T10R1	T2R1	T4R4	T7R3	T3R1	
T21R2		T7R4	T10R3	T9R4	T7R1	T12R3	T26R1	T19R2	T15R1	T9R3	T12R4	T23R2	T24R2	T23R4	T20R1	T27R3	
T12R2		T16R4	T13R3	T11R4	T25R4	T10R2	T3R4	T8R3	T7R2	T13R4	T24R3	T14R3	T17R1	T9R3	T1R1	T13R2	
T0		T1R1	T22R3	T17R3	T0	T23R3	T4R2	T2R4	T6R1	T4R3	T21R4	T0	T12R1	T18R3	T0	T15R2	

### Anexo 2. Croquis de siembra en laboratorio con bolsas de polietileno y papel absorbente.



**Anexo 3. Croquis de siembra en invernadero, en bandejas de almácigo y sustrato.**

Tratamientos																
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	
1								1								
2		T27		T14		2		T5		T24		2	T21		T7	
3						3						3			T9	
4						4						4				
5						5						5			T10	
6		T3		T25		6	T19		T8		T12		T16		T13	
7						7						7			T11	
8						8						8				
9						9						9				
10		T15		T18		10		T2		T4		10	T0		T1	
11						11						11			10	
12						12						12			11	
13						13						13			12	
14		T23		T6		14	T26			T20		14	T22		T17	
15						15						15			T14	
16						16						16			15	
Bloque 1																
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	
2		T16		T14		2		T22		T17		2	T7		T12	
3						3						3			T19	
4						4						4				
5						5						5				
6		T15		T18		6	T20		T6		6	T25			T8	
7						7						7			T3	
8						8						8				
9						9						9				
10		T1		T27		10	T11		T24		10	T0		T23		
11						11						11			10	
12						12						12			11	
13						13						13			12	
14		T21		T5		14	T9		T13		14	T4		T2		
15						15						15			T1	
16						16						16				
Bloque 2																
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	
2		T16		T14		2		T22		T17		2	T12		T26	
3						3						3			T19	
4						4						4				
5						5						5				
6		T15		T18		6	T20		T6		6	T25			T8	
7						7						7			T3	
8						8						8				
9						9						9				
10		T1		T27		10	T11		T24		10	T0		T23		
11						11						11			10	
12						12						12			11	
13						13						13			12	
14		T21		T5		14	T9		T13		14	T4		T2		
15						15						15			T1	
16						16						16				
Bloque 3																
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	
2		T11		T18		2		T22		T16		2	T15		T9	
3						3						3			T14	
4						4						4				
5						5						5				
6		T1		T17		6	T19		T8		6	T7		T13		
7						7						7			T0	
8						8						8				
9						9						9				
10		T3		T5		10	T26			T27		10	T6		T4	
11						11						11			T1	
12						12						12			T2	
13						13						13			T1	
14		T20		T2		14	T25			T10		14	T12		T23	
15						15						15				
16						16						16				

**Anexo 4. Primera formulación de peletizado.**

 <b>ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA</b>	<b>INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL (INIAF – CNPSH)</b>	
	<b>PROYECTO DE DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE HORTALIZAS EN REGIONES PRODUCTORAS DE BOLIVIA</b>	
<b>SEMILLA</b>	Tomate	
<b>VARIEDAD</b>	INIAF Renacer	
<b>CANTIDAD DE SEMILLA</b>	50 g de semilla del CNPSH - INIAF	
<b>FORMULACIÓN DE SOLIDOS PARA RECUBRIMIENTO DE SEMILLA</b>		
<b>Arcilla</b>	<b>Peso</b>	<b>%p/p</b>
Caolín	1387,5 g	92,5 %
Dolomita	37,5 g	2,5 %
Tierra de Diatomea	75 g	5 %
<b>Total</b>	1500 g	100%
<b>FORMULACIÓN DE LÍQUIDO PARA RECUBRIMIENTO DE SEMILLA</b>		
<b>Aglutinante</b>	<b>Volumen</b>	<b>% v/v</b>
Melaza de caña de azúcar	20 ml	4 %
Carboximetilcelulosa sódica	-	0 %
Agua destilada	480 ml	96 %
<b>FORMULACIÓN DE LÍQUIDO POLÍMERO DE RECUBRIMIENTO</b>		
<b>Aglutinante</b>	<b>Volumen</b>	<b>% v/v y % p/v</b>
Carboximetilcelulosa sódica	4 g	0,17 %
Colorante vegetal	3 g	0,1 %
Agua destilada	1 l	100 %

**Anexo 5. Segunda formulación de peletizado.**

 <b>ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA</b>	<b>INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL (INIAF – CNPSH)</b>	
	<b>PROYECTO DE DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE HORTALIZAS EN REGIONES PRODUCTORAS DE BOLIVIA</b>	
<b>SEMILLA</b>	Tomate	
<b>VARIEDAD</b>	INIAF Renacer	
<b>CANTIDAD DE SEMILLA</b>	50 g de semilla del CNPSH - INIAF	
<b>FORMULACIÓN DE SÓLIDOS PARA RECUBRIMIENTO DE SEMILLA</b>		
<b>Arcilla</b>	<b>Peso [g]</b>	<b>%p/p</b>
Caolín	1900 g	95 %
Dolomita	20 g	1 %
Tierra de Diatomea	80 g	4 %
<b>Total</b>	<b>2000 g</b>	<b>100%</b>
<b>FORMULACIÓN DE LÍQUIDO PARA RECUBRIMIENTO DE SEMILLA</b>		
<b>Aglutinante</b>	<b>Volumen</b>	<b>% v/v</b>
Melaza de caña de azúcar	35 ml	7 %
Carboximetilcelulosa sódica	-	0 %
Agua destilada	465 ml	93 %
<b>FORMULACIÓN DE LÍQUIDO POLÍMERO DE RECUBRIMIENTO</b>		
<b>Aglutinante</b>	<b>Volumen</b>	<b>% v/v y % p/v</b>
Carboximetilcelulosa sódica	7 g	0,23 %
Colorante vegetal	3 g	0,1 %
Agua destilada	1 l	100 %

**Anexo 6. Tercera formulación de peletizado.**

 <b>ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA</b>	<b>INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL (INIAF – CNPSH)</b>	 <b>INIAF</b> <small>Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal</small>
	<b>PROYECTO DE DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE HORTALIZAS EN REGIONES PRODUCTORAS DE BOLIVIA</b>	
<b>SEMILLA</b>	Tomate	
<b>VARIEDAD</b>	INIAF Renacer	
<b>CANTIDAD DE SEMILLA</b>	50 g de semilla del CNPSH - INIAF	
<b>FORMULACIÓN DE SÓLIDOS PARA RECUBRIMIENTO DE SEMILLA</b>		
<b>Arcilla</b>	<b>Peso [g]</b>	<b>% p/p</b>
Caolín	1950 g	97,5 %
Dolomita	10 g	0,5 %
Tierra de Diatomea	40 g	2 %
<b>Total</b>	2000 g	100%
<b>FORMULACIÓN DE LÍQUIDO PARA RECUBRIMIENTO DE SEMILLA</b>		
<b>Aglutinante</b>	<b>Volumen</b>	<b>% v/v</b>
Melaza de caña de azúcar	50 ml	0,1 %
Carboximetilcelulosa sódica	-	-
Agua destilada	450 ml	0,9 %
<b>FORMULACIÓN DE LÍQUIDO POLÍMERO DE RECUBRIMIENTO</b>		
<b>Aglutinante</b>	<b>Volumen</b>	<b>% v/v y % p/v</b>
Carboximetilcelulosa sódica	9 g	0,3 %
Colorante vegetal	3 g	0,11 %
Agua destilada	1 l	100 %

## Anexo 7. Costo parcial para T4.

COSTOS DE PRODUCCIÓN PELETIZADO DE SEMILLA DE TOMATE VARIEDAD INIAF RENACER				
Producto:	Tomate: Semilla peletizada (75 mgL <sub>1</sub> AG <sup>3</sup> + 18 horas de inmersión + Primera formulación de peletizado.			
Zona de Producción:	CNPSH	Costo total (Bs/ha):		169,53
Municipio:	SIPE SIPE	Costo prod. 1 g (Bs/g):		3,39
Cantidad de semilla (g)	50	Precio de venta (Bs/g semilla de tomate peletizada):		3,50
Cantidad de semilla peletizada	50g	Utilidad bruta (Bs/50g):		175,00
Campaña agrícola	2024	Beneficio/Costo		1,03
COSTOS FIJOS				
Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
ALQUILER DE LABORATORIO E INVERNADERO				
Laboratorio de fitopatología	Global	1,00	10,00	10,00
Invernadero	Global	1,00	5,00	5,00
Subtotal alquiler de laboratorio e invernadero (Bs.)				15,00
Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
ALQUIER DEL ÁREA DE RECUBRIMIENTO DE SEMILLAS DE HORTALIZAS				
Peletizadora	Global	1,00	5,00	5,00
Secadora	Global	1,00	5,00	5,00
Subtotal maquinaria y herramientas (Bs.)				10,00
Subtotal costos fijos (Bs)				25,00
COSTOS VARIABLES				
INSUMOS				
Semilla de tomate	g	50,00	1,4000	70,00
Caolín	g	1.387,50	0,0035	4,86
Dolomita	g	37,50	0,0025	0,09
Tierra de diatomeas	g	75,00	0,0030	0,23
Melaza de caña de azúcar	cc	20,00	0,0350	0,70
Agua destilada	cc	1.480,00	0,0010	1,48
Carboximetilcelulosa sódica	g	4,00	0,0250	0,10
Colorante vegetal	g	3,00	1,2500	3,75
Ácido Giberélico (98%)	mg	75,00	4,1600	11,25
Bolsas más etiquetas	Unidad	1,00	0,50	0,50
Subtotal Insumos (Bs.)				92,96
MANO DE OBRA				
Priming	Global	1,00	5,00	5,00
Peletizado	Global	1,00	5,00	5,00
Secado	Global	1,00	5,00	5,00

Embolsado	Global	1,00	5,00	5,00
<b>Subtotal mano de obra (Bs)</b>				<b>20,00</b>
<b>RECURSOS OPERATIVOS</b>				
Energía eléctrica	Global	1,00	1.000,00	10,00
Depreciación de los equipos (hora)				<b>11,57</b>
<b>Subtotal recursos operativos (Bs)</b>				<b>21,57</b>
<b>OTROS GASTOS</b>				
Imprevistos	Global	1,00	10,00	10,00
<b>Subtotal otros gastos (Bs)</b>				<b>10,00</b>
<b>Subtotal costos variables (Bs)</b>				<b>144,53</b>
<b>COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN (peletizado de 50 g de semilla de tomate INIAF Renacer) en Bs.</b>				<b>169,53</b>
<b>COSTO UNITARIO DE PRODUCCIÓN (Peletizado de 1 g de semilla de tomate variedad INIAF Renacer) en Bs.</b>				<b>3,39</b>

\* Dentro de laboratorios albergan todos los insumos y equipos requeridos para ejecutar este proyecto con precisión y eficacia. Estos espacios cuentan con instrumentos, reactivos como AG<sub>3</sub>, agua destilada, así como dispositivos de medición herramientas y elementos de protección personal que aseguran condiciones adecuadas para la investigación.

