

PROYECTO: “DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE HORTALIZAS (CEBOLLA, TOMATE Y ZANAHORIA), EN REGIONES PRODUCTORAS DE BOLIVIA”

PELETIZADO DE SEMILLA DE HORTALIZAS



Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal
Proyecto Hortalizas - INIAF

El futuro está en el campo

www.iniaf.gob.bo

AUTORIDADES

M. Sc. Luis Alberto Arce Catacora

Presidente del Estado Plurinacional de Bolivia.

Lic. David Choquehuanca Céspedes

Vice Presidente del Estado Plurinacional de Bolivia.

Ing. Juan Yamil Flores Lazo

Ministro de Desarrollo Rural y Tierras

Windson July Martínez Ph. D.

Director General Ejecutivo

Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y
Forestal (INIAF)

Autoridades del INIAF

Windson July Martinez Ph. D.
Director General Ejecutivo INIAF

Rogelio Maydana Apaza Ph. D.
Director Nacional de Innovación

M. Sc. Ramiro Fernando Figueredo Quisbert
Director Nacional de Semillas

M. Sc. Jose Luís Quispe Guanca
Director Nacional de Producción y Servicios

Ariel Santivañez Aguilar Ph. D.
Responsable Nacional del Proyecto Hortalizas

EQUIPO TÉCNICO DEL PROYECTO DE “DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE HORTALIZAS (CEBOLLA, TOMATE Y ZANAHORIA), EN REGIONES PRODUCTORAS DE BOLIVIA”

M. Sc. Ariel Santivañez Aguilar Ph. D.
Ing. Marco Antonio Varias Alvarez
Ing. José Antonio Orellana Ricaldez
Ing. Henry Murillo Guzmán
Ing. Irene Mercedes Gutierrez Limachi
Ing. Raul Villegas Sanabria
Ing. Ran Wara Onishi Gutierrez
Ing. Milka Orellana Huarachi
Ing. Edgar Brayan Castillo Pimienta
Ing. Anai Maritza Espejo Olmos
Ing. Cesar Hernan Guerrero Cocasapa
Ing. José Marcelo Reguerin López
Ing. Viviana Mujica Belmonte
Ing. Oscar Orlando Meneces Arias
Ing. Celso Simón Mamani Flores
Ing. Deborah Ruth Mayta Quispe
Ing. Martin Rolf Uyardo Torrico
Ing. Misael Fernández Pacheco
Ing. Roger Ernesto García Vallejos
Ing. Wilber Castro Sandoval
Ing. Fernando Fabricio Villca Quiroga
Ing. Yerco Milivoy Pozo Rocha
Ing. Ernesto Vasquez Ledezma
Ing. Erick Gonzalo Ortega
Lic. Andrea Ninoska Riveros Rossel
Lic. Catucia Velasquez Albornoz
Tec. Sup. Franz Rubén Ávila Berrios
Vladimir Alex Caspa Copa
Nely Flavia Cutipa Copa
Melissa Graciela Arispe Jaldin
Mayra Shirley Vallejos Soliz
Yessica Sanga Tinta
Fernanda María Torrez Suzaño
Cesar Angel Ledezma Jamira
Cristhian Daniel Cuba Aduviri

**Impresión y diagramación: INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGROPECUARIA Y
FORESTAL - PROYECTO HORTALIZAS**

ISBN: 978-9917-9653-8-1

Deposito Legal: 4-2-655-2025 P.O.

Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal-INIAF

Fotografías: Proyecto “Desarrollo de Tecnologías para Mejorar la Productividad de Hortalizas (cebolla, tomate y zanahoria) en Regiones Productoras de Bolivia”.

Diseño de impresión: El Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal promueve el uso justo de este documento.

Cochabamba-Bolivia
Septiembre, 2025

PRESENTACIÓN

El 25 de junio de 2008, el Gobierno boliviano creó el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) mediante el Decreto Supremo N.º 29611. Esta institución descentralizada se encuentra bajo la tuición del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT) y tiene como mandato principal generar tecnologías, establecer lineamientos, gestionar políticas públicas de innovación agropecuaria y forestal, y contribuir a la seguridad y soberanía alimentaria del país.

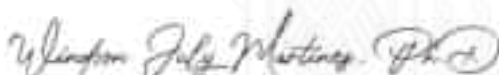
El objetivo del Programa Nacional de Apoyo a la Producción y Comercialización de Hortalizas es cubrir la demanda productiva y garantizar el abastecimiento de este producto básico en la canasta familiar, satisfaciendo así el mercado y consumo nacional. Dicho programa fomenta la producción primaria de hortalizas, la innovación tecnológica, la sanidad e inocuidad agrícola, y el acceso a mercados y comercialización, contando para ello con la intervención del SENASAG, el IPDSA y el INIAF.

En este marco, el INIAF ejecutará el proyecto “Desarrollo de Tecnologías para Mejorar la Productividad de Hortalizas (cebolla, tomate y zanahoria) en regiones productoras de Bolivia”. Este proyecto tiene como finalidad realizar investigación, producir semilla de calidad, capacitar a profesionales y productores líderes, y fortalecer las capacidades productivas e investigativas del propio CNPSH.

El presente documento presenta la tecnología de peletizado de semillas como una solución clave para habilitar la siembra mecánica de precisión en cultivos de semillas pequeñas o irregulares, como tomate, cebolla y zanahoria. Esta técnica consiste en recubrir la semilla con materiales inertes para uniformar su tamaño y forma.

El objetivo principal es contribuir a la seguridad y soberanía alimentaria en Bolivia mediante la transferencia de esta tecnología a pequeños y medianos productores hortícolas, adaptada a las diferentes condiciones agroclimáticas del país. Asimismo, contribuye a maximizar la eficiencia en el establecimiento del cultivo, al eliminar la necesidad de raleo, optimizar recursos y mejorar rendimientos.

Adicionalmente, el peletizado ofrece una protección integral de la semilla mediante tratamientos, que permiten incorporar agentes fungicidas, insecticidas y bioestimulantes, fortaleciendo el vigor inicial y reduciendo la dependencia de agroquímicos posteriores. Finalmente, esta tecnología mejora la emergencia de las plántulas, al generar un microambiente que retiene humedad, favorece una germinación rápida y uniforme, y asegura mejores condiciones de establecimiento del cultivo.


Director General Ejecutivo INIAF

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. DIFICULTADES EN LA OBTENCIÓN DE PLANTINES DE TOMATE CON ESTÁNDARES DE CALIDAD	2
1.2. DIFICULTADES EN LA OBTENCIÓN DE PLANTINES DE CEBOLLA CON ESTÁNDARES DE CALIDAD	2
1.3. LIMITACIONES EN LA SIEMBRA DE ZANAHORIA CON ESTÁNDARES DE CALIDAD	3
2. MATERIALES Y EQUIPOS	4
2.1. MATERIAL VEGETAL	4
2.1.1. GENERALIDADES DE LA SEMILLA DE TOMATE VARIEDAD INIAF RENACER	4
2.1.2. GENERALIDADES DE LA SEMILLA DE ZANAHORIA VARIEDAD ALTIPLANO	5
2.1.3. GENERALIDADES DE LA SEMILLA DE CEBOLLA VARIEDAD PERRILLA	6
2.2. MATERIALES DEL RECUBRIMIENTO	7
2.2.1. COMPUESTOS ACTIVOS	8
COMPUESTOS ACTIVOS	9
2.2.2. COMPUESTOS LÍQUIDOS	10
2.2.3. PARTÍCULAS SÓLIDAS	11
2.3. EQUIPO DE RECUBRIMIENTO DE SEMILLAS	11
2.3.1 EQUIPOS NECESARIOS	11
2.3.2 MATERIAL DE LABORATORIO	12
3. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA PELETIZADA	13
4. METODOLOGÍA DE LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA PELETIZADA	14
4.1. SELECCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LA SEMILLA	14
4.2. FORMULACIÓN DE COMPUESTOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS	14
4.2.1. PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE ÁCIDO GIBERÉLICO	15
4.2.2. PREPARACIÓN DE LOS COMPUESTOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS PARA EL PELETIZADO DE SEMILLAS	16
4.2.2.1. MEZCLA SÓLIDA	16
4.2.2.2. SOLUCIÓN ADHESIVA	16
4.2.2.3. SOLUCIÓN POLIMÉRICA (GELIFICANTE Y COLORANTE)	16
4.3. PROCEDIMIENTO DEL PELETIZADO	17
4.3.1. PRIMERA ETAPA (RECUBRIMIENTO BASE)	17
4.3.2. TABLA DE CONTROL EQUIPO DE PELETIZADO SEMILLA	18
TABLA DE CONTROL EQUIPO DE PELETIZADO SEMILLA	19
4.3.3 SEGUNDA ETAPA (RECUBRIMIENTO POLIMÉRICO)	20
4.3.4. TABLA DE CONTROL EQUIPO DE PELETIZADO	20
4.3.5. SECADO, TAMIZADO Y CONTROL DE CALIDAD	20
4.3.6. ALMACENAMIENTO	21
5. CONTROL DE CALIDAD DE LA SEMILLA PELETIZADA	22
5.1. PRUEBAS DE SOLUBILIDAD	22
5.2. PRUEBA DE GERMINACIÓN EN BANDEJAS CON SUSTRATO	23
6. APLICACIONES Y RECOMENDACIONES PRÁCTICAS	24
7. SEGURIDAD E HIGIENE EN EL MANEJO DE MATERIALES	25
8. BIBLIOGRAFÍA	26
BIBLIOGRAFÍA	27
BIBLIOGRAFÍA	28
BIBLIOGRAFÍA	29

PELETIZADO DE SEMILLA DE HORTALIZAS

1. INTRODUCCIÓN

La tecnología de recubrimiento y peletizado de semillas constituye una práctica agronómica avanzada, ya que consiste en encapsular la semilla con una capa de materiales inertes y activos. De este modo, se busca mejorar sus características físicas y fisiológicas, lo que a su vez se traduce en un establecimiento más uniforme y vigoroso del cultivo. En particular, para especies cuyas semillas son pequeñas, irregulares o planas, como las semillas de tomate (*Solanum lycopersicum*), la cebolla (*Allium cepa*) y la zanahoria (*Daucus carota*).



Figura 1. Semilla peletizada de zanahoria variedad Altiplano.



Figura 2. Semilla peletizada de tomate variedad INIAF Renacer.



Figura 3. Peletizadora rotativa de proceso semiautomatizado.

Esta tecnología resulta altamente beneficiosa, el empleo de un equipo de peletizado rotatorio se reconoce como uno de los métodos más eficientes y controlables, puesto que permite obtener recubrimientos uniformes y de elevada calidad. El "Proyecto de Desarrollo de Tecnologías para Mejorar la Productividad de Hortalizas (cebolla, tomate y zanahoria), en Regiones Productoras de Bolivia", orientado a fortalecer la cadena hortícola nacional mediante innovaciones tecnológicas que eleven la eficiencia y calidad de la semilla local.

1.1. DIFICULTADES EN LA OBTENCIÓN DE PLANTINES DE TOMATE CON ESTÁNDARES DE CALIDAD

Debido a la forma irregular y la superficie rugosa en las semillas, esto dificulta su manipulación, dosificación y por ende en una siembra precisa (Karayel & Özmerzi, 2007). Bajo esta condición se genera desuniformidad en la distribución, y en la necesidad de ajustes en los equipos de siembra (A. Celik et al., 2007; Karayel & Özmerzi, 2007). Además existe mucha variabilidad en la germinación esto con lleva a obtener plántulas de diferente categoría (A. Celik et al., 2007; Bewley et al., 2012; Karayel & Özmerzi, 2007).



Figura 4. Semilla de tomate variedad INIAF Renacer, en bandejas de alta densidad.

1.2. DIFICULTADES EN LA OBTENCIÓN DE PLANTINES DE CEBOLLA CON ESTÁNDARES DE CALIDAD

Debido a su tamaño, bajo peso y escasa reserva nutricional, por lo que los hace altamente sensibles a condiciones de humedad, temperaturas y oxígeno en el suelo (Bewley et al., 2012; Finch-Savage & Bassel, 2016a). Esto es lo que ocasiona retrasos en la emergencia, bajo rendimiento en la germinación y elevada mortalidad de plántulas (Pagano et al., 2023). Como consecuencia, las semillas de cebolla suelen presentar desuniformidad en el crecimiento, lo cual afecta al rendimiento y la eficiencia a la hora del trasplante (Brewster, 2008; Pagano et al., 2023).



Figura 5. Almacigo de cebolla variedad Poquera.

1.3. LIMITACIONES EN LA SIEMBRA DE ZANAHORIA CON ESTÁNDARES DE CALIDAD

Las semillas son de tamaño muy pequeño y peso ligero, poseen una cubierta seminal dura y con compuestos inhibidores que retrasan e incluso disminuyen la germinación (Finch-Savage & Bassel, 2016a; Silva & Silva, 2003). Este tipo de condiciones ocasionan una emergencia lenta, poco uniforme y de baja densidad, esto limita el establecimiento temprano del cultivo (Finch-Savage & Bassel, 2016b; Grange & Loach, 1983). La siembra manual y mecánica no es eficiente por la falta de uniformidad, tamaño y forma, incrementando la cantidad de semilla y los costos (A. Celik et al., 2007; Lara & Renán, s. f.).



Figura 6. Cosecha tradicional de zanahoria variedad Altiplano.

2. MATERIALES Y EQUIPOS

2.1. MATERIAL VEGETAL

Las semillas base para el proceso de peletizado son las de tomate, cebolla y zanahoria, las cuales fueron producidas y certificadas por el Centro Nacional de Producción de Semillas de Hortalizas (CNPSH) y, además, avaladas por la Dirección Nacional de Semillas (DNS). Esta semilla posee un porcentaje de germinación superior al 90%, cumpliendo con todos los estándares de calidad requeridos para la tecnología de peletizado. La cantidad mínima de procesamiento por lote es de 50 g.

Esta semilla es ideal para la implementación de la tecnología de peletizado, según lo establecido por (Copeland y McDonald 2001).



Figura 7. Semilla de tomate certificada variedad INIAF Renacer.