**Anexo 8. Costo parcial para T<sub>23</sub>.**

<b>COSTOS DE PRODUCCIÓN PELETIZADO DE SEMILLA DE TOMATE VARIEDAD INIAF RENACER</b>				
<b>Producto:</b>	Tomate: Semilla peletizada (125 mgL-1 AG3 + 18 horas de inmersión + Segunda formulación de peletizado).			
<b>Zona de Producción:</b>	CNPSH	<b>Costo total (Bs/ha):</b>		174,38
<b>Municipio:</b>	SIPE SIPE	<b>Costo prod. 1 g (Bs/g):</b>		3,49
<b>Cantidad de semilla (g)</b>	50	<b>Precio de venta (Bs/g semilla de tomate peletizada):</b>		3,50
<b>Cantidad de semilla peletizada</b>	50g	<b>Utilidad bruta (Bs/50g):</b>		175,00
<b>Campaña agrícola</b>	2024	<b>Beneficio/Costo</b>		1,00
<b>COSTOS FIJOS</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
<b>ALQUILER DE LABORATORIO E INVERNADERO*</b>				
Laboratorio de fitopatología	Global	1,00	10,00	10,00
Invernadero	Global	1,00	5,00	5,00
<b>Subtotal alquiler de laboratorio e invernadero (Bs.)</b>				15,00
<b>Descripción</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
<b>ALQUIER DEL ÁREA DE RECUBRIMIENTO DE SEMILLAS DE HORTALIZAS</b>				
Peletizadora	Global	1,00	5,00	5,00
Secadora	Global	1,00	5,00	5,00
<b>Subtotal maquinaria y herramientas (Bs)</b>				10,00
<b>Subtotal costos fijos (Bs)</b>				25,00
<b>COSTOS VARIABLES</b>				
<b>INSUMOS</b>				
Semilla de cebolla	g	50,00	1,4000	70,00
Caolín	g	1.900,00	0,0035	6,65
Dolomita	g	20,00	0,0025	0,05
Tierra de diatomeas	g	80,00	0,0030	0,24
Melaza de caña de azúcar	cc	35,00	0,0350	1,23
Agua destilada	cc	1.465,00	0,0010	1,47
Carboximetilcelulosa sódica	g	7,00	0,0250	0,18
Colorante vegetal	g	3,00	1,2500	3,75
Ácido Giberélico (98%)	mg	125,00	0,1500	18,75
Bolsas más etiquetas	Unidad	1	1	0,50
<b>Subtotal Insumos (Bs.)</b>				102,81
<b>MANO DE OBRA</b>				
Priming	Global	1,00	5,00	5,00
Peletizado	Global	1,00	5,00	5,00
Secado	Global	1,00	5,00	5,00

Embolsado	Global	1,00	5,00	5,00
<b>Subtotal mano de obra (Bs)</b>				<b>20,00</b>
<b>RECURSOS OPERATIVOS</b>				
Energía eléctrica	Global	1,00	1.000,00	10,00
Depreciación de los equipos (hora)				<b>11,57</b>
<b>Subtotal recursos operativos (Bs)</b>				<b>21,57</b>
<b>OTROS GASTOS</b>				
Imprevistos	Global	1,00	10,00	5,00
<b>Subtotal otros gastos (Bs)</b>				<b>5,00</b>
<b>Subtotal costos variables (Bs)</b>				<b>149,38</b>
<b>COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN (peletizado de 50 g de semilla de tomate INIAF Renacer) en Bs.</b>				<b>174,38</b>
<b>COSTO UNITARIO DE PRODUCCIÓN (Peletizado de 1 g de semilla de tomate variedad INIAF Renacer) en Bs.</b>				<b>3,49</b>

\* Dentro de laboratorios albergan todos los insumos y equipos requeridos para ejecutar este proyecto con precisión y eficacia. Estos espacios cuentan con instrumentos, reactivos como AG<sub>3</sub>, agua destilada, así como dispositivos de medición herramientas y elementos de protección personal que aseguran condiciones adecuadas para la investigación.

Anexo 9. Costo parcial para T<sub>25</sub>.

COSTOS DE PRODUCCIÓN PELETIZADO DE SEMILLA DE TOMATE VARIEDAD INIAF RENACER				
Producto:	Tomate: Semilla peletizada (125 mgL <sup>-1</sup> AG <sub>3</sub> + 24 horas de inmersión + Primera formulación de peletizado)			
Zona de Producción:	CNPSH	Costo total (Bs/ha):		172,03
Municipio:	SIPE SIPE	Costo prod. 1 g (Bs/g):		3,44
Cantidad de semilla (g)	50	Precio de venta (Bs/g semilla de tomate peletizada):		3,50
Cantidad de semilla peletizada	50g	Utilidad bruta (Bs/50g):		175,00
Campaña agrícola	2024	Beneficio/Costo		1,02
COSTOS FIJOS				
Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
ALQUILER DE LABORATORIO E INVERNADERO				
Laboratorio de fitopatología	Global	1,00	10,00	10,00
Invernadero	Global	1,00	5,00	5,00
Subtotal alquiler de laboratorio e invernadero (Bs.)				15,00
Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
ALQUIER DEL AREA DE RECOBRIMIENTO DE SEMILLAS DE HORTALIZAS				
Peletizadora	Global	1,00	5,00	5,00
Secadora	Global	1,00	5,00	5,00
Subtotal maquinaria y herramientas (Bs)				10,00
Subtotal costos fijos (Bs)				25,00
COSTOS VARIABLES				
INSUMOS				
Semilla de tomate	g	50,00	1,4000	70,00
Caolín	g	1.387,50	0,0035	4,86
Dolomita	g	37,50	0,0025	0,09
Tierra de diatomeas	g	75,00	0,0030	0,23
Melaza de caña de azúcar	ml	20,00	0,0350	0,70
Agua destilada	ml	1.480,00	0,0010	1,48
Carboximetilcelulosa sódica	g	4,00	0,0250	0,10
Colorante vegetal	g	3,00	1,2500	3,75
Ácido Giberélico (98%)	mg	125,00	0,1500	18,75
Bolsas más etiquetas	Unidad	1	1	0,50
Subtotal Insumos (Bs.)				100,46
MANO DE OBRA				
Priming	Global	1,00	5,00	5,00
Peletizado	Global	1,00	5,00	5,00
Secado	Global	1,00	5,00	5,00

Embolsado	Global	1,00	5,00	5,00
<b>Subtotal mano de obra (Bs)</b>				<b>20,00</b>
<b>RECURSOS OPERATIVOS</b>				
Energía eléctrica	Global	1,00	1.000,00	10,00
Depreciación de los equipos (hora)				<b>11,57</b>
<b>Subtotal recursos operativos (Bs)</b>				<b>21,57</b>
<b>OTROS GASTOS</b>				
Imprevistos	Global	1,00	10,00	5,00
<b>Subtotal otros gastos (Bs)</b>				<b>5,00</b>
<b>Subtotal costos variables (Bs)</b>				<b>147,03</b>
<b>COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN (peletizado de 50 g de semilla de tomate INIAF Renacer) en Bs.</b>				<b>172,03</b>
<b>COSTO UNITARIO DE PRODUCCIÓN (Peletizado de 1 g de semilla de tomate variedad INIAF Renacer) en Bs.</b>				<b>3,44</b>

\* Dentro de laboratorios albergan todos los insumos y equipos requeridos para ejecutar este proyecto con precisión y eficacia. Estos espacios cuentan con instrumentos, reactivos como AG<sub>3</sub>, agua destilada, así como dispositivos de medición herramientas y elementos de protección personal que aseguran condiciones adecuadas para la investigación.

Anexo 10. Costo parcial para T<sub>26</sub>.

COSTOS DE PRODUCCIÓN PELETIZADO DE SEMILLA DE TOMATE VARIEDAD INIAF RENACER				
Producto:	Tomate: Semilla peletizada (125 mgL-1 AG3 + 24 horas de inmersión + Segunda formulación de peletizado).			
Zona de Producción:	CNPSH	Costo total (Bs/ha):		174,38
Municipio:	SIPE SIPE	Costo prod. 1 g (Bs/g):		3,49
Cantidad de semilla (g)	50	Precio de venta (Bs/g semilla de tomate peletizada):		3,50
Cantidad de semilla peletizada	50g	Utilidad bruta (Bs/50g):		175,00
Campaña agrícola	2024	Beneficio/Costo		1,00
COSTOS FIJOS				
Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
ALQUILER DE LABORATORIO E INVERNADERO				
Laboratorio de fitopatología	Global	1,00	10,00	10,00
Invernadero	Global	1,00	5,00	5,00
Subtotal alquiler de laboratorio e invernadero (Bs.)				15,00
Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
ALQUIER DEL ÁREA DE RECUBRIMIENTO DE SEMILLAS DE HORTALIZAS				
Peletizadora	Global	1,00	5,00	5,00
Secadora	Global	1,00	5,00	5,00
Subtotal maquinaria y herramientas (Bs)				10,00
Subtotal costos fijos (Bs)				25,00
COSTOS VARIABLES				
INSUMOS				
Semilla de cebolla	g	50,00	1,4000	70,00
Caolín	g	1.900,00	0,0035	6,65
Dolomita	g	20,00	0,0025	0,05
Tierra de diatomeas	g	80,00	0,0030	0,24
Melaza de caña de azúcar	cc	35,00	0,0350	1,23
Agua destilada	cc	1.465,00	0,0010	1,47
Carboximetilcelulosa sódica	g	7,00	0,0250	0,18
Colorante vegetal	g	3,00	1,2500	3,75
Ácido Giberélico (98%)	mg	125,00	0,1500	18,75
Bolsas más etiquetas	Unidad	1	1	0,50
Subtotal Insumos (Bs.)				102,81
MANO DE OBRA				
Priming	Global	1,00	5,00	5,00
Peletizado	Global	1,00	5,00	5,00
Secado	Global	1,00	5,00	5,00
Embosado	Global	1,00	5,00	5,00

<b>Subtotal mano de obra (Bs)</b>				<b>20,00</b>
<b>RECURSOS OPERATIVOS</b>				
Energía eléctrica	Global	1,00	1.000,00	10,00
Depreciación de los equipos (hora)				<b>11,57</b>
<b>Subtotal recursos operativos (Bs)</b>				<b>21,57</b>
<b>OTROS GASTOS</b>				
Imprevistos	Global	1,00	5,00	5,00
<b>Subtotal otros gastos (Bs)</b>				<b>5,00</b>
<b>Subtotal costos variables (Bs)</b>				<b>149,38</b>
<b>COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN (peletizado de 50 g de semilla de tomate INIAF Renacer) en Bs.</b>				<b>174,38</b>
<b>COSTO UNITARIO DE PRODUCCIÓN (Peletizado de 1 g de semilla de tomate variedad INIAF Renacer) en Bs.</b>				<b>3,49</b>

\*Dentro de laboratorios albergan todos los insumos y equipos requeridos para ejecutar este proyecto con precisión y eficacia. Estos espacios cuentan con instrumentos, reactivos como AG<sub>3</sub>, agua destilada, así como dispositivos de medición herramientas y elementos de protección personal que aseguran condiciones adecuadas para la investigación.

**Anexo 11. Prueba de comparación de medias para el Testigo\*Factorial, para la variable porcentaje de germinación (Primera fase).**

Tratamientos	Promedio	Duncan (0,05%)
Testigo	61,042	A
Factorial	46,420	B

**Anexo 12. Prueba de comparación de medias de Duncan para el Factor A: Nivel de AG<sub>3</sub>, para la variable porcentaje de germinación (Primera fase).**

Factor A: Nivel de AG <sub>3</sub>	Promedio	Duncan (0,05%)
a2 (100mgL <sup>-1</sup> )	52,222	A
a1(75 mgL <sup>-1</sup> )	42,010	B
a3(125 mgL <sup>-1</sup> )	32,726	C

**Anexo 13. Prueba de comparación de medias de Duncan para el Factor B: Tiempo de inmersión, para la variable porcentaje de germinación (Primera fase).**

Factor B: Tiempo de inmersión	Promedio	Duncan (0,05%)
b1 (12 horas)	45,723	A
b3 (24 horas)	44,099	AB
b2 (18 horas)	37,136	B

**Anexo 14. Prueba de comparación de medias para el Factor C: Formulación de peletizado, para la variable porcentaje de germinación (Primera fase).**

Factor C: Formulación de peletizado	Promedio	Duncan (0,05%)
c <sub>1</sub> (Primera formulación)	61,042	A
c <sub>2</sub> (Segunda formulación)	46,420	B
c <sub>3</sub> (Tercera formulación)	19,496	C

**Anexo 15. Prueba de comparación de medias para el Testigo\*Factorial para la variable índice de velocidad de germinación (Primera fase).**

Tratamiento	Promedio	Duncan (0,05%)
Testigo	16,750	A
Factorial	6,100	B

**Anexo 16. Prueba de comparación de medias para el Factor A: Nivel de AG<sub>3</sub>, para la variable índice de velocidad de germinación (Primera fase).**

Factor A: Nivel de AG <sub>3</sub>	Promedio	Duncan (0,05%)
a <sub>2</sub> (100mgL <sup>-1</sup> )	7,462	A
a <sub>1</sub> (75 mgL <sup>-1</sup> )	5,981	B
a <sub>3</sub> (125 mgL <sup>-1</sup> )	4,856	C

**Anexo 17. Prueba de comparación de medias para el Factor B: Tiempo de inmersión, para la variable índice de velocidad de germinación (Primera fase).**

Factor B: Tiempo de inmersión	Promedio	Duncan (0,05%)
b <sub>1</sub> (12 horas)	6,690	A
b <sub>3</sub> (24 horas)	6,301	AB
b <sub>2</sub> (18 horas)	5,308	B

**Anexo 18. Prueba de comparación de medias para el Factor C: Formulación de peletizado, para la variable índice de velocidad de germinación (Primera fase).**

<b>Factor C: Formulación de peletizado</b>	<b>Promedio</b>	<b>Duncan (0,05%)</b>
c <sub>1</sub> (Primera formulación)	8,945	A
c <sub>2</sub> (Segunda formulación)	6,455	B
c <sub>3</sub> (Tercera formulación)	2,896	C

**Anexo 19. Efectos simples para la triple interacción del Factor A: Nivel de AG<sub>3</sub> dentro de factor B: Tiempo de inmersión y Factor C: Formulación de peletizado, para la variable índice de velocidad de germinación (Primera fase).**