2.1.1. GENERALIDADES DE LA SEMILLA DE TOMATE VARIEDAD INIAF RENACER

Las semillas de tomate de la variedad INIAF Renacer son de crecimiento semideterminado, con un ciclo de cultivo de 120 a 130 días después del trasplante, y es apta para cultivo a campo abierto. Se trata de una variedad de crecimiento vigoroso, con frutos grandes tipo pera, de consistencia dura y un rendimiento entre 40 a 45 t ha⁻¹.

En cuanto a la semilla de tomate, esta es de color pardo, de forma plana arrañada y de tamaño pequeño (3 a 5 mm).

Finalmente, un gramo contiene aproximadamente entre 250 a 350 semillas.

2.1.2. GENERALIDADES DE LA SEMILLA DE ZANAHORIA VARIEDAD ALTIPLANO

Las semillas de zanahoria deben contar con atributos óptimos de calidad genética, pureza física, sanitaria y fisiológica, lo cual influye directamente en la densidad de siembra, la población de plantas y especialmente en el rendimiento.

La variedad Altiplano, se caracteriza por un follaje semi erecto y largo, con un cuello de grosor mediano. Las raíces tienen un peso promedio de 120 a 160 g, de una longitud aproximada entre 15 a 18 cm. de largo.

El ciclo del cultivo oscila entre 120 a 180 días, con un rendimiento promedio de 30 a 40 t ha⁻¹.



Figura 8. Semilla de zanahoria certificada variedad Altiplano.

2.1.3. GENERALIDADES DE LA SEMILLA DE CEBOLLA VARIEDAD PERILLA

La semilla de cebolla es de superficie lisa mientras crece y rugosa al madurar debido a la pérdida de agua. La semilla de cebolla tiene una forma de riñón y mide de 4 x 2 mm, la mayor parte de la semilla esta constituida por el endospermo en cuyo interior se ubica en embrión que tiene forma cilíndrica. La variedad Perilla es de ciclo de días intermedios, el almácigo según su fotoperiodo se produce entre los meses de mayo y junio, el rendimiento aproximado de esta variedad es de 35 a 45 t ha⁻¹.



Figura 9. Semilla de cebolla certificada variedad Perilla.

2.2. MATERIALES DEL RECUBRIMIENTO

Para la aplicación de esta tecnología se emplean diversos materiales en los tratamientos y revestimientos de semillas. Según su composición y procedencia, estos materiales se categorizaron como agentes biológicos (BIO), minerales obtenidos de la tierra (MIN), productos naturales o provenientes de productos naturales (NP) y químicos sintéticos (SYN) (Afzal et al., 2020). Dentro de estas categorías, es posible emplear materiales específicos para el etiquetado y la utilización orgánica de los materiales que han sido aprobados por el Instituto de Revisión de Materiales Orgánicos de EE. UU. (OMRI) (Instituto de Revisión de Materiales Orgánicos, 2020) fueron marcados como orgánicos (OR) (Tabla 1). Además, el tratamiento y los recubrimientos de semillas se distinguen por su función como partes activas, sean estos líquidos o sólidos.



Figura 10. Selección de arcillas, material orgánico del recubrimiento de semillas.

Tabla 1. Materiales de tratamiento y recubrimiento de semillas agrupados como componentes activos, líquidos y partículas sólidas (Afzal et al., 2020).

Componentes activos	Líquidos	Partículas sólidas
Bioestimulantes • SYN, NP, BIO (OR) Nutrientes para plantas • SYN, MIN (OR) Estrés abiótico: sequía y salinidad • SYN, BIO (OR) Protectores de plantas • SYN, NP, BIO, MIN (OR) Inoculantes • BIOGRAFÍA, MIN (OR)	Colorantes de agua • SYN, NP (OR) Coadyuvantes • SYN (OR) Carpetas • Alcohol polivinílico (PVOH) y Acetato de polivinilo (PVAc): SYN • Metilcelulosa: SYN • Carboximetilcelulosa (CMC): SYN • Almidones vegetales: NP (OR) • Goma arábiga: NP (OR)	Carpetas • Además, en Líquidos • Harina de soja: NP (OR) Rellenos • Tierra de diatomeas (DE): MIN (OR) • Piedra caliza: MIN (OR) • Yeso: MIN (OR) • Bentonita: MIN (OR) • Vermiculita: MIN (OR) • Talco: MIN (OR) • Zeolita: MIN (OR) • Sílice: MIN (OR) • Sulfato de Bario: MIN

2.2.1. COMPUESTOS ACTIVOS

El objetivo de los ingredientes activos en el tratamiento de semillas es resguardarlas y optimizar su desempeño durante la germinación, el crecimiento y el desarrollo (Taylor et al., 2001). Estos incluyen bioestimulantes, nutrientes, inoculantes y protectores contra el estrés biótico y abiótico. Los fungicidas, insecticidas, nematocidas y bactericidas son los protectores más usados para el control de plagas y patógenos en la siembra (Kalaivani et al., 2016).

La inoculación y protección también se llevan a cabo con microorganismos de tipo bacteriano y fúngico. Asimismo, los recubrimientos pueden incluir tratamientos sintéticos o biológicos para reducir la presión hídrica o salina.



Figura 11. Semilla de cebolla variedad Perilla, tratada con ácido giberélico.

El compuesto activo que se utilizó como tratamiento de inmersión en semillas de cebolla fue el ácido giberélico (AG_3) de concentración analítica, el cual se disolvió en agua destilada (Figura 11). Como resultado, este tratamiento mejoró la emergencia, además de reducir el tiempo de germinación y también incrementar la homogeneidad de los plántines.



Figura 12. Semilla de tomate variedad INIAF Renacer, tratada con ácido giberélico.

El ácido giberélico (AG_3), un bioestimulante, se aplicó a las semillas de tomate de la variedad INIAF Renacer. Esto mejoró sus propiedades fisiológicas y condujo a una germinación más uniforme, con más vigor y un período de germinación más corto (Figura 12).

Se aplicó un tratamiento fungicida a las semillas con el fin de prevenir enfermedades tanto en el sustrato como en la propia semilla, utilizando para ello el producto (CTC) (Figura 13).



Figura 13. Semilla de tomate tratada con fungicida CTC.

La inmersión en una solución de Nitrato de Potasio fue el procedimiento utilizado para estimular las semillas de zanahoria y para mejorar la germinación en campo (Alvarez et al., 2025). Esto posibilitó que el cultivo de zanahoria se optimizara, al disminuir el tiempo que tarda en germinar e incrementar la uniformidad de las plantas (Figura 14).



Figura 14. Semilla de zanahoria variedad Altiplano, tratada con Nitrato de Potasio

2.2.2. COMPUESTOS LÍQUIDOS

Los colorantes son fundamentales, pues constituyen cerca del 60% de la mezcla. Permiten determinar que las semillas han sido tratadas con pesticidas, posibilitan una evaluación visual de la homogeneidad del recubrimiento y mejoran el aspecto cosmético (Pedrini et al., 2018).

Para atomizar adecuadamente sobre las semillas, los líquidos deben tener una viscosidad baja (preferiblemente <100 cP), y el agua sirve como medio universal para aplicarlos (Madsen et al., 2017; Pedrini et al., 2018).

Los tensioactivos, también conocidos como adyuvantes, son indispensables debido a que una gran cantidad de los ingredientes activos tienen solubilidad acuosa reducida; estos contribuyen a la formación de formulaciones acuosas estables. Asimismo, pueden funcionar como un componente activo por su cuenta para optimizar la germinación en tierras complicadas (Madsen et al., 2017).



Figura 15. Solución de Carboximetilcelulosa y colorante vegetal.

Los aglutinantes actúan como adherentes que unen los tratamientos a la semilla y le dan integridad al recubrimiento. Evitan que se agriete o suelte polvo al sembrar y manejar. Algunos de los polímeros más utilizados son el acetato de polivinilo, el alcohol polivinílico y otros derivados de la celulosa (Figura 15). Los recubrimientos orgánicos se elaboran con goma arábiga y almidones vegetales. Al igual que con los demás componentes, se espera que sus soluciones acuosas tengan una viscosidad reducida para conseguir una atomización ideal.



Figura 16. Solución adhesiva de miel de caña de azúcar.

2.2.3. PARTÍCULAS SÓLIDAS

Por lo general, los materiales de relleno son sencillos de conseguir, no son tóxicos y tienen un costo bajo. Asimismo, crean una superficie de recubrimiento uniforme que no debería obstaculizar el surgimiento de la radícula (Taylor et al., 2001). Por lo tanto, para la peletización de semillas se emplean diversos materiales, incluyendo piedra caliza, zeolita, bentonita, vermiculita, talco, sulfato de bario, arena de sílice y yeso (Sikhao et al., 2015) (Javed & Afzal, 2020). Es importante destacar que, por lo general, estos rellenos son materiales minerales que se extraen de la tierra con pocas alteraciones, salvo la molienda para obtener un polvo fino. Para conseguir una distribución homogénea en la superficie de la semilla, el tamaño de las partículas debe atravesar un tamiz con malla 200 ($<75 \mu\text{m}$) (Afzal et al., 2020).



Figura 17. Material de polvo de arcilla caolín.

El caolín es un mineral arcilloso no renovable compuesto por silicato de aluminio hidratado, que se forma principalmente por la descomposición de rocas feldespáticas. Predomina la caolinita y suele ser blanca, aunque su coloración puede variar por impurezas. Es higroscópico, tiene brillo mate, plasticidad baja a moderada y un peso específico de $2,60 \text{ g cm}^{-3}$. Se caracteriza por ser inodoro, no tóxico, resistente a altas temperaturas y fácilmente dispersable en medios líquidos.



Figura 18. Material de polvo de arcilla dolomita.

El carbonato doble de calcio y magnesio ($\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$) es un compuesto de textura semidura y baja densidad, que no se funde al calentarse, ya que se descompone como otros carbonatos. Su origen suele estar relacionado con procesos sedimentarios o hidrotermales en vetas minerales, aunque también puede formarse por la alteración de calizas en presencia de soluciones ricas en magnesio.

La diatomita es un mineral de origen vegetal compuesto por esqueletos fosilizados de algas. Estas formaciones quedaron expuestas como roca sedimentaria silícea con millones de partículas por milímetro cúbico. Al ser procesada, se convierte en un polvo fino, con propiedades insecticidas naturales ya que su estructura filamentosa provoca heridas en los insectos y su característica deshidratante absorbe los líquidos interiores, eliminándolos por deshidratación (John, s. f.; Torres et al., 2019).

La tierra de diatomea está formada en su mayor parte (86%) por sílice amorfa y por numerosos minerales entre macroelementos (Ca, P, Na, K, Mg) y microelementos vestigiales, estos últimos agrupados como esenciales (Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Zn), contaminantes (Al, Ba, Sr, Ti) y tóxicos (As, Pb, Cd, Hg, Cr, Sn) (Fabila Martínez et al., 2013).



Figura 19. Material de polvo de arcilla tierra de diatomea.

2.3. EQUIPO DE RECUBRIMIENTO DE SEMILLAS

Los materiales de tratamiento y recubrimiento de semillas descritos en la (Sección 2.2.) proporcionan una extensa lista de ingredientes potenciales. Posteriormente, el siguiente paso en el proceso de recubrimiento de semillas consiste en que los ingredientes seleccionados se aplican con el equipo adecuado para producir el producto recubierto final. Cabe señalar que la selección del equipo de recubrimiento de semillas y el método de recubrimiento está determinada principalmente por la dosis de activos, líquidos y componentes sólidos aplicados por unidad de semilla.



Figura 20. Peletizador rotativo.

Peletizador rotativo: equipo de acero inoxidable con capacidad de 1-5 Kg h⁻¹, velocidad regulable de 20-60 rpm.

La peletización requiere la mayor cantidad de tiempo y experiencia en comparación con otras tecnologías de recubrimiento debido a la amplia aplicación de componentes activos, líquidos y partículas sólidas (Afzal et al., 2020).

2.3.1 EQUIPOS NECESARIOS

- Agitador magnético con calefacción: rango de temperatura de 25–80°C, velocidad de agitación regulable.
- Balanza analítica de precisión: capacidad de 500 g con resolución de 0,01 g.
- Equipo de secado por aire forzado: temperatura controlada de 25–35°C con flujo de aire regulable.
- Tamizador vibratorio: mallas intercambiables de 2–4 mm para clasificación del producto.
- Selladora térmica de bolsas: sistema de sellado por impulso para empaque al vacío.

2.3.2 MATERIAL DE LABORATORIO

- Vasos de precipitados de borosilicato (50–1000 mL).
- Probetas graduadas de 25–100 mL.
- Matraces volumétricos de 50–500 mL.
- Espátulas de acero inoxidable.
- Varillas de agitación.
- Pastillas magnéticas recubiertas de PTFE.
- Recipientes plásticos herméticos (taper) para almacenamiento.
- Franelas de microfibra para limpieza.
- Cuaderno de registro para documentación de parámetros.
- Tubos de ensayo.