Factor A	Factor B	Factor C	Estimador	Error estándar	Grados de libertad	Estadístico t	Valor de p	Sig.	
a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>		1,819	1,53	54	1,192	0,463	NS	
a <sub>1</sub>	a <sub>3</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>	3,489	1,53	54	2,286	0,066	NS
a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>			1,670	1,53	54	1,094	0,522	NS
a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>			-0,320	1,53	54	-0,210	0,976	NS
a <sub>1</sub>	a <sub>3</sub>	b <sub>2</sub>	c <sub>1</sub>	4,556	1,53	54	2,985	0,001	*
a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>			4,877	1,53	54	3,195	0,007	*
a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>			-1,919	1,53	54	-1,257	0,425	NS
a <sub>1</sub>	a <sub>3</sub>	b <sub>3</sub>	c <sub>1</sub>	0,682	1,53	54	0,447	0,896	NS
a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>			2,601	1,53	54	1,704	0,213	NS
a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>			1,100	1,53	54	0,721	0,753	NS
a <sub>1</sub>	a <sub>3</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	-0,720	1,53	54	-0,471	0,885	NS
a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>			-1,820	1,53	54	-1,192	0,463	NS
a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>			0,508	1,53	54	0,333	0,941	NS
a <sub>1</sub>	a <sub>3</sub>	b <sub>2</sub>	c <sub>2</sub>	2,685	1,53	54	1,759	0,193	NS
a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>			2,177	1,53	54	1,426	0,335	NS
a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>			-6,343	1,53	54	-4,156	<0,001	*
a <sub>1</sub>	a <sub>3</sub>	b <sub>3</sub>	c <sub>2</sub>	0,588	1,53	54	0,385	0,922	NS
a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>			6,931	1,53	54	4,541	<0,001	*
a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>			-4,427	1,53	54	-2,900	0,015	*
a <sub>1</sub>	a <sub>3</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>3</sub>	-1,388	1,53	54	-0,909	0,637	NS
a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>			3,039	1,53	54	1,991	0,124	NS
a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>			-3,484	1,53	54	-2,282	0,067	NS
a <sub>1</sub>	a <sub>3</sub>	b <sub>2</sub>	c <sub>3</sub>	-1,301	1,53	54	-0,852	0,672	NS
a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>			2,182	1,53	54	1,430	0,333	NS
a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>			-0,262	1,53	54	-0,171	0,984	NS
a <sub>1</sub>	a <sub>3</sub>	b <sub>3</sub>	c <sub>3</sub>	1,537	1,53	54	1,007	0,576	NS
a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>			1,798	1,53	54	1,178	0,471	NS

**Nota:** 0 \*\*\* 0,001 \*\*\* 0,01 \*\* 0,05 \* 0,1 ' 1. NS: no significativo; Sig.= Significancia; Factor A= Nivel de AG<sub>3</sub>; a1= 75 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; a2= 100 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; a3= 125 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; Factor B= Tiempo de inmersión; b1= 12 horas; b2= 18 horas; b3= 24 horas; Factor C= Formulación de peletizado; c1= Primera formulación; c2=Segunda formulación; c3= Tercera formulación.

**Anexo 20. Efectos simples para la triple interacción del Factor B: Tiempo de inmersión dentro del Factor A: Nivel de AG<sub>3</sub> y Factor C: Formulación de peletizado, para la variable índice de velocidad de germinación (Primera fase).**

Factor B	Factor A	Factor C	Estimador	Error estándar	Grados de libertad	Estadístico t	Valor de p	Sig.	
b1	b2		2,200	1,53	54	1,441	0,327	NS	
b1	b3	a1	c1	2,441	1,53	54	1,599	0,255	NS
b2	b3		0,241	1,53	54	0,158	0,986	NS	
b1	b2		0,060	1,53	54	0,039	0,999	NS	
b1	b3	a2	c1	-1,297	1,53	54	-0,850	0,674	NS
b2	b3		-1,357	1,53	54	-0,889	0,649	NS	
b1	b2		3,267	1,53	54	2,140	0,091	NS	
b1	b3	a3	c1	-0,366	1,53	54	-0,240	0,969	NS
b2	b3		-3,633	1,53	54	-2,380	0,054	NS	
b1	b2		0,579	1,53	54	-0,379	0,924	NS	
b1	b3	a1	c2	1,749	1,53	54	1,146	0,491	NS
b2	b3		2,328	1,53	54	1,525	0,287	NS	
b1	b2		-1,171	1,53	54	-0,767	0,725	NS	
b1	b3	a2	c2	-5,694	1,53	54	-3,730	0,001	**
b2	b3		-4,523	1,53	54	-2,963	0,012	**	
b1	b2		2,826	1,53	54	1,851	0,163	NS	
b1	b3	a3	c2	3,057	1,53	54	2,003	0,121	NS
b2	b3		0,231	1,53	54	0,151	0,987	NS	
b1	b2		1,602	1,53	54	1,049	0,549	NS	
b1	b3	a1	c3	-1,158	1,53	54	-0,758	0,729	NS
b2	b3		-2,759	1,53	54	-1,808	0,177	NS	
b1	b2		2,545	1,53	54	1,667	0,227	NS	
b1	b3	a2	c3	3,008	1,53	54	1,970	0,129	NS
b2	b3		0,463	1,53	54	0,303	0,951	NS	
b1	b2		1,689	1,53	54	1,106	0,514	NS	
b1	b3	a3	c3	1,767	1,53	54	1,158	0,483	NS
b2	b3		0,079	1,53	54	0,052	0,999	NS	

**Nota:** 0 \*\*\* 0,001 \*\* 0,01 \* 0,05 . 0,1 ' 1. NS: no significativo; Sig.= Significancia; Factor A= Nivel de AG<sub>3</sub>; a1= 75 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; a2= 100 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; a3= 125 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; Factor B= Tiempo de inmersión; b1= 12 horas; b2= 18 horas; b3= 24 horas; Factor C= Formulación de peletizado; c1= Primera formulación; c2=Segunda formulación; c3= Tercera formulación.

**Anexo 21. Efectos simples para la triple interacción Factor C: Formulación de peletizado dentro del Factor A: Nivel de AG<sub>3</sub> y Factor B: Tiempo de inmersión, para la variable índice de velocidad de germinación (Primera fase).**

Factor C	Factor A	Factor B	Estimador	Error estándar	Grados de libertad	Estadístico t	Valor de p	Sig.
c1 c2			4,808	1,53	54	3,150	0,007	**
c1 c3	a1	b1	9,407	1,53	54	6,163	<0,0001	***
c2 c3			4,599	1,53	54	3,013	0,011	**
c1 c2			4,088	1,53	54	2,678	0,026	*
c1 c3	a2	b1	3,161	1,53	54	2,071	0,106	NS
c2 c3			-0,927	1,53	54	-0,607	0,817	NS
c1 c2			0,599	1,53	54	0,392	0,919	NS
c1 c3	a3	b1	4,300	1,53	54	2,968	0,012	**
c2 c3			3,931	1,53	54	2,575	0,034	**
c1 c2			2,029	1,53	54	1,329	0,386	NS
c1 c3	a1	b2	8,809	1,53	54	5,771	<0,0001	***
c2 c3			6,780	1,53	54	4,442	0,0001	***
c1 c2			2,857	1,53	54	1,872	0,157	NS
c1 c3	a2	b2	5,646	1,53	54	3,698	0,002	**
c2 c3			2,788	1,53	54	1,827	0,171	NS
c1 c2			0,157	1,53	54	0,103	0,994	NS
c1 c3	a3	b2	2,951	1,53	54	1,933	0,139	NS
c2 c3			2,764	1,53	54	1,830	0,169	NS
c1 c2			4,115	1,53	54	2,696	0,025	**
c1 c3	a1	b3	5,808	1,53	54	3,805	0,001	**
c2 c3			1,693	1,53	54	1,109	0,513	NS
c1 c2			-0,309	1,53	54	-0,203	0,978	NS
c1 c3	a2	b3	7,466	1,53	54	4,891	<0,0001	***
c2 c3			7,775	1,53	54	5,093	<0,0001	***
c1 c2			4,022	1,53	54	2,635	0,029	*
c1 c3	a3	b3	6,663	1,53	54	4,365	0,0002	***
c2 c3			2,642	1,53	54	1,731	0,203	NS

**Nota:** 0 \*\*\*\*, 0,001 \*\*, 0,01 \*, 0,05 ., 0,1 ' 1. NS: no significativo; Sig.= Significancia; Factor A= Nivel de AG<sub>3</sub>; a1= 75 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; a2= 100 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; a3= 125 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; Factor B= Tiempo de inmersión; b1= 12 horas; b2= 18 horas; b3= 24 horas; Factor C= Formulación de peletizado; c1= Primera formulación; c2=Segunda formulación; c3= Tercera formulación.

**Anexo 22. Prueba de comparación de medias para el Testigo\*Factorial, para la variable días a la germinación (Primera fase).**

Tratamiento	Promedio	Duncan (0,05%)
Testigo	85,650	A
Factorial	42,320	B

**Anexo 23. Prueba de comparación de medias del Factor C: Formulación de peletizado, para la variable días a la germinación (Primera fase).**

Factor C: Formulación de peletizado	Promedio	Duncan (0,05%)
c1 (Primera formulación)	6,704	A
c2 (Segunda formulación)	5,519	A
c3 (Tercera formulación)	6,333	A

**Anexo 24. Efecto simple para la triple interacción del Factor A: Nivel de AG<sub>3</sub>\*Factor B: Tiempo de inmersión\*Factor C: Formulación de peletizado, para la variable días a la germinación (Primera fase).**

Factor A	Factor B	Factor C	Estimador	Error estándar	Grados de libertad	Estadístico t	Valor de p	Sig.
a1 a2			-0,333	1,31	54	-0,254	0,965	NS
a1 a3	b1	c1	-2,000	1,31	54	-1,521	0,289	NS
a2 a3			-1,667	1,31	54	-1,268	0,419	NS
a1 a2			-0,333	1,31	54	-0,254	0,965	NS
a1 a3	b2	c1	1,333	1,31	54	1,014	0,571	NS
a2 a3			1,667	1,31	54	1,268	0,419	NS
a1 a2			1,333	1,31	54	1,014	0,571	NS
a1 a3	b3	c1	-1,333	1,31	54	-1,014	0,571	NS
a2 a3			-2,677	1,31	54	-2,028	0,115	NS
a1 a2			1,333	1,31	54	1,014	0,571	NS
a1 a3	b1	c2	1,667	1,31	54	1,268	0,419	NS
a2 a3			0,333	1,31	54	0,254	0,965	NS
a1 a2			-2,000	1,31	54	-1,521	0,289	NS
a1 a3	b2	c2	2,000	1,31	54	1,521	0,010	**
a2 a3			4,000	1,31	54	3,043	0,965	NS
a1 a2			0,333	1,31	54	0,254	0,965	NS
a1 a3	b3	c2	-1,000	1,31	54	-0,761	0,729	NS
a2 a3			1,000	1,31	54	-1,014	0,571	NS
a1 a2			3,000	1,31	54	2,282	0,067	NS
a1 a3	b1	c3	3,333	1,31	54	2,535	0,037	*
a2 a3			0,333	1,31	54	0,254	0,965	NS
a1 a2			4,333	1,31	54	3,296	0,005	**
a1 a3	b2	c3	4,333	1,31	54	3,296	0,005	**
a2 a3			0,000	1,31	54	0,000	1,000	NS
a1 a2			-0,333	1,31	54	-0,254	0,965	NS
a1 a3	b3	c3	1,333	1,31	54	1,014	0,571	NS
a2 a3			1,667	1,31	54	1,268	0,419	NS

**Nota:** 0 \*\*\* 0,001 \*\*\* 0,01 \*\* 0,05 \* 0,1 ' 1. NS: no significativo; Sig.= Significancia; Factor A= Nivel de AG<sub>3</sub>; a1= 75 mgL<sup>-1</sup>; a2= 100 mgL<sup>-1</sup>; a3= 125 mgL<sup>-1</sup>; Factor B= Tiempo de inmersión; b1= 12 horas; b2= 18 horas; b3= 24 horas; Factor C= Formulación de peletizado; c1= Primera formulación; c2=Segunda formulación; c3= Tercera formulación.