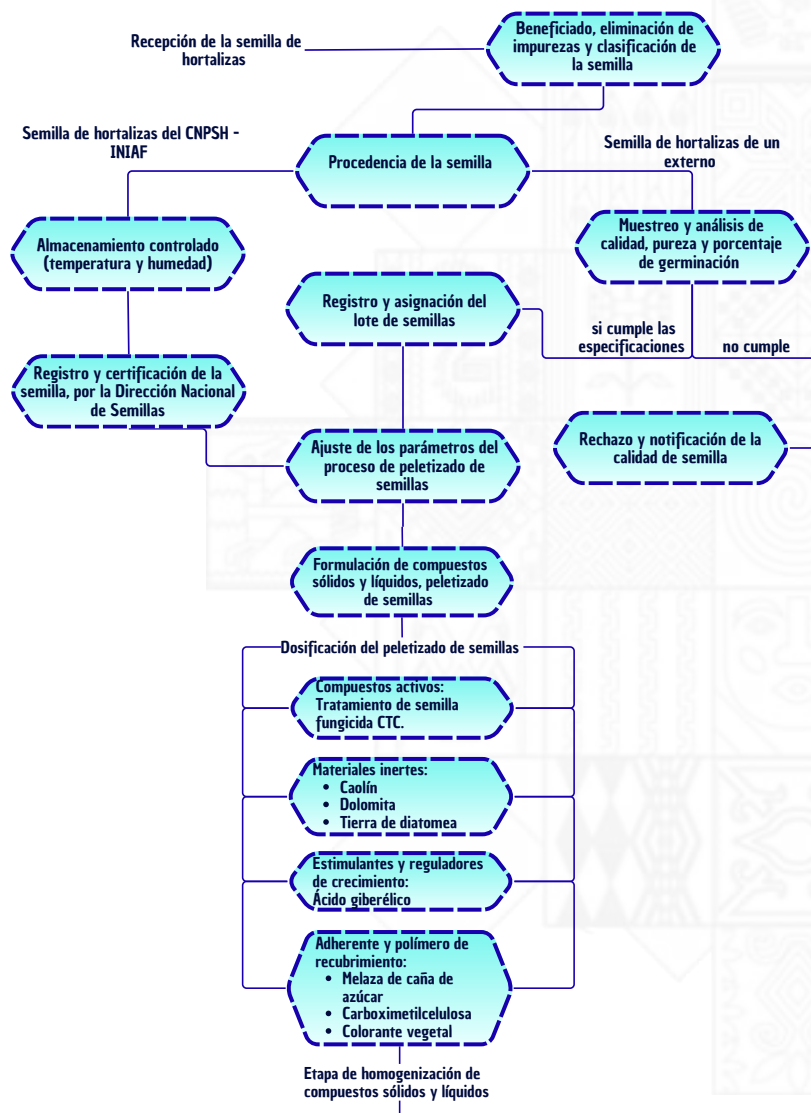
Figura 19. Equipos de laboratorio balanza y vasos de precipitado.

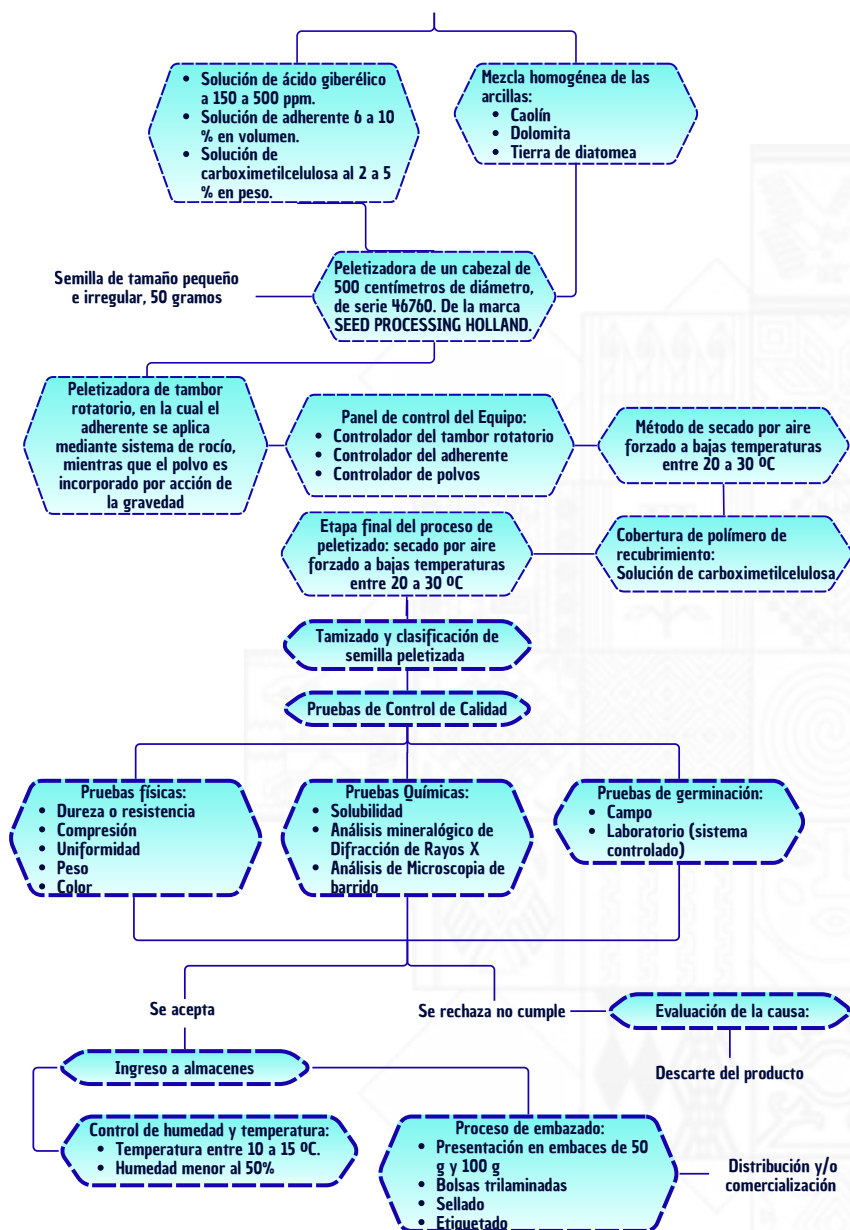


Figura 20. Materiales de laboratorio, tubos de ensayo y vasos de precipitado.

3. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA PELETIZADA

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA DE RECUBRIMIENTO EN SEMILLAS





4. METODOLOGÍA DE LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA PELETIZADA

4.1. SELECCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LA SEMILLA

Las semillas de tomate (*Solanum lycopersicum*), cebolla (*Allium cepa*) y zanahoria (*Daucus carota*) utilizadas en el proceso de peletizado son producidas y certificadas por el Centro Nacional de Producción de Semillas de Hortalizas (CNPSH), contando además con el aval de la Dirección Nacional de Semillas (DNS).

Estas semillas presentan un poder germinativo superior al 90%, garantizando su calidad fisiológica y cumpliendo con los estándares exigidos para la aplicación de la tecnología de peletizado.

El procesamiento mínimo establecido por lote es de 50 g, lo cual asegura uniformidad en el tratamiento. De acuerdo con lo señalado por (Copeland y McDonald 2001), este tipo de semilla constituye el insumo ideal para la implementación de tecnologías de recubrimiento y peletizado, orientadas a mejorar la eficiencia en la siembra y el establecimiento de plántulas en campo.



Figura 21. Semilla de tomate variedad INIAF Renacer.

4.2. FORMULACIÓN DE COMPUESTOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS

La formulación para el Peletizado de semillas de Hortalizas se detalla en la (Tabla 1) y está compuesta por:

Tabla 1. La formulación para el Peletizado de semillas de Hortalizas.