**Anexo 25. Efecto simple para la triple interacción del Factor B: Tiempo de inmersión\*Factor A: Nivel de AG<sub>3</sub>\*Factor C: Formulación de peletizado, para la variable días a la germinación (Primera fase).**

Factor B	Factor A	Factor C	Estimador	Error estándar	Grados de libertad	Estadístico t	Valor de p	Sig.
b1 b2			-2,000	1,31	54	-1,521	0,289	NS
b1 b3	a1	c1	-1,667	1,31	54	-1,268	0,419	NS
b2 b3			0,333	1,31	54	0,254	0,965	NS
b1 b2			-2,000	1,31	54	-1,521	0,289	NS
b1 b3	a2	c1	0,000	1,31	54	0,000	1,000	NS
b2 b3			2,000	1,31	54	1,521	0,289	NS
b1 b2			1,333	1,31	54	1,014	0,571	NS
b1 b3	a3	c1	-1,000	1,31	54	-0,761	0,729	NS
b2 b3			-2,333	1,31	54	-1,775	0,188	NS
b1 b2			2,000	1,31	54	1,521	0,289	NS
b1 b3	a1	c2	0,667	1,31	54	0,507	0,868	NS
b2 b3			-1,333	1,31	54	-1,014	0,571	NS
b1 b2			-1,333	1,31	54	-1,014	0,571	NS
b1 b3	a2	c2	-0,333	1,31	54	-0,254	0,965	NS
b2 b3			1,000	1,31	54	0,761	0,729	NS
b1 b2			2,333	1,31	54	1,775	0,188	NS
b1 b3	a3	c2	-2,000	1,31	54	-1,521	0,289	NS
b2 b3			-4,333	1,31	54	-3,296	0,005	**
b1 b2			0,000	1,31	54	0,000	1,0000	NS
b1 b3	a1	c3	2,667	1,31	54	2,028	0,115	NS
b2 b3			2,667	1,31	54	2,028	0,115	NS
b1 b2			1,333	1,31	54	1,014	0,571	NS
b1 b3	a2	c3	-0,667	1,31	54	-0,507	0,868	NS
b2 b3			-2,000	1,31	54	-1,521	0,289	NS
b1 b2			1,000	1,31	54	0,761	0,729	NS
b1 b3	a3	c3	0,667	1,31	54	0,507	0,868	NS
b2 b3			-0,333	1,31	54	-0,254	0,965	NS

**Nota:** 0 \*\*\*\* 0,001 \*\*\* 0,01 \*\* 0,05 . 0,1 ' 1. NS: no significativo; Sig.= Significancia; Factor A= Nivel de AG<sub>3</sub>; a1= 75 mgL<sup>-1</sup>; a2= 100 mgL<sup>-1</sup>; a3= 125 mgL<sup>-1</sup>; Factor B= Tiempo de inmersión; b1= 12 horas; b2= 18 horas; b3= 24 horas; Factor C= Formulación de peletizado; c1= Primera formulación; c2=Segunda formulación; c3= Tercera formulación.

**Anexo 26. Efecto simple para la triple interacción del Factor C: Formulación de peletizado\*Factor A: Nivel de AG<sub>3</sub>\*Factor B: Tiempo de inmersión, para la variable días a la germinación (Primera fase).**

Factor C	Factor A	Factor B	Estimador	Error estándar	Grados de libertad	Estadístico t	Valor de p	Sig.
c1 c2			-2,333	1,31	54	-1,775	0,188	NS
c1 c3	a1	b1	-3,667	1,31	54	-2,789	0,020	**
c2 c3			-1,333	1,31	54	-1,014	0,571	NS
c1 c2			-0,667	1,31	54	-0,507	0,868	NS
c1 c3	a2	b1	-0,333	1,31	54	-0,254	0,965	NS
c2 c3			0,333	1,31	54	0,254	0,965	NS
c1 c2			1,333	1,31	54	1,014	0,571	NS
c1 c3	a3	b1	1,667	1,31	54	1,268	0,414	NS
c2 c3			0,333	1,31	54	0,254	0,965	NS
c1 c2			1,667	1,31	54	1,268	0,419	NS
c1 c3	a1	b2	-1,667	1,31	54	-1,268	0,419	NS
c2 c3			-3,333	1,31	54	-2,535	0,037	*
c1 c2			0,000	1,31	54	0,000	1,000	NS
c1 c3	a2	b2	3,000	1,31	54	2,282	0,067	NS
c2 c3			3,000	1,31	54	2,282	0,067	NS
c1 c2			2,333	1,31	54	1,775	0,188	NS
c1 c3	a3	b2	1,333	1,31	54	1,014	0,571	NS
c2 c3			-1,000	1,31	54	-0,761	0,729	NS
c1 c2			0,000	1,31	54	0,000	1,000	NS
c1 c3	a1	b3	0,667	1,31	54	0,507	0,868	NS
c2 c3			0,667	1,31	54	0,507	0,868	NS
c1 c2			-1,000	1,31	54	-0,761	0,729	NS
c1 c3	a2	b3	-1,000	1,31	54	-0,761	0,729	NS
c2 c3			0,000	1,31	54	0,000	1,000	NS
c1 c2			0,333	1,31	54	0,254	0,965	NS
c1 c3	a3	b3	3,333	1,31	54	2,535	0,037	NS
c2 c3			3,000	1,31	54	2,282	0,067	NS

**Nota:** 0 \*\*\* 0,001 \*\* 0,01 \* 0,05 . 0,1 ' 1. NS: no significativo; Sig.= Significancia; Factor A= Nivel de AG<sub>3</sub>; a1= 75 mgL<sup>-1</sup>; a2= 100 mgL<sup>-1</sup>; a3= 125 mgL<sup>-1</sup>; Factor B= Tiempo de inmersión; b1= 12 horas; b2= 18 horas; b3= 24 horas; Factor C= Formulación de peletizado; c1= Primera formulación; c2=Segunda formulación; c3=Tercera formulación.

**Anexo 27. Prueba de comparación de medias Testigo\*Factorial, para la variable uniformidad de germinación (Primera fase).**

Tratamientos	Promedio	Duncan (0,05%)
Testigo	85,650	A
Factorial	42,320	B

**Anexo 28. Efectos simples para la doble interacción Factor B: Tiempo de inmersión\*Factor C: Formulación de peletizado, para la variable uniformidad de germinación (Primera fase).**

Factor B	Factor C	Estimador	Error estándar	Grados de libertad	Estadístico t	Valor de p	Sig.
b1	b2		1,222	0,474	72	2,581	0,032 *
b1	b3	c1	1,111	0,474	72	2,346	0,056 NS
b2	b3		-0,111	0,474	72	-0,235	0,970 NS
b1	b2		-0,111	0,474	72	-0,235	0,970 NS
b1	b3	c2	0,000	0,474	72	0,000	1,000 NS
b2	b3		0,111	0,474	72	0,235	0,970 NS
b1	b2		-0,556	0,474	72	-1,173	0,473 NS
b1	b3	c3	-1,111	0,474	72	-2,346	0,056 NS
b2	b3		-0,556	0,474	72	-1,173	0,473 NS

**Nota:** 0 \*\*\* 0,001 \*\* 0,01 \* 0,05 . 0,1 . 1. NS: no significativo; Sig.= Significancia; Factor B= Tiempo de inmersión; b1= 12 horas; b2= 18 horas; b3= 24 horas; Factor C= Formulación de peletizado; c1= Primera formulación; c2=Segunda formulación; c3= Tercera formulación.

**Anexo 29. Prueba de comparación de medias para el Testigo\*Factorial, para la variable longitud de raíz en mm. (Primera fase).**

Tratamiento	Promedio	Duncan (0,05%)
Testigo	85,650	A
Factorial	42,320	B

**Anexo 30. Prueba de comparación de medias del Factor C: Formulación de peletizado, para la variable longitud de raíz en mm. (Primera fase).**

Factor C: Formulación de peletizado	Promedio	Duncan (0,05%)
c1 (Primera formulación)	51,130	A
c2 (Segunda formulación)	48,218	AB
c3 (Tercera formulación)	43,233	B

**Anexo 31. Efectos simples para la triple interacción del Factor A: Nivel de AG<sub>3</sub>, dentro del Factor B: Tiempo de inmersión y Factor C: Formulación de peletizado para la variable de longitud de raíz en mm., (Primera fase).**

Factor A	Factor B	Factor C	Estimador	Error estándar	Grados de libertad	Estadístico t	Valor de p	Sig.
a1 a2			-0,250	9,42	54	-0,027	0,999	NS
a1 a3	b1	c1	-1,670	9,42	54	-0,177	0,983	NS
a2 a3			-1,420	9,42	54	-0,150	0,988	NS
a1 a2			11,420	9,42	54	1,212	0,451	NS
a1 a3	b2	c1	16,170	9,42	54	1,712	0,209	NS
a2 a3			4,750	9,42	54	0,504	0,870	NS
a1 a2			-13,670	9,42	54	-1,451	0,323	NS
a1 a3	b3	c1	4,330	9,42	54	0,460	0,890	NS
a2 a3			18,000	9,42	54	1,911	0,145	NS
a1 a2			-9,750	9,42	54	-1,035	0,558	NS
a1 a3	b1	c2	-13,250	9,42	54	-1,407	0,345	NS
a2 a3			-3,500	9,42	54	-0,372	0,927	NS
a1 a2			4,080	9,42	54	0,433	0,902	NS
a1 a3	b2	c2	10,000	9,42	54	1,062	0,542	NS
a2 a3			5,920	9,42	54	0,628	0,805	NS
a1 a2			-12,820	9,42	54	-1,361	0,368	NS
a1 a3	b3	c2	-8,470	9,42	54	-0,899	0,643	NS
a2 a3			4,350	9,42	54	0,462	0,889	NS
a1 a2			6,670	9,42	54	0,708	0,760	NS
a1 a3	b1	c3	4,580	9,42	54	0,487	0,878	NS
a2 a3			-2,080	9,42	54	-0,221	0,973	NS
a1 a2			-38,420	9,42	54	-4,078	0,0004	*
a1 a3	b2	c3	-20,250	9,42	54	-2,150	0,089	NS
a2 a3			18,170	9,42	54	1,928	0,141	NS
a1 a2			5,670	9,42	54	0,602	0,820	NS
a1 a3	b3	c3	12,650	9,42	54	1,343	0,378	NS
a2 a3			6,980	9,42	54	0,741	0,740	NS

**Nota:** 0 \*\*\*\*, 0,001 \*\*, 0,01 \*, 0,05 ., 0,1 ' 1. NS: no significativo; Sig.= Significancia; Factor A= Nivel de AG<sub>3</sub>; a1= 75 mgL<sup>-1</sup>; a2= 100 mgL<sup>-1</sup>; a3= 125 mgL<sup>-1</sup>; Factor B= Tiempo de inmersión; b1= 12 horas; b2= 18 horas; b3= 24 horas; Factor C= Formulación de peletizado; c1= Primera formulación; c2=Segunda formulación; c3=Tercera formulación.

**Anexo 32. Efecto simple para la triple interacción del Factor B: Tiempo de inmersión dentro del Factor A: Nivel de AG<sub>3</sub>, y Factor C: Formulación de peletizado para la variable de longitud de raíz en mm., (Primera fase).**

Factor B	Factor A	Factor C	Estimador	Error estándar	Grados de libertad	Estadístico t	Valor de p	Sig.
b1 b2			-9,080	9,42	54	-0,964	0,602	NS
b1 b3	a1	c1	7,000	9,42	54	0,743	0,739	NS
b2 b3			16,080	9,42	54	1,707	0,212	NS
b1 b2			2,580	9,42	54	0,274	0,959	NS
b1 b3	a2	c1	-6,420	9,42	54	-0,681	0,775	NS
b2 b3			-9,000	9,42	54	-0,955	0,608	NS
b1 b2			8,750	9,42	54	0,929	0,625	NS
b1 b3	a3	c1	13,000	9,42	54	1,380	0,358	NS
b2 b3			4,250	9,42	54	0,451	0,894	NS
b1 b2			-7,830	9,42	54	-0,832	0,685	NS
b1 b3	a1	c2	1,000	9,42	54	0,106	0,994	NS
b2 b3			8,830	9,42	54	0,938	0,619	NS
b1 b2			6,000	9,42	54	0,637	0,801	NS
b1 b3	a2	c2	-2,080	9,42	54	-0,220	0,974	NS
b2 b3			-8,070	9,42	54	-0,857	0,669	NS
b1 b2			15,420	9,42	54	1,637	0,239	NS
b1 b3	a3	c2	5,780	9,42	54	0,613	0,814	NS
b2 b3			-9,640	9,42	54	-1,023	0,566	NS
b1 b2			39,750	9,42	54	4,220	0,0003	***
b1 b3	a1	c3	3,000	9,42	54	0,318	0,946	NS
b2 b3			-36,750	9,42	54	-3,901	0,001	NS
b1 b2			-5,330	9,42	54	-0,566	0,839	**
b1 b3	a2	c3	2,000	9,42	54	0,212	0,976	NS
b2 b3			7,330	9,42	54	0,778	0,718	NS
b1 b2			14,920	9,42	54	1,583	0,262	NS
b1 b3	a3	c3	11,070	9,42	54	1,175	0,473	NS
b2 b3			-3,850	9,42	54	-0,409	0,912	NS

**Nota:** 0 \*\*\* 0,001 \*\* 0,01 \* 0,05 . 0,1 ' 1. NS: no significativo; Sig.= Significancia; Factor A= Nivel de AG<sub>3</sub>; a1= 75 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; a2= 100 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; a3= 125 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; Factor B= Tiempo de inmersión; b1= 12 horas; b2= 18 horas; b3= 24 horas; Factor C= Formulación de peletizado; c1= Primera formulación; c2=Segunda formulación; c3=Tercera formulación.