<i>Componente</i>	<i>Formulación de Compuestos Sólidos</i>	<i>Formulación de Compuestos Líquidos (Adherente)</i>	<i>Formulación de Compuestos Líquidos (Polímero)</i>	<i>Reguladores de Crecimiento</i>
<i>Ingredientes</i>	1.Caolín. 2.Dolomita. 3.Tierra de Diatomea.	1.Melaza de caña de azúcar. 2.Agua destilada.	1.Carboximetilc elulosa (CMC). 2. Agua destilada. 3. Colorante vegetal.	Ácido Giberélico (GA ₃)

4.2.1. PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE ÁCIDO GIBERÉLICO

- Pesar en una balanza de precisión 150 a 500 mg de GA₃ en una cápsula de weighed paper o micro contenedor (para 1 L de solución) (Mora Cruz, 2021).
- En un vaso de precipitados limpio, añadir de 5–10 mL de etanol al 70 % (o 1–2 mL de NaOH 0,1 N si así lo recomienda la fuente de la muestra), esto ayuda a disolver el GA₃. Nota: Usar la mínima cantidad de etanol necesaria (EPA, 2004).
- Añadir el polvo de GA₃ al solvente y agitar hasta disolución completa (para lograr una disolución completa se utiliza una agitación magnética o vortex).
- Transferir la solución disuelta a un matraz aforado de 1 L. Enjuagar el vaso de precipitados con pequeñas porciones de agua destilada (2–3 veces) y verter los enjuagues en el matraz para recuperar todo el reactivo.
- Completar con agua destilada hasta la marca de 1 L. Tapar y mezclar bien (agitar o invertir varias veces).



Figura 22. Pesaje de ácido giberélico.

4.2.2. PREPARACIÓN DE LOS COMPUESTOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS PARA EL PELETIZADO DE SEMILLAS

4.2.2.1. MEZCLA SÓLIDA

Pesar el caolín, dolomita y tierra de diatomeas en las cantidades indicadas. Colocar en un contenedor y homogeneizar completamente hasta obtener una distribución uniforme.



Figura 24. Solución líquida de miel de caña de azúcar.

4.2.2.3. SOLUCIÓN POLIMÉRICA (GELIFICANTE Y COLORANTE)

- Verter 1000 a 1500 mL de agua destilada en un vaso de precipitados y calentar a 100-150 °C en un agitador mecánico a 10 rpm.
- Adicionar 2 a 5 g de Carboximetilcelulosa (CMC) gradualmente para evitar grumos.
- Agitar y calentar hasta disolución completa, obteniendo una solución viscosa y homogénea.
- Incorporar 2 a 10 g de colorante vegetal y agitar hasta su completa dispersión.



Figura 23. Mezcla de compuestos sólidos (arcillas).

4.2.2.2. SOLUCIÓN ADHESIVA

En un vaso de precipitados, mezclar 35 a 50 mL de melaza de caña (Marca INDUSTRIAL BLOCH) con 465 a 450 mL de agua destilada. Homogeneizar en un agitador mecánico con calentamiento a 10 rpm y 120-150 °C hasta obtener una solución uniforme.



Figura 25. Solución líquida de carboximetilcelulosa.

4.3. PROCEDIMIENTO DEL PELETIZADO

4.3.1. PRIMERA ETAPA (RECUBRIMIENTO BASE)

- Colocar 50 g de semilla en el tambor giratorio del peletizador.
- Conectar la manguera de succión a la solución adherente (punto 3.2.2.2).
- Aplicar la solución adherente y la mezcla sólida según los parámetros de velocidad, volumen y tiempo establecidos en la tabla de control del equipo para esta etapa.
- Al finalizar, secar el material con aire a temperatura ambiente para eliminar exceso de humedad.



Figura 27. Conexión de la manguera de succión, solución líquida.



Figura 26. Recipiente de compuestos sólidos, equipo de peletizado.



Figura 28. Tambor giratorio del equipo de peletizado.

4.3.2. TABLA DE CONTROL EQUIPO DE PELETIZADO SEMILLA DE TOMATE

CONTROLADORES DEL EQUIPO DE PELETIZADO	VELOCIDADES DE LOS CONTROLADORES DEL EQUIPO DE PELETIZADO (rev/s)	TIEMPO INICIAL (min)	TIEMPO FINAL (min)
<i>Velocidad de rotación de tambor giratorio.</i>	1 a 2	0	4 a 5
<i>Velocidad y volumen de ingreso del adherente.</i>	65 a 70	0	4 a 5
<i>Volumen de ingreso de los sólidos.</i>	mínima a 1	0	4 a 5
<i>Velocidad de rotación de tambor giratorio</i>	2 a 2,5	4 a 5	6 a 7
<i>Velocidad y volumen de ingreso del adherente.</i>	70 a 75	4 a 5	6 a 7
<i>Volumen de ingreso de los sólidos.</i>	mínima a 1	4 a 5	6 a 7
<i>Velocidad de rotación de tambor giratorio.</i>	3 a 3,5	6 a 7	8 a 9
<i>Velocidad y volumen de ingreso del adherente.</i>	75 a 78	6 a 7	8 a 9
<i>Volumen de ingreso de los sólidos.</i>	mínima a 1	6 a 7	8 a 9
<i>Velocidad de rotación de tambor giratorio.</i>	4	8 a 9	12 a 13
<i>Velocidad y volumen de ingreso del adherente</i>	80 a 85	8 a 9	12 a 13
<i>Volumen de ingreso de</i>	na a 1	8 a 9	12 a 13

CONTROLADORES DEL EQUIPO DE PELETIZADO	VELOCIDADES DE LOS CONTROLADORES DEL EQUIPO DE PELETIZADO (rev/s)	TIEMPO INICIAL (min)	TIEMPO FINAL (min)
<i>Velocidad de rotación de tambor giratorio.</i>	4.5 a 5	12 a 13	16 a 17
<i>Velocidad y volumen de ingreso del adherente.</i>	85 a 90	12 a 13	16 a 17
<i>Volumen de ingreso de los sólidos.</i>	mínima a 1	12 a 13	16 a 17
<i>Velocidad de rotación de tambor giratorio.</i>	5 a 5,5	16 a 17	18 a 19
<i>Velocidad y volumen de ingreso del adherente.</i>	90 a 95	16 a 17	18 a 19
<i>Volumen de ingreso de los sólidos.</i>	mínima a 1	16 a 17	18 a 19
<i>Velocidad de rotación de tambor giratorio.</i>	5 a 5,5	18 a 19	20 a 21
<i>Velocidad y volumen de ingreso del adherente.</i>	0	18 a 19	20 a 21
<i>Volumen de ingreso de los sólidos.</i>	mínima a 1	18 a 19	20 a 21
<i>Velocidad de rotación de tambor giratorio.</i>	5 a 5,5	20 a 21	24 a 25
<i>Velocidad y volumen de ingreso del adherente.</i>	0	20 a 21	24 a 25
<i>Volumen de ingreso de los sólidos.</i>	0	20 a 21	24 a 25

4.3.3 SEGUNDA ETAPA (RECUBRIMIENTO POLIMÉRICO)

- Reintroducir el material pre-secado en el tambor giratorio.
- Conectar la manguera de succión a la solución polimérica.
- Aplicar la solución polimérica según los parámetros de velocidad y tiempo establecidos para esta etapa final.