**Anexo 33. Efecto simple para la triple interacción del Factor C: Formulación de peletizado, dentro del Factor A: Nivel de AG<sub>3</sub> y Factor B: Tiempo de inmersión para la variable de longitud de raíz en mm., (Primera fase).**

Factor C	Factor A	Factor B	Estimador	Error estándar	Grados de libertad	Estadístico t	Valor de p	Sig.
c1 c2			9,667	9,42	54	1,026	0,564	**
c1 c3	a1	b1	-2,000	9,42	54	-0,212	0,976	***
c2 c3			-11,667	9,42	54	-1,238	0,436	**
c1 c2			0,167	9,42	54	0,018	0,999	*
c1 c3	a2	b1	4,917	9,42	54	0,522	0,861	NS
c2 c3			4,750	9,42	54	0,504	0,870	NS
c1 c2			-1,917	9,42	54	-0,203	0,977	NS
c1 c3	a3	b1	4,250	9,42	54	0,451	0,894	NS
c2 c3			6,167	9,42	54	0,655	0,791	NS
c1 c2			10,917	9,42	54	1,159	0,483	NS
c1 c3	a1	b2	46,833	9,42	54	4,971	<0,0001	***
c2 c3			35,917	9,42	54	3,813	0,001	**
c1 c2			3,583	9,42	54	0,380	0,924	NS
c1 c3	a2	b2	-3,000	9,42	54	-0,318	0,946	NS
c2 c3			-6,583	9,42	54	-0,699	0,765	NS
c1 c2			4,750	9,42	54	0,504	0,870	NS
c1 c3	a3	b2	10,417	9,42	54	1,106	0,515	NS
c2 c3			5,667	9,42	54	0,602	0,820	NS
c1 c2			3,667	9,42	54	0,389	0,920	NS
c1 c3	a1	b3	-6,000	9,42	54	-0,637	0,801	NS
c2 c3			-9,667	9,42	54	-1,026	0,564	NS
c1 c2			4,508	9,42	54	0,479	0,882	NS
c1 c3	a2	b3	13,333	9,42	54	1,415	0,340	NS
c2 c3			8,825	9,42	54	0,937	0,620	NS
c1 c2			-9,130	9,42	54	-0,970	0,599	NS
c1 c3	a3	b3	2,317	9,42	54	0,246	0,9672	NS
c2 c3			11,456	9,42	54	1,216	0,449	NS

**Nota:** 0 \*\*\*\* 0,001 \*\*\* 0,01 \*\* 0,05 \* 0,1 ' 1. NS: no significativo; Sig.= Significancia; Factor A= Nivel de AG<sub>3</sub>; a1= 75 mgL<sup>-1</sup>; a2= 100 mgL<sup>-1</sup>; a3= 125 mgL<sup>-1</sup>; Factor B= Tiempo de inmersión; b1= 12 horas; b2= 18 horas; b3= 24 horas; Factor C= Formulación de peletizado; c1= Primera formulación; c2=Segunda formulación; c3=Tercera formulación.

**Anexo 34. Prueba de comparación de medias del Factor B: Tiempo de inmersión, para la variable altura de plántula en mm., (Primera fase).**

<b>Factor B: Tiempo de inmersión</b>	<b>Promedio</b>	<b>Duncan (0,05%)</b>
b1 (12 horas)	3323,538	A
b3 (24 horas)	3050,207	AB
b2 (12 horas)	2598,114	B

**Anexo 35. Prueba de comparación de medias del Factor C: Formulación de peletizado, para la variable altura de plántula en mm., (Primera fase).**

<b>Factor C: Formulación de peletizado</b>	<b>Promedio</b>	<b>Duncan (0,05%)</b>
c1 (Primera formulación)	4519,195	A
c2 (Segunda formulación)	3284,047	B
c3 (Tercera formulación)	1168,617	C

**Anexo 36. Efectos simples para la triple interacción Factor A: Nivel de AG<sub>3</sub>\*Factor B: Tiempo de inmersión\*Factor C: Formulación de peletizado, para la variable altura de plántula en mm., (Primera fase).**

Factor A	Factor B	Factor C	Estimador	Error estándar	Grados de libertad	Estadístico t	Valor de p	Sig.
a1 a2			5,833	7,42	54	0,786	0,713	NS
a1 a3	b1	c1	9,750	7,42	54	1,314	0,393	NS
a2 a3			3,917	7,42	54	0,528	0,859	NS
a1 a2			5,000	7,42	54	0,678	0,780	NS
a1 a3	b2	c1	2,750	7,42	54	0,371	0,927	NS
a2 a3			-2,250	7,42	54	-0,303	0,951	NS
a1 a2			3,000	7,42	54	0,404	0,914	NS
a1 a3	b3	c1	6,833	7,42	54	0,921	0,629	NS
a2 a3			3,833	7,42	54	0,517	0,864	NS
a1 a2			-10,167	7,42	54	-1,371	0,363	NS
a1 a3	b1	c2	-3,916	7,42	54	-0,528	0,858	NS
a2 a3			6,250	7,42	54	0,843	0,678	NS
a1 a2			12,450	7,42	54	1,678	0,223	NS
a1 a3	b2	c2	-0,083	7,42	54	-0,011	0,999	NS
a2 a3			-12,533	7,42	54	-1,690	0,218	NS
a1 a2			-6,917	7,42	54	-0,932	0,622	NS
a1 a3	b3	c2	2,897	7,42	54	0,391	0,920	NS
a2 a3			9,814	7,42	54	1,323	0,389	NS
a1 a2			-2,000	7,42	54	-0,270	0,961	NS
a1 a3	b1	c3	-2,333	7,42	54	-0,315	0,947	NS
a2 a3			-0,333	7,42	54	-0,045	0,999	NS
a1 a2			-43,167	7,42	54	-5,820	<0,0001	***
a1 a3	b2	c3	-8,750	7,42	54	-1,180	0,470	NS
a2 a3			34,417	7,42	54	4,640	0,001	***
a1 a2			5,917	7,42	54	0,798	0,706	NS
a1 a3	b3	c3	3,167	7,42	54	0,427	0,905	NS
a2 a3			-2,750	7,42	54	-0,371	0,927	NS

**Nota:** 0 \*\*\* 0,001 \*\* 0,01 \* 0,05 . 0,1 ' 1. NS: no significativo; Sig.= Significancia; Factor A= Nivel de AG<sub>3</sub>; a1= 75 mgL<sup>-1</sup>; a2= 100 mgL<sup>-1</sup>; a3= 125 mgL<sup>-1</sup>; Factor B= Tiempo de inmersión; b1= 12 horas; b2= 18 horas; b3= 24 horas; Factor C= Formulación de peletizado; c1= Primera formulación; c2=Segunda formulación; c3= Tercera formulación.

**Anexo 37. Efectos simples para la triple interacción Factor B: Tiempo de inmersión\*Factor A: Nivel de AG<sub>3</sub>\*Factor C: Formulación de peletizado, para la variable altura de plántula en mm., (Primera fase).**

Factor B	Factor A	Factor C	Estimador	Error estándar	Grados de libertad	Estadístico t	Valor de p	Sig.
b1 b2			6,083	7,42	54	0,820	0,692	NS
b1 b3	a1	c1	6,083	7,42	54	0,820	0,692	NS
b2 b3			0,000	7,42	54	0,000	1,000	NS
b1 b2			5,250	7,42	54	0,708	0,760	NS
b1 b3	a2	c1	3,250	7,42	54	0,438	0,900	NS
b2 b3			-2,000	7,42	54	-0,270	0,961	NS
b1 b2			-0,917	7,42	54	-0,174	0,992	NS
b1 b3	a3	c1	3,167	7,42	54	0,427	0,905	NS
b2 b3			4,063	7,42	54	0,551	0,847	NS
b1 b2			-7,667	7,42	54	-1,034	0,559	NS
b1 b3	a1	c2	0,500	7,42	54	0,067	0,998	NS
b2 b3			8,167	7,42	54	1,101	0,518	NS
b1 b2			14,950	7,42	54	2,016	0,118	NS
b1 b3	a2	c2	3,750	7,42	54	0,506	0,869	NS
b2 b3			-11,200	7,42	54	-1,510	0,294	NS
b1 b2			-2,833	7,42	54	-0,517	0,864	NS
b1 b3	a3	c2	7,314	7,42	54	0,986	0,589	NS
b2 b3			11,147	7,42	54	1,503	0,298	NS
b1 b2			31,500	7,42	54	4,247	0,0003	***
b1 b3	a1	c3	1,333	7,42	54	0,180	0,952	NS
b2 b3			-30,167	7,42	54	-4,067	0,001	***
b1 b2			-9,667	7,42	54	-1,303	0,400	NS
b1 b3	a2	c3	9,250	7,42	54	1,247	0,431	NS
b2 b3			18,917	7,42	54	2,550	0,036	**
b1 b2			25,083	7,42	54	3,382	0,004	***
b1 b3	a3	c3	6,833	7,42	54	0,921	0,628	NS
b2 b3			-18,250	7,42	54	-2,460	0,044	**

**Nota:** 0 \*\*\*\* 0,001 \*\*\* 0,01 \*\* 0,05 \* 0,1 ' 1. NS: no significativo; Sig.= Significancia; Factor A= Nivel de AG<sub>3</sub>; a1= 75 mgL<sup>-1</sup>; a2= 100 mgL<sup>-1</sup>; a3= 125 mgL<sup>-1</sup>; Factor B= Tiempo de inmersión; b1= 12 horas; b2= 18 horas; b3= 24 horas; Factor C= Formulación de peletizado; c1= Primera formulación; c2=Segunda formulación; c3=Tercera formulación.

**Anexo 38. Efectos simples para la triple interacción Factor C: Formulación de peletizado\*Factor A: Nivel de AG<sub>3</sub>\*Factor B: Tiempo de inmersión, para la variable altura de plántula en mm., (Primera fase).**

Factor C	Factor A	Factor B	Estimador	Error estándar	Grados de libertad	Estadístico t	Valor de p	Sig.
c1 c2			14,167	7,42	54	1,910	0,146	NS
c1 c3	a1	b1	19,333	7,42	54	2,606	0,031	**
c2 c3			5,167	7,42	54	0,697	0,767	NS
c1 c2			-1,833	7,42	54	-0,247	0,967	NS
c1 c3	a2	b1	11,500	7,42	54	1,550	0,276	NS
c2 c3			13,333	7,42	54	1,780	0,180	NS
c1 c2			0,500	7,42	54	0,067	0,998	NS
c1 c3	a3	b1	7,250	7,42	54	0,977	0,594	NS
c2 c3			6,750	7,42	54	0,910	0,636	NS
c1 c2			0,417	7,42	54	0,056	0,998	NS
c1 c3	a1	b2	44,750	7,42	54	6,033	<0,0001	***
c2 c3			44,333	7,42	54	5,977	<0,0001	***
c1 c2			7,867	7,42	54	1,061	0,542	NS
c1 c3	a2	b2	-3,417	7,42	54	-0,461	0,890	NS
c2 c3			-11,283	7,42	54	-1,521	0,289	NS
c1 c2			-2,417	7,42	54	-0,326	0,943	NS
c1 c3	a3	b2	33,250	7,42	54	4,483	<0,0001	***
c2 c3			35,667	7,42	54	4,808	<0,0001	***
c1 c2			8,583	7,42	54	1,157	0,484	NS
c1 c3	a1	b3	14,583	7,42	54	1,966	0,131	NS
c2 c3			6,000	7,42	54	0,806	0,699	NS
c1 c2			-1,333	7,42	54	-0,180	0,982	NS
c1 c3	a2	b3	17,500	7,42	54	2,359	0,037	**
c2 c3			18,833	7,42	54	2,539	0,806	NS
c1 c2			4,647	7,42	54	0,627	0,806	NS
c1 c3	a3	b3	10,917	7,42	54	1,472	0,312	NS
c2 c3			6,269	7,42	54	0,845	0,677	NS

**Nota:** 0 \*\*\*\* 0,001 \*\*\* 0,01 \*\* 0,05 \* 0,1 ' 1. NS: no significativo; Sig.= Significancia; Factor A= Nivel de AG<sub>3</sub>; a1= 75 mgL<sup>-1</sup>; a2= 100 mgL<sup>-1</sup>; a3= 125 mgL<sup>-1</sup>; Factor B= Tiempo de inmersión; b1= 12 horas; b2= 18 horas; b3= 24 horas; Factor C= Formulación de peletizado; c1= Primera formulación; c2=Segunda formulación; c3=Tercera formulación.

**Anexo 39. Prueba de comparación de medias Testigo\*Factorial, para la variable índice de vigor de plántula (Primera fase).**

Tratamientos	Promedio	Duncan (0,05%)
Testigo	85,650	A
Factorial	42,320	B

**Anexo 40. Prueba de comparación de medias para índice de vigor de plántula Factor****A: Nivel de AG<sub>3</sub> (Primera fase).**

<b>Factor A: Nivel de AG<sub>3</sub></b>	<b>Promedio</b>	<b>Duncan (0,05%)</b>
a <sub>2</sub> (100 mgL <sup>-1</sup> )	3664,665	A
a <sub>1</sub> (75 mgL <sup>-1</sup> )	3045,542	B
a <sub>3</sub> (125 mgL <sup>-1</sup> )	2261,652	C

**Anexo 41. Prueba de comparación de medias, para índice de vigor de plántula Factor****B: Tiempo de inmersión (Primera fase).**

<b>Factor B: Tiempo de inmersión</b>	<b>Promedio</b>	<b>Duncan (0,05%)</b>
b <sub>1</sub> (12 horas)	3323,538	A
b <sub>3</sub> (24 horas)	3050,207	AB
b <sub>2</sub> (12 horas)	2598,114	B

**Anexo 42. Prueba de comparación de medias para índice de vigor de plántula Factor****C: Formulación de peletizado (Primera fase).**

<b>Factor C: Formulación de peletizado</b>	<b>Promedio</b>	<b>Duncan (0,05%)</b>
c <sub>1</sub> (Primera formulación)	4519,195	A
c <sub>2</sub> (Segunda formulación)	3284,047	B
c <sub>3</sub> (Tercera formulación)	1168,617	C

**Anexo 43. Prueba de comparación de medias Testigo\*Factorial para la variable porcentaje de emergencia (Segunda fase).**

<b>Tratamiento</b>	<b>Promedio</b>	<b>Duncan (0,05%)</b>
Testigo	90,090	A
Factorial	68,290	B

**Anexo 44. Prueba de comparación de medias Testigo\*Factorial para la variable índice de velocidad de emergencia (Segunda fase).**

Tratamiento	Promedio	Duncan (0,05%)
Testigo	5,160	A
Factorial	2,530	AB

**Anexo 45. Prueba de comparación de medias Factor A: Nivel de AG<sub>3</sub> para la variable índice de velocidad de emergencia (Segunda fase).**

Factor A: Nivel de AG <sub>3</sub>	Promedio	Duncan (0,05%)
a <sub>3</sub> (75 mgL <sup>-1</sup> )	2,806	A
a <sub>2</sub> (100 mgL <sup>-1</sup> )	2,467	AB
a <sub>1</sub> (125 mgL <sup>-1</sup> )	2,303	B

**Anexo 46. Efectos simples para la triple interacción para la variable índice de velocidad de emergencia, nivel de AG<sub>3</sub> (Segunda fase).**

Factor A	Factor B	Factor C	Estimador	Error estándar	Grados de libertad	Estadístico t	Valor de p	Sig.
a1 a2			-1,297	0,56	54	-2,334	0,060	NS
a1 a3	b1	c1	-1,250	0,56	54	-2,249	0,072	NS
a2 a3			0,047	0,56	54	0,085	0,996	NS
a1 a2			0,438	0,56	54	0,788	0,718	NS
a1 a3	b2	c1	0,201	0,56	54	0,362	0,930	NS
a2 a3			-0,237	0,56	54	-0,426	0,905	NS
a1 a2			-0,151	0,56	54	-0,272	0,960	NS
a1 a3	b3	c1	-0,348	0,56	54	-0,626	0,807	NS
a2 a3			0,196	0,56	54	-0,353	0,934	NS
a1 a2			-0,348	0,56	54	-0,626	0,806	NS
a1 a3	b1	c2	-1,006	0,56	54	-1,811	0,176	NS
a2 a3			-0,658	0,56	54	-1,184	0,468	NS
a1 a2			0,445	0,56	54	0,800	0,705	NS
a1 a3	b2	c2	-0,199	0,56	54	-0,359	0,932	NS
a2 a3			-0,644	0,56	54	-1,159	0,483	NS
a1 a2			-0,422	0,56	54	-0,759	0,730	NS
a1 a3	b3	c2	-1,415	0,56	54	-2,545	0,036	*
a2 a3			-0,993	0,56	54	-1,787	0,184	NS
a1 a2			0,974	0,56	54	1,752	0,196	NS
a1 a3	b1	c3	0,621	0,56	54	1,118	0,051	NS
a2 a3			-0,352	0,56	54	-0,634	0,802	NS
a1 a2			-1,091	0,56	54	-1,901	0,131	NS
a1 a3	b2	c3	-1,515	0,56	54	-1,515	0,023	NS
a2 a3			-0,424	0,56	54	-0,762	0,728	NS
a1 a2			-0,028	0,56	54	-0,50	0,999	NS
a1 a3	b3	c3	0,378	0,56	54	0,38	0,776	NS
a2 a3			0,406	0,56	54	0,73	0,747	NS

**Nota:** 0 \*\*\* 0,001 \*\* 0,01 \* 0,05 . 0,1 ' 1. NS: no significativo; Sig.= Significancia; Factor A= Nivel de AG<sub>3</sub>; a1= 75 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; a2= 100 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; a3= 125 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; Factor B= Tiempo de inmersión; b1= 12 horas; b2= 18 horas; b3= 24 horas; Factor C= Formulación de peletizado; c1= Primera formulación; c2=Segunda formulación; c3=Tercera formulación.

**Anexo 47. Efectos simples para la triple interacción para la variable índice de velocidad de emergencia, tiempo de inmersión (Segunda fase).**

Factor B	Factor A	Factor C	Estimador	Error estándar	Grados de libertad	Estadístico t	Valor de p	Sig.
b1	b2			-1,817	0,56	54	-3,269	0,005 **
b1	b3	a1	c1	-1,468	0,56	54	-2,641	0,029 *
b2	b3			0,349	0,56	54	0,628	0,805 NS
b1	b2			0,081	0,56	54	-0,146	0,988 NS
b1	b3	a2	c1	-0,322	0,56	54	-0,579	0,832 NS
b2	b3			0,240	0,56	54	-0,432	0,902 NS
b1	b2			-0,366	0,56	54	-0,658	0,789 NS
b1	b3	a3	c1	-0,565	0,56	54	-1,017	0,569 NS
b2	b3			0,200	0,56	54	-0,359	0,931 NS
b1	b2			-0,817	0,56	54	-1,470	0,313 NS
b1	b3	a1	c2	0,164	0,56	54	0,295	0,953 NS
b2	b3			0,981	0,56	54	1,765	0,191 NS
b1	b2			-0,024	0,56	54	-0,044	0,999 NS
b1	b3	a2	c2	0,091	0,56	54	0,163	0,986 NS
b2	b3			0,115	0,56	54	0,207	0,977 NS
b1	b2			-0,010	0,56	54	-0,018	0,999 NS
b1	b3	a3	c2	-0,244	0,56	54	-0,440	0,899 NS
b2	b3			-0,223	0,56	54	-0,421	0,907 NS
b1	b2			1,539	0,56	54	2,769	0,021 *
b1	b3	a1	c3	0,600	0,56	54	1,079	0,531 NS
b2	b3			-0,939	0,56	54	-1,690	0,219 NS
b1	b2			-0,526	0,56	54	-0,946	0,614 NS
b1	b3	a2	c3	-0,402	0,56	54	-0,723	0,751 NS
b2	b3			0,124	0,56	54	0,224	0,973 NS
b1	b2			-0,597	0,56	54	-1,07	0,534 NS
b1	b3	a3	c3	0,357	0,56	54	0,64	0,798 NS
a2	a3			0,954	0,56	54	1,72	0,209 NS

**Nota:** 0 \*\*\* 0,001 \*\* 0,01 \* 0,05 . 0,1 . 1. NS: no significativo; Sig.= Significancia; Factor A= Nivel de AG<sub>3</sub>; a1= 75 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; a2= 100 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; a3= 125 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub> Factor B= Tiempo de inmersión; b1= 12 horas; b2= 18 horas; b3= 24 horas; Factor C= Formulación de peletizado; c1= Primera formulación; c2=Segunda formulación; c3= Tercera formulación.

**Anexo 48. Efectos simples para la triple interacción para la variable índice de velocidad de emergencia, formulación de peletizado (Segunda fase).**

Factor C	Factor A	Factor B	Estimador	Error estándar	Grados de libertad	Estadístico t	Valor de p	Sig.
c1 c2			-0,977	0,56	54	-1,757	0,194	NS
c1 c3	a1	b1	-1,750	0,56	54	-3,149	0,007	**
c2 c3			-0,773	0,56	54	-1,391	0,353	NS
c1 c2			-0,028	0,56	54	-0,050	0,999	NS
c1 c3	a2	b1	0,521	0,56	54	0,937	0,619	NS
c2 c3			0,549	0,56	54	0,987	0,588	NS
c1 c2			-0,733	0,56	54	-1,319	0,391	NS
c1 c3	a3	b1	0,121	0,56	54	0,218	0,974	NS
c2 c3			0,854	0,56	54	1,537	0,282	NS
c1 c2			0,023	0,56	54	0,041	0,999	NS
c1 c3	a1	b2	1,606	0,56	54	2,889	0,015	**
c2 c3			1,583	0,56	54	2,848	0,017	**
c1 c2			0,029	0,56	54	0,053	0,999	NS
c1 c3	a2	b2	0,076	0,56	54	0,137	0,990	NS
c2 c3			0,047	0,56	54	0,085	0,996	NS
c1 c2			-0,378	0,56	54	-0,679	0,776	NS
c1 c3	a3	b2	-0,110	0,56	54	-0,198	0,979	NS
c2 c3			0,268	0,56	54	0,481	0,880	NS
c1 c2			0,655	0,56	54	1,178	0,471	NS
c1 c3	a1	b3	0,318	0,56	54	0,571	0,836	NS
c2 c3			-0,337	0,56	54	-0,607	0,817	NS
c1 c2			0,385	0,56	54	0,692	0,769	NS
c1 c3	a2	b3	0,441	0,56	54	0,794	0,709	NS
c2 c3			0,057	0,56	54	0,102	0,994	NS
c1 c2			-0,412	0,56	54	-0,74	0,740	NS
c1 c3	a3	b3	1,043	0,56	54	1,88	0,155	NS
c2 c3			1,455	0,56	54	2,62	0,030	**

**Nota:** 0 \*\*\* 0,001 \*\*\* 0,01 \*\* 0,05 \* 0,1 . 1. NS: no significativo; Sig.= Significancia; Factor A= Nivel de AG<sub>3</sub>; a1= 75 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; a2= 100 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; a3= 125 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; Factor B= Tiempo de inmersión; b1= 12 horas; b2= 18 horas; b3= 24 horas; Factor C= Formulación de peletizado; c1= Primera formulación; c2=Segunda formulación; c3= Tercera formulación.

**Anexo 49. Prueba de comparación de medias Testigo\*Factorial, para la variable uniformidad de emergencia (Segunda fase).**

Tratamiento	Promedio	Duncan (0,05%)
Testigo	3,000	A
Factorial	42,650	AB

**Anexo 50. Prueba de comparación de medias del Factor A: Nivel de AG<sub>3</sub>, para la variable uniformidad de emergencia (Segunda fase).**

Factor A: Nivel de AG <sub>3</sub>	Promedio	Duncan (0,05)
a <sub>3</sub> (125 mgL <sup>-1</sup> )	43,630	A
a <sub>2</sub> (100 mgL <sup>-1</sup> )	43,037	A
a <sub>1</sub> (75 mgL <sup>-1</sup> )	41,296	B

**Anexo 51. Efecto simple de la interacción doble de la variable uniformidad de emergencia, tiempo de inmersión\*formulación de peletizado (Segunda fase).**

Factor A	Factor C	Estimador	Error estándar	Grados de libertad	Estadístico t	Valor de p	Sig.
a1 a2		-1,778	1,70	72	-1,049	0,549	NS
a1 a3	c1	-2,444	1,70	72	-1,442	0,325	NS
a2 a3		-0,667	1,70	72	-0,393	0,918	NS
a1 a2		0,667	1,70	72	0,393	0,918	NS
a1 a3	c2	-2,111	1,70	72	-1,245	0,431	NS
a2 a3		-2,778	1,70	72	-1,639	0,236	NS
a1 a2		-4,111	1,70	72	-2,425	0,046	*
a1 a3	c3	-2,444	1,70	72	-1,442	0,325	NS
a2 a3		1,667	1,70	72	0,983	0,590	NS

**Nota:** 0 \*\*\*\* 0,001 \*\*\* 0,01 \*\* 0,05 \* 0,1 ' ' 1. NS: no significativo; Sig.= Significancia; Factor A= Nivel de AG<sub>3</sub>; a1= 75 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; a2= 100 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; Factor C= Formulación de peletizado; c1= Primera formulación; c2=Segunda formulación; c3= Tercera formulación.