3.3.4. TABLA DE CONTROL EQUIPO DE PELETIZADO

CONTROLADORES DEL EQUIPO DE PELETIZADO	VELOCIDADES DE LOS CONTROLADORES DEL EQUIPO DE PELETIZADO (rev/s)	TIEMPO INICIAL (min)	TIEMPO FINAL (min)
<i>Velocidad de rotación de tambor giratorio.</i>	1 a 2	0	5 a 6
<i>Velocidad y volumen de ingreso de la solución de polímero.</i>	50 a 60	0	5 a 6
<i>Velocidad de rotación de tambor giratorio.</i>	1 a 2	5 a 6	7 a 8
<i>Velocidad y volumen de ingreso de la solución de polímero.</i>	0	5 a 6	7 a 8

4.3.5. SECADO, TAMIZADO Y CONTROL DE CALIDAD

Secado: Someter las semillas peletizadas a un secado final con aire forzado a temperatura controlada (25–35°C) para alcanzar una humedad final inferior al 8%.

Tamizado: Pasar el producto por un tamizador vibratorio con mallas de 2–4 mm para uniformizar el tamaño, eliminar agregados irregulares y garantizar homogeneidad para siembra mecánica.



Figura 29. Proceso de secado, aire forzado a temperatura controlada 25–35 °C.

Control de Calidad: Realizar pruebas de:

- Diámetro: Verificar que los pellets estén dentro del rango de 2,5-3,5 mm usando un calibrador óptico.
- Solubilidad: Evaluar la integridad del recubrimiento mediante pruebas de solubilidad en agua.
- Humedad: Confirmar humedad <8% con un humidímetro digital.



Figura 30. Control de calidad, pruebas de solubilidad.

4.3.6. ALMACENAMIENTO

- Pesar el producto final tamizado.
- Envasar las semillas peletizadas en bolsas trilaminadas.
- Almacenar en condiciones controladas: temperatura entre 10-15 °C y humedad relativa menor al 50% para preservar la viabilidad de la semilla.

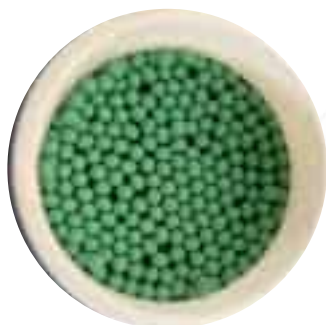


Figura 31. Almacenamiento del peletizado de semilla de tomate variedad INIAF Renacer.



Figura 32. Embrace de presentación de semilla peletizada de tomate.

5. CONTROL DE CALIDAD DE LA SEMILLA PELETIZADA

El control de calidad constituye una etapa esencial en la producción de semilla peletizada, ya que permite verificar que el producto final conserve su viabilidad fisiológica y cumpla con los estándares físicos y mecánicos requeridos para su uso en campo. Para este propósito, se aplican una serie de pruebas que evalúan parámetros críticos relacionados con la funcionalidad del peletizado.



Figura 34. Control de calidad, homogeneidad esférica.



Figura 33. Pruebas de solubilidad de semilla peletizada de tomate.

5.1. PRUEBAS DE SOLUBILIDAD

La prueba de solubilidad tiene como objetivo determinar la capacidad del recubrimiento para desintegrarse en presencia de humedad, simulando las condiciones del suelo al momento de la siembra. Se colocan semillas peletizadas en contacto con agua destilada o sustrato húmedo y se registra el tiempo de disolución o ablandamiento de la capa de recubrimiento. Un tiempo adecuado garantiza tanto la protección inicial de la semilla como su rápida liberación para permitir la germinación.

5.2. PRUEBA DE GERMINACIÓN EN BANDEJAS CON SUSTRATO

Se evalúa el poder germinativo de las semillas peletizadas en condiciones controladas. Para ello, se utilizan bandejas de germinación con sustrato previamente desinfectado, donde las semillas se distribuyen de forma uniforme y se mantienen bajo parámetros estandarizados de temperatura, humedad y luz. Se registra el porcentaje de emergencia y vigor de plántulas, comparando los resultados con semillas no tratadas. Esta prueba asegura que el proceso de peletizado no afecte la viabilidad fisiológica.



Figura 35. Control de calidad, pruebas de germinación en bandejas.

5.3. PRUEBA DE GERMINACIÓN EN LABORATORIO

La evaluación del poder germinativo de las semillas peletizadas se realizó en condiciones controladas de laboratorio. Para ello, se emplearon cajas Petri previamente esterilizadas, en las que las semillas fueron distribuidas de manera uniforme. El ensayo se desarrolló bajo parámetros estandarizados de temperatura, humedad y luz, garantizando un ambiente óptimo para el proceso de emergencia.

Durante la prueba se registró el porcentaje de germinación y el vigor de las plántulas, comparando los resultados obtenidos con semillas sin tratamiento. Este procedimiento permite verificar que el proceso de peletizado no comprometa la viabilidad fisiológica de las semillas y asegura la calidad del material propagativo destinado a la siembra.



Figura 35. Control de calidad, pruebas de germinación en bandejas.

6. APLICACIONES Y RECOMENDACIONES PRÁCTICAS

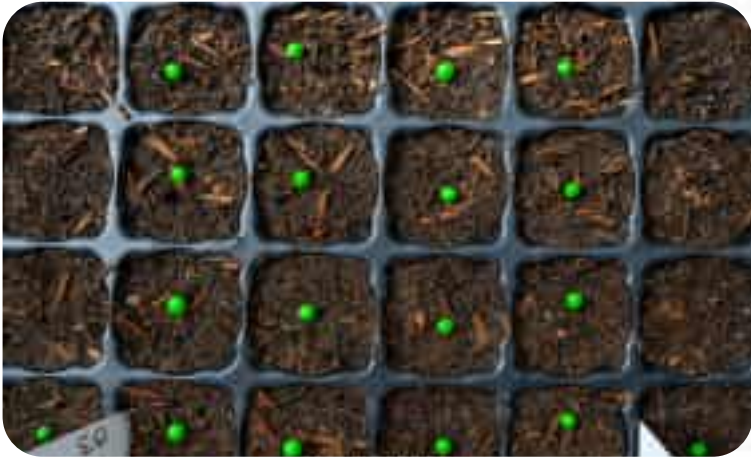


Figura 36. Semilla de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) variedad INIAF Renacer, con tratamiento de peletización, para siembra en bandejas de 128 cavidades.

La semilla de tomate peletizada está especialmente diseñada para facilitar la siembra mecanizada en bandejas alveoladas, ya que permite un posicionamiento uniforme dentro de cada cavidad. Además, gracias a su forma esférica y tamaño homogéneo, el pellet confiere a la semilla un comportamiento predecible en los dosificadores de las sembradoras automáticas; como resultado, se reduce significativamente el error de distribución y, por consiguiente, se evita la necesidad de una selección manual. Precisamente por estas razones, este tipo de aplicación es ampliamente utilizada en la producción de plantines de alta calidad destinados al trasplante en sistemas comerciales intensivos.

7. SEGURIDAD E HIGIENE EN EL MANEJO DE MATERIALES

Se requieren medios de protección personal durante el funcionamiento de la máquina. El controlador de la máquina suele estar en contacto con el producto con las manos, por lo que se recomienda encarecidamente la siguiente protección personal:

- Guantes.
- Zapatos de seguridad.
- Gafas protectoras: utilice gafas químicas completamente cerradas o un respirador que cubra toda la cara.
- Pantalón largo.
- Mono y manga larga.
- Máscara antipolvo P3 durante la elaboración de recetas, limpieza de máquinas y equipos cuando el polvo puede liberarse.