**Anexo 52. Efecto simple para la triple interacción para la variable altura de plántula (mm.), nivel de AG<sub>3</sub> (Segunda fase).**

Factor A	Factor B	Factor C	Estimador	Error estándar	Grados de libertad	Estadístico t	Valor de p	Sig.
a1 a2			-29,250	17,30	54	-1687,000	0,219	NS
a1 a3	b1	c1	-15,250	17,30	54	-0,880	0,655	NS
a2 a3			14,000	17,30	54	-0,808	0,700	NS
a1 a2			19,250	17,30	54	1,111	0,512	NS
a1 a3	b2	c1	28,750	17,30	54	1,659	0,231	NS
a2 a3			9,500	17,30	54	0,548	0,848	NS
a1 a2			-15,500	17,30	54	-0,894	0,646	NS
a1 a3	b3	c1	-26,500	17,30	54	-1,529	0,286	NS
a2 a3			-11,000	17,30	54	-0,635	0,802	NS
a1 a2			-13,500	17,30	54	-0,779	0,718	NS
a1 a3	b1	c2	6,000	17,30	54	0,346	0,936	NS
a2 a3			19,500	17,30	54	1,125	0,503	NS
a1 a2			11,750	17,30	54	0,678	0,777	NS
a1 a3	b2	c2	2,000	17,30	54	0,115	0,993	NS
a2 a3			-9,500	17,30	54	-0,562	0,841	NS
a1 a2			-9,750	17,30	54	-0,562	0,841	NS
a1 a3	b3	c2	-33,250	17,30	54	-1,918	0,145	NS
a2 a3			-23,500	17,30	54	-1,356	0,371	NS
a1 a2			18,750	17,30	54	1,082	0,530	NS
a1 a3	b1	c3	8,250	17,30	54	0,476	0,883	NS
a2 a3			-10,500	17,30	54	-0,606	0,818	NS
a1 a2			-3225,000	17,30	54	-1,860	0,160	NS
a1 a3	b2	c3	-46,500	17,30	54	-2,683	0,026	**
a2 a3			-14,250	17,30	54	-0,822	0,691	NS
a1 a2			26,620	17,30	54	1,536	0,283	NS
a1 a3	b3	c3	29,750	17,30	54	1,716	0,209	NS
a2 a3			3,130	17,30	54	0,181	0,982	NS

**Nota:** 0 \*\*\*\* 0,001 \*\* 0,01 \* 0,05 : 0,1 ' 1. NS: no significativo; Sig.= Significancia; Factor A= Nivel de AG<sub>3</sub>; a1= 75 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; a2= 100 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; a3= 125 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; Factor B= Tiempo de inmersión; b1= 12 horas; b2= 18 horas; b3= 24 horas; Factor C= Formulación de peletizado; c1= Primera formulación; c2=Segunda formulación; c3=Tercera formulación.

**Anexo 53. Efecto simple para la triple interacción para la variable altura de plántula (mm.), tiempo de inmersión (Segunda fase).**

Factor B	Factor A	Factor C	Estimador	Error estándar	Grados de libertad	Estadístico t	Valor de p	Sig.
b1 b2			-49,250	17,30	54	-2,841	0,017	**
b1 b3	a1	c1	-25,250	17,30	54	-1,457	0,320	NS
b2 b3			24,000	17,30	54	1,385	0,356	NS
b1 b2			-0,750	17,30	54	-0,043	0,999	NS
b1 b3	a2	c1	-11,500	17,30	54	-0,663	0,786	NS
b2 b3			-10,750	17,30	54	0,620	0,810	NS
b1 b2			-5,250	17,30	54	-0,303	0,951	NS
b1 b3	a3	c1	-36,500	17,30	54	-2,106	0,098	NS
b2 b3			-31,250	17,30	54	-1,803	0,178	NS
b1 b2			-17,500	17,30	54	-1,010	0,574	NS
b1 b3	a1	c2	13,250	17,30	54	0,764	0,726	NS
b2 b3			30,750	17,30	54	1,774	0,188	NS
b1 b2			7,750	17,30	54	0,447	0,896	NS
b1 b3	a2	c2	17,000	17,30	54	0,981	0,592	NS
b2 b3			9,250	17,30	54	0,534	0,855	NS
b1 b2			-21,500	17,30	54	-1,240	0,435	NS
b1 b3	a3	c2	-26,000	17,30	54	1,500	0,299	NS
b2 b3			-4,500	17,30	54	-0,260	0,964	NS
b1 b2			45,750	17,30	54	2,639	0,029	**
b1 b3	a1	c3	-10,000	17,30	54	-0,577	0,833	NS
b2 b3			-55,750	17,30	54	-3,216	0,006	***
b1 b2			-5,250	17,30	54	-0,303	0,951	NS
b1 b3	a2	c3	-2,130	17,30	54	-0,123	0,992	NS
b2 b3			3,120	17,30	54	0,180	0,982	NS
b1 b2			-9,000	17,30	54	-0,519	0,862	NS
b1 b3	a3	c3	11,500	17,30	54	0,663	0,786	NS
b2 b3			20,500	17,30	54	1,183	0,469	NS

**Nota:** 0 \*\*\* 0,001 \*\* 0,01 \* 0,05 . 0,1 ' 1. NS: no significativo; Sig.= Significancia; Factor A= Nivel de AG<sub>3</sub>; a1= 75 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; a2= 100 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; a3= 125 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; Factor B= Tiempo de inmersión; b1= 12 horas; b2= 18 horas; b3= 24 horas; Factor C= Formulación de peletizado; c1= Primera formulación; c2=Segunda formulación; c3=Tercera formulación.

**Anexo 54. Efecto simple para la triple interacción para la variable altura de plántula (mm.), formulación de peletizado (Segunda fase).**

Factor C	Factor A	Factor B	Estimador	Error estándar	Grados de libertad	Estadístico t	Valor de p	Sig.
c1 c2			-24,500	17,30	54	-1,413	0,341	NS
c1 c3	a1	b1	-34,000	17,30	54	-1,961	0,132	NS
c2 c3			-9,500	17,30	54	-0,548	0,848	NS
c1 c2			-8,750	17,30	54	-0,505	0,869	NS
c1 c3	a2	b1	14,000	17,30	54	0,808	0,700	NS
c2 c3			22,750	17,30	54	1,312	0,395	NS
c1 c2			-3,250	17,30	54	-0,187	0,981	NS
c1 c3	a3	b1	-10,500	17,30	54	-0,606	0,818	NS
c2 c3			-7,250	17,30	54	-0,418	0,908	NS
c1 c2			7,250	17,30	54	0,418	0,908	NS
c1 c3	a1	b2	61,000	17,30	54	3,519	0,003	**
c2 c3			53,750	17,30	54	3,101	0,009	**
c1 c2			-0,250	17,30	54	-0,014	0,999	NS
c1 c3	a2	b2	9,500	17,30	54	0,548	0,848	NS
c2 c3			9,750	17,30	54	0,562	0,841	NS
c1 c2			-19,500	17,30	54	-1,125	0,503	NS
c1 c3	a3	b2	-14,250	17,30	54	-0,822	0,691	NS
c2 c3			5,250	17,30	54	0,303	0,951	NS
c1 c2			14,000	17,30	54	0,081	0,700	NS
c1 c3	a1	b3	-18,750	17,30	54	-1,082	0,530	NS
c2 c3			-32,750	17,30	54	-1,889	0,152	NS
c1 c2			19,750	17,30	54	1,139	0,444	NS
c1 c3	a2	b3	23,370	17,30	54	1,348	0,345	NS
c2 c3			3,620	17,30	54	0,209	0,976	NS
c1 c2			7,250	17,30	54	0,418	0,908	NS
c1 c3	a3	b3	37,500	17,30	54	2,163	0,869	NS
c2 c3			30,250	17,30	54	1,745	0,198	NS

**Nota:** 0 \*\*\*\* 0,001 \*\*\* 0,01 \*\* 0,05 \* 0,1 . NS: no significativo; Sig.= Significancia; Factor A= Nivel de AG<sub>3</sub>; a1= 75 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; a2= 100 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; a3= 125 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; Factor B= Tiempo de inmersión; b1= 12 horas; b2= 18 horas; b3= 24 horas; Factor C= Formulación de peletizado; c1= Primera formulación; c2=Segunda formulación; c3=Tercera formulación.

**Anexo 55. Prueba de comparación de medias Testigo\*Factorial para la variable índice de vigor de plántula (Segunda fase).**

Tratamiento	Promedio	Duncan (0,05%)
Testigo	16996,380	A
Factorial	8390,700	B

**Anexo 56. Efecto doble de la doble interacción Factor B\*Factor C, para la variable índice de vigor de plántula (Segunda fase).**

Factor B	Factor C	Estimador	Error estándar	Grados de libertad	Estadístico t	Valor de p	Sig.
b1 b2		-2631,000	150,00	72	-2,509	0,038	*
b1 b3	c1	-2457,000	1050,00	72	-2,343	0,056	NS
b2 b3		174,000	1050,00	72	0,166	0,985	NS
b1 b2		-715,000	1050,00	72	-0,682	0,775	NS
b1 b3	c2	652,000	1050,00	72	1,304	0,809	NS
b2 b3		1367,000	1050,00	72	1,299	0,398	NS
b1 b2		1362,000	1050,00	72	1,299	0,401	NS
b1 b3	c3	498,000	1050,00	72	0,475	0,883	NS
b2 b3		-864,000	1050,00	72	-0,824	0,690	NS

**Nota:** 0 \*\*\* 0,001 \*\* 0,01 \* 0,05 . 0,1 . 1. NS: no significativo; Sig.= Significancia; Factor B= Tiempo de inmersión; b1= 12 horas; b2= 18 horas; b3= 24 horas; Factor C= Formulación de peletizado; c1= Primera formulación; c2=Segunda formulación; c3= Tercera formulación.

**Anexo 57. Efecto simple para la triple interacción para la variable índice de vigor de plántula, nivel de AG<sub>3</sub> (Segunda fase).**

Factor A	Factor B	Factor C	Estimador	Error estándar	Grados de libertad	Estadístico t	Valor de p	Sig.
a1 a2			-4051	1750	54	-2,319	0,062	*
a1 a3	b1	c1	-2268	1750	54	-1,298	0,403	NS
a2 a3			1783	1750	54	1,021	0,567	NS
a1 a2			1620	1750	54	0,927	0,626	NS
a1 a3	b2	c1	3108	1750	54	1,779	0,186	NS
a2 a3			1488	1750	54	0,852	0,673	NS
a1 a2			-1501	1750	54	-0,859	0,668	NS
a1 a3	b3	c1	-683	1750	54	-0,391	0,919	NS
a2 a3			818	1750	54	0,468	0,886	NS
a1 a2			-771	1750	54	-0,441	0,898	NS
a1 a3	b1	c2	-492	1750	54	-0,282	0,957	NS
a2 a3			279	1750	54	0,160	0,986	NS
a1 a2			517	1750	54	0,296	0,953	NS
a1 a3	b2	c2	279	1750	54	0,160	0,986	NS
a2 a3			-238	1750	54	-0,136	0,990	NS
a1 a2			-2075	1750	54	-1,188	0,466	NS
a1 a3	b3	c2	-3717	1750	54	-2,128	0,094	NS
a2 a3			-1642	1750	54	-0,940	0,618	NS
a1 a2			2528	1750	54	1,447	0,325	NS
a1 a3	b1	c3	1790	1750	54	1,025	0,565	NS
a2 a3			-737	1750	54	-0,422	0,907	NS
a1 a2			-2844	1750	54	-1,628	0,243	NS
a1 a3	b2	c3	-4145	1750	54	-2,372	0,055	NS
a2 a3			-1301	1750	54	-0,745	0,738	NS
a1 a2			2113	1750	54	1,210	0,453	NS
a1 a3	b3	c3	632	1750	54	0,361	0,931	NS
a2 a3			-1482	1750	54	-0,848	0,675	NS

**Nota:** 0 \*\*\* 0,001 \*\* 0,01 \* 0,05 . 0,1 . 1. NS: no significativo; Sig.= Significancia; Factor A= Nivel de AG<sub>3</sub>; a1= 75 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; a2= 100 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; a3= 125 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; Factor B= Tiempo de inmersión; b1= 12 horas; b2= 18 horas; b3= 24 horas; Factor C= Formulación de peletizado; c1= Primera formulación; c2=Segunda formulación; c3=Tercera formulación.

**Anexo 58. Efecto simple para la triple interacción para la variable índice de vigor de plántula, tiempo de inmersión (Segunda fase).**

Factor B	Factor A	Factor C	Estimador	Error estándar	Grados de libertad	Estadístico t	Valor de p	Sig.
b1 b2			-6313	1750	54	-3,613	0,002	**
b1 b3	a1	c1	-3835	1750	54	-2,195	0,081	NS
b2 b3			2478	1750	54	1,418	0,339	NS
b1 b2			-642	1750	54	-0,367	0,928	NS
b1 b3	a2	c1	-1285	1750	54	-0,736	0,744	NS
b2 b3			-643	1750	54	-0,368	0,928	NS
b1 b2			-937	1750	54	-0,536	0,854	NS
b1 b3	a3	c1	-2250	1750	54	-1,288	0,408	NS
b2 b3			-1313	1750	54	-0,752	0,734	NS
b1 b2			-1401	1750	54	-0,802	0,703	NS
b1 b3	a1	c2	2162	1750	54	1,237	0,437	NS
b2 b3			3563	1750	54	2,039	0,113	NS
b1 b2			-113	1750	54	-0,065	0,977	NS
b1 b3	a2	c2	858	1750	54	0,491	0,876	NS
b2 b3			971	1750	54	0,556	0,844	NS
b1 b2			-630	1750	54	-0,361	0,931	NS
b1 b3	a3	c2	-1063	1750	54	-0,609	0,816	NS
b2 b3			-433	1750	54	-0,248	0,967	NS
b1 b2			5130	1750	54	2,936	0,013	**
b1 b3	a1	c3	1022	1750	54	0,585	0,829	NS
b2 b3			-4108	1750	54	-2,351	0,057	***
b1 b2			-241	1750	54	-0,138	0,990	NS
b1 b3	a2	c3	608	1750	54	0,348	0,936	NS
b2 b3			849	1750	54	0,486	0,878	NS
b1 b2			-805	1750	54	-0,461	0,890	NS
b1 b3	a3	c3	-137	1750	54	-0,078	0,997	NS
b2 b3			668	1750	54	0,382	0,923	NS

**Nota:** 0 \*\*\*\* 0,001 \*\*\* 0,01 \*\* 0,05 \* 0,1 ' 1. NS: no significativo; Sig.= Significancia; Factor A= Nivel de AG<sub>3</sub>; a1= 75 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; a2= 100 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; a3= 125 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; Factor B= Tiempo de inmersión; b1= 12 horas; b2= 18 horas; b3= 24 horas; Factor C= Formulación de peletizado; c1= Primera formulación; c2=Segunda formulación; c3=Tercera formulación.

**Anexo 59. Efecto simple para la triple interacción para la variable índice de vigor de plántula, formulación de peletizado (Segunda fase).**

Factor C	Factor A	Factor B	Estimador	Error estándar	Grados de libertad	Estadístico t	Valor de p	Sig.
C <sub>1</sub> C <sub>2</sub>			-3043,200	1750	54	-1,742	0,199	*
C <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	-5103,900	1750	54	-2,921	0,014	NS
C <sub>2</sub> C <sub>3</sub>			-2060,700	1750	54	-1,179	0,470	NS
C <sub>1</sub> C <sub>2</sub>			236,500	1750	54	0,135	0,990	NS
C <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	a <sub>2</sub>	b <sub>1</sub>	1474,600	1750	54	0,844	0,678	NS
C <sub>2</sub> C <sub>3</sub>			1238,200	1750	54	0,709	0,759	NS
C <sub>1</sub> C <sub>2</sub>			-1267,500	1750	54	-0,725	0,750	NS
C <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	a <sub>3</sub>	b <sub>1</sub>	-1045,800	1750	54	-0,599	0,822	NS
C <sub>2</sub> C <sub>3</sub>			221,800	1750	54	0,127	0,991	NS
C <sub>1</sub> C <sub>2</sub>			1868,200	1750	54	1,069	0,537	NS
C <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	a <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	6339,100	1750	54	3,628	0,002	**
C <sub>2</sub> C <sub>3</sub>			4470,900	1750	54	2,559	0,035	*
C <sub>1</sub> C <sub>2</sub>			765,200	1750	54	0,438	0,899	NS
C <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	1875,600	1750	54	1,074	0,535	NS
C <sub>2</sub> C <sub>3</sub>			1110,400	1750	54	0,636	0,801	NS
C <sub>1</sub> C <sub>2</sub>			-960,600	1750	54	-0,550	0,847	NS
C <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	a <sub>3</sub>	b <sub>2</sub>	-913,600	1750	54	-0,523	0,861	NS
C <sub>2</sub> C <sub>3</sub>			47,000	1750	54	0,027	0,999	NS
C <sub>1</sub> C <sub>2</sub>			2953,700	1750	54	1,691	0,218	NS
C <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	a <sub>1</sub>	b <sub>3</sub>	-246,800	1750	54	-0,141	0,989	NS
C <sub>2</sub> C <sub>3</sub>			-3200,400	1750	54	-1,832	0,169	NS
C <sub>1</sub> C <sub>2</sub>			2379,400	1750	54	1,362	0,368	NS
C <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	a <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	3367,800	1750	54	1,928	0,141	NS
C <sub>2</sub> C <sub>3</sub>			988,400	1750	54	0,566	0,839	NS
C <sub>1</sub> C <sub>2</sub>			-80,800	1750	54	-0,046	0,999	NS
C <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	a <sub>3</sub>	b <sub>3</sub>	1067,800	1750	54	0,611	0,815	NS
C <sub>2</sub> C <sub>3</sub>			1148,600	1750	54	0,657	0,789	NS

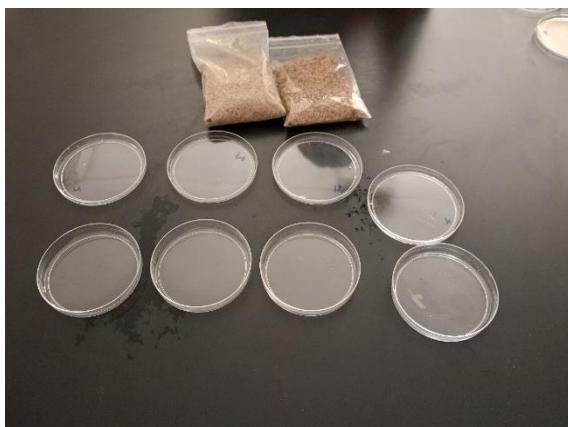
**Nota:** 0 \*\*\*\* 0,001 \*\*\* 0,01 \*\* 0,05 \* 0,1 ' 1. NS: no significativo; Sig.= Significancia; Factor A= Nivel de AG<sub>3</sub>; a<sub>1</sub>= 75 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; a<sub>2</sub>= 100 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; a<sub>3</sub>= 125 mg<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>; Factor B= Tiempo de inmersión; b<sub>1</sub>= 12 horas; b<sub>2</sub>= 18 horas; b<sub>3</sub>= 24 horas; Factor C= Formulación de peletizado; c<sub>1</sub>= Primera formulación; c<sub>2</sub>=Segunda formulación; c<sub>3</sub>= Tercera formulación.

**Anexo 60. Purificado de semilla de tomate variedad INIAF Renacer.**

Equipo para purificado de semillas.



Proceso de purificado de semilla de tomate variedad INIAF Renacer.

**Anexo 61. Pruebas de germinación de semillas de tomate variedad INIAF Renacer**

Distribución de cajas Petri para pruebas de germinación.



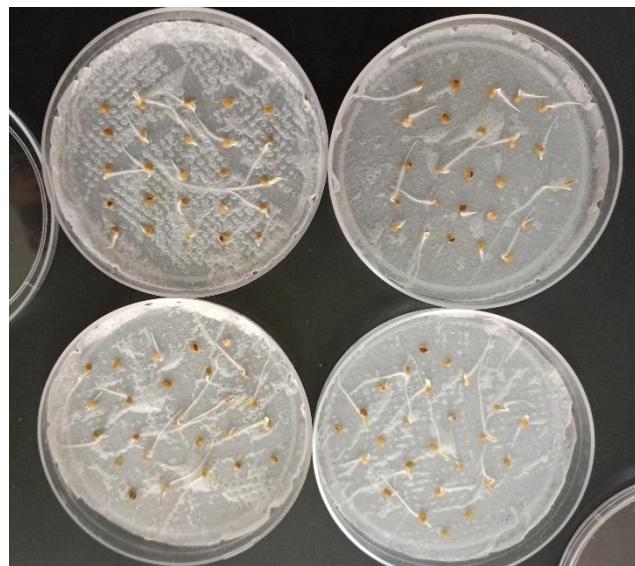
Aplicación de semillas de tomate variedad INIAF Renacer para pruebas de germinación.



Aplicación de cajas Petri pen la cámara de germinación.



Distribución de cajas Petri pen la cámara de germinación.



Conteo para determinar el porcentaje de germinación.

**Anexo 62. Preparación de ácido giberélico ( $AG_3$ ).**

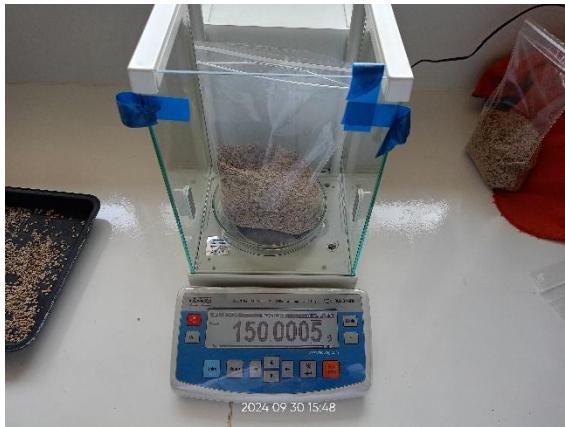


Pesado de ácido giberélico.



Disolución de ácido giberélico en el agitador magnético.

**Anexo 63. Peso de semilla de tomate variedad INIAF Renacer.**



Pesado de semillas de tomate variedad INIAF Renacer.



Distribución de semillas de tomate variedad INIAF Renacer.

**Anexo 64. Inmersión de semillas de tomate variedad INIAF Renacer en soluciones de  $AG_3$ .**



Inmersión de semillas de tomate variedad INIAF Renacer.



Mezcla de la solución de  $AG_3$  con semillas de tomate variedad INIAF Renacer.



Inmersión de semillas de tomate variedad INIAF Renacer.



Inmersión con diferentes niveles de AG<sub>3</sub>

**Anexo 65. Preparación de aglutinante (Melaza de caña de azúcar y agua destilada).**



Medición volumétrica de melaza de caña de azúcar.



Medición volumétrica agua destilada.



Mezcla de melaza de caña de azúcar y agua destilada.



**Anexo 66. Preparación de polímero (Carboximetilcelulosa sódica y agua destilada).**



Pesado de carboximetilcelulosa sódica.



Disolución de carboximetilcelulosa sódica en agua destilada con ayuda del agitador magnético.

**Anexo 67. Preparación de arcillas (Caolinita, tierra de diatomeas, dolomita).**



Pesado se sólidos (arcillas).



Distribución de los sólidos en sus diferentes formulaciones.



Almacén de las arcillas (caolinita, tierra de diatomeas, dolomita).

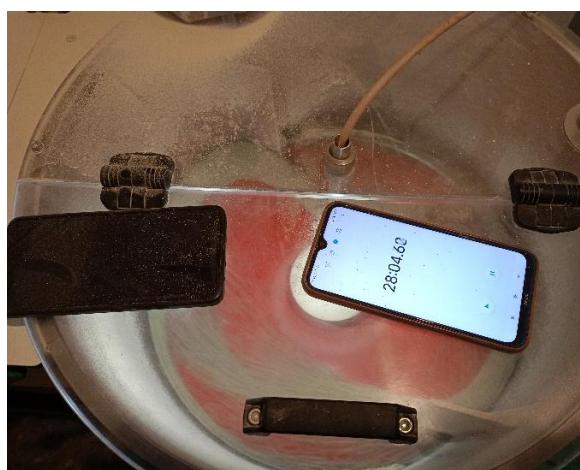
**Anexo 68. Peletizado de semillas de tomate variedad INIAF Renacer.**



Agregado de sólidos de acuerdo a las formulaciones.



Programación de velocidades.

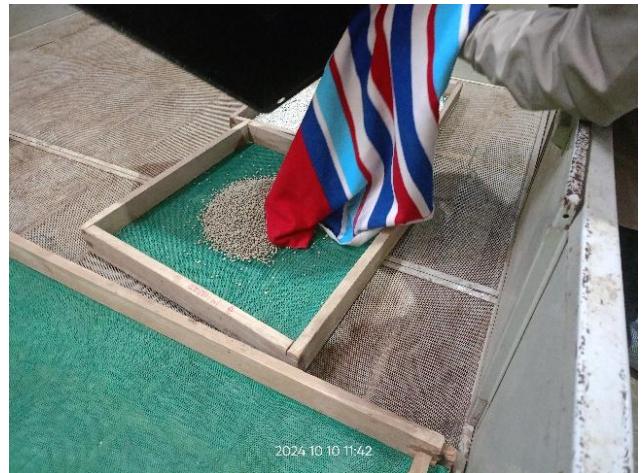


Control del tiempo del proceso de peletizado.



**Anexo 69. Secado de semilla peletizada de tomate variedad INIAF Renacer.**

Área de secado de semilla  
(Equipo).



Distribución de semilla húmeda peletizada  
de tomate variedad INIAF Renacer en el  
área de secado de semilla (Equipo).



Semilla peletizada de tomate  
variedad INAF Renacer seca.

**Anexo 70. Agregado de polímero (Carboximetilcelulosa sódica, agua destilada y colorante vegetal).**



Compartimiento para agregar el polímero.



Agregado de color identificativo de la semilla.

**Anexo 71. Siembra de semilla de tomate variedad INIAF Renacer peletizada en laboratorio.**



Preparación de material para la siembra.



Siembra de semilla peletizada de tomate variedad INIAF Renacer.



Distribución de los tratamientos  
de acuerdo a repeticiones.

**Anexo 72. Evaluación en laboratorio de manera continua.**



Conteo de semillas peletizadas para determinar las variables establecidas.



**Anexo 73. Llenado de sustrato en bandejas de almácigo de 128 alvéolos.**



Aplicación de sustrato en bandejas de almacigo.

**Anexo 74. Siembra de semilla peletizada de tomate variedad INIAF Renacer en invernadero.**



Distribución de etiquetas de acuerdo al croquis y tratamientos establecidos.



Profundidad de 0,05 cm para la siembra de semillas de peletizadas



Siembra de semillas peletizadas.

**Anexo 75. Evaluaciones en invernadero de manera continua.**