8. BIBLIOGRAFÍA

A. Celik, I. Ozturk, & T. R. Way. (2007). Effects of Various Planters on Emergence and Seed Distribution Uniformity of Sunflower. *Applied Engineering in Agriculture*, 23(1), 57–61. <https://doi.org/10.13031/2013.22331>

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>

ance. *Agriculture*, 10(11), 526. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110526>

Alvarez, M. A. V., Aguilar, A. S., Quiroga, F. F. V., Copa, V. A. C., Quispe, D. R. M., Limachi, I. M. G., Ali, E. Y., & Lemes, E. M. (2025). Priming Carrot Seeds as a Strategy to Improve Production Efficiency in Bolivia: Laboratory and Field Evaluation. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 28(8), 1604–1627. <https://doi.org/10.9734/jabb/2025/v28i82832>

Bewley, J. D., Bradford, K., Hilhorst, H., & nonogaki, hiroyuki. (2012). *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy*. Springer Science & Business Media.

Copeland, L. O., & McDonald, M. F. (2012). *Principles of Seed Science and Technology*. Springer Science & Business Media.

Fabila Martínez, L., Adame Martínez, S., & Serrato Cuevas, R. (2013). Efecto de la tierra de diatomeas en las propiedades químicas del suelo en el cultivo de maíz (Zea mays, L.). *RIAA*, 4(2), 13–26.

Finch-Savage, W. E., & Bassel, G. W. (2016). Seed vigour and crop establishment: Extending performance beyond adaptation. *Journal of Experimental Botany*, 67(3), 567–591. <https://doi.org/10.1093/jxb/erv490>

Grange, R. I., & Loach, K. (1983). Environmental factors affecting water loss from leafy cuttings in different propagation systems. *Journal of Horticultural Science*, 58(1), 1–7. <https://doi.org/10.1080/00221589.1983.11515083>

Javed, T., & Afzal, I. (2020a). 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>

John, J. S. (s. f.). *TIERRA DE DIATOMEAS (TdD)*.

Copeland, L. O., & McDonald, M. F. (2012). Principles of Seed Science and Technology. Springer Science & Business Media.

Fabila Martínez, L., Adame Martínez, S., & Serrato Cuevas, R. (2013). Efecto de la tierra de diatomeas en las propiedades químicas del suelo en el cultivo de maíz (*Zea mays*, L.). RIAA, 4(2), 13-26.

Finch-Savage, W. E., & Bassel, G. W. (2016). Seed vigour and crop establishment: Extending performance beyond adaptation. *Journal of Experimental Botany*, 67(3), 567-591. <https://doi.org/10.1093/jxb/erv490>

Grange, R. I., & Loach, K. (1983). Environmental factors affecting water loss from leafy cuttings in different propagation systems. *Journal of Horticultural Science*, 58(1), 1-7. <https://doi.org/10.1080/00221589.1983.11515083>

Javed, T., & Afzal, I. (2020a). 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>

John, J. S. (s. f.). TIERRA DE DIATOMEAS (TdD).

Kalaivani, K., Kalaiselvi, M. M., & Senthil-Nathan, S. (2016). Effect of methyl salicylate (MeSA), an elicitor on growth, physiology and pathology of resistant and susceptible rice varieties. *Scientific Reports*, 6(1), 34498. <https://doi.org/10.1038/srep34498>

Karayel, D., & Özmerzi, A. (2007). Comparison of vertical and lateral seed distribution of furrow openers using a new criterion. *Soil and Tillage Research*, 95(1-2), 69-75. <https://doi.org/10.1016/j.still.2006.11.001>

Lara, V., & Renán, S. (s. f.). Evaluación de la eficacia de dos Sistemas de Siembra en el rendimiento de tres Cultivares de Zanahoria (*Daucus carota*), en Colta, provincia de Chimborazo. Recuperado 30 de agosto de 2025, de <https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/050fa608-0900-4f06-bafa-7101dcc253b7>

Madsen, M. D., Petersen, S., & Taylor, A. G. (2017). Seed coating compositions and methods for applying soil surfactants to water-repellent soil (United States Patent No. US9554502B2). <https://patents.google.com/patent/US9554502B2/en>

Madsen, M. D., Petersen, S., & Taylor, A. G. (2017). Seed coating compositions and methods for applying soil surfactants to water-repellent soil (United States Patent No. US9554502B2). <https://patents.google.com/patent/US9554502B2/en>

Mora Cruz, Y. (2021). Morfogénesis in vitro de *Prosthechea vitellina* (Lindley) W. E. Higgins. [Thesis]. <http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/4619>

Pagano, A., Macovei, A., Xia, X., Padula, G., Hołubowicz, R., & Balestrazzi, A. (2023). Seed Priming Applied to Onion-Like Crops: State of the Art and Open Questions. *Agronomy*, 13(2), 288. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020288>

Pedrini, S., Bhalsing, K., Cross, A. T., & Dixon, K. W. (2018). Protocol Development Tool (PDT) for seed encrusting and pelleting. *Seed Science and Technology*, 46(2), 393–405. <https://doi.org/10.15258/sst.2018.46.2.21>

Pedrini, S., Lullfitz, D., Fontaine, A., Just, M., & Turner, S. (2025). Effectiveness and economic viability of native seed pelleting in large-scale seedling production for revegetation. *Science of The Total Environment*, 993, 180008. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.180008>

Pedrini, S., Merritt, D. J., Stevens, J., & Dixon, K. (2017). Seed Coating: Science or Marketing Spin? *Trends in Plant Science*, 22(2), 106–116. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.11.002>

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>

Silva, P. S. L., & Silva, P. I. B. (2003). Parcelamento da adubação nitrogenada e rendimento de espigas verdes de milho. *Horticultura Brasileira*, 21(2), 150–153. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362003000200005>

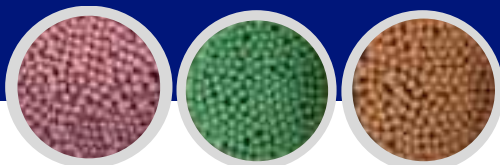
Taylor, A. G., Allen, P. S., Bennett, M. A., Bradford, K. J., Burris, J. S., & Misra, M. K. (1998). Seed enhancements. *Seed Science Research*, 8(2), 245–256. <https://doi.org/10.1017/S0960258500004141>

Taylor, A. G., Eckenrode, C. J., & Straub, R. W. (2001). Seed Coating Technologies and Treatments for Onion: Challenges and Progress. *HortScience*, 36(2), 199–205. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.36.2.199>



El futuro está en el campo

¡INNOVACIÓN TECNOLÓGICA!



CEBOLLA + TOMATE + ZANAHORIA



(591-2) - 2124404 - 2124411



INIAF@INIAF.GOB.BO



CALLE CAÑADA STRONGEST, ESQUINA OTERO DE LA VEGA, N° 1573 -
ZONA SAN PEDRO CENTRO



www.iniaf.gob.bo

ISBN: 978-9917-9853-8-1



9 789917 985381

