Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

Ingeniería Agronómica

Proyecto Especial de Graduación

Peletización de semillas de frijol “Tolupán rojo” inoculadas con micorrizas (Mycoral R)

Estudiante

Eva Guadalupe Guzman Guzman

Asesores

Gloria E. Arévalo, Dra.

Raphael W. Colbert, PhD.

Ricardo A. Peña, PhD.

Honduras, julio 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA O. TREJO RAMOS

Directora Departamento Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros 5

Índice de Anexos 7

Resumen 8

Abstract 9

Introducción 10

Materiales y Métodos 13

Ubicación del Experimento 13

Materiales Experimentales 13

Tratamientos 13

Preparación del Material Experimental 15

Peletizado de la Semilla 16

Variables Medidas 16

Mycoral Adherido 16

Índice de Durabilidad de Semilla Peletizada (IDSP) 16

Infección de Semilla Peletizada 17

Porcentaje de Germinación 18

Evaluación de Esporas en el Almacenamiento de la Semilla Peletizada 18

Diseño Experimental 18

Análisis Estadístico 18

Evaluación de los Costos Diferenciales en el Uso de Mycoral R en Polvo vs Peletización en Cultivo de Frijol “Tolupán Rojo” 19

Resultados y Discusión 20

Mycoral R Adherido 20

Índice de Durabilidad de la Semilla Peletizada (IDSP) 23

Infección de la Semilla Peletizada 27

Porcentaje de Germinación 30

Evaluación de Esporas en el Almacenamiento de la Semilla Peletizada 33

Costos diferenciales del uso del producto Mycoral R en polvo vs peletización en cultivo de frijol "Tolupán rojo" 36

Conclusiones 38

Recomendaciones 39

Referencias 40

Anexos 44

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Descripción de los tratamientos usados en el peletizado de semilla de frijol "Tolupán rojo" inoculados con micorriza (Mycoral R), EAP Zamorano, Honduras. 14

Cuadro 2 Efecto de la proporción de Mycoral R en el Mycoral R adherido (g/5 semillas) en semillas peletizadas de frijol "Tolupán rojo", EAP Zamorano, Honduras. 20

Cuadro 3 Efecto del adherente en el Mycoral R adherido (g/5 semillas) en semillas peletizadas de frijol "Tolupán rojo", EAP Zamorano, Honduras. 21

Cuadro 4 Mycoral R adherido (g/ 5 semillas) según el tipo y concentración del adherente y proporción de Mycoral R utilizado en la peletización semillas de frijol "Tolupán rojo", EAP Zamorano, Honduras. 22

Cuadro 5 Efecto de la proporción de Mycoral R en la durabilidad del peletizado de semilla de frijol "Tolupán rojo" EAP Zamorano, Honduras. 23

Cuadro 6 Efecto del adherente en la durabilidad del peletizado de semillas de frijol "Tolupán rojo", EAP Zamorano, Honduras. 24

Cuadro 7 Durabilidad (%) del Mycoral R según el tipo y proporción del adherente y proporción de mycoral R utilizado en el peletizado de semillas de frijol "Tolupán rojo", EAP Zamorano, Honduras. 25

Cuadro 8 Tratamientos seleccionados, que presentaron una mayor durabilidad en el Mycoral R usado al peletizado de semillas de frijol "Tolupán rojo", EAP Zamorano, Honduras. 27

Cuadro 9 Efecto de la proporción de Mycoral R en el número de esporas presentes en la semilla peletizada de frijol "Tolupán rojo", EAP Zamorano, Honduras. 28

Cuadro 10 Efecto del adherente en el número de esporas presentes en la semilla peletizada de frijol "Tolupán rojo", EAP Zamorano, Honduras. 28

Cuadro 11 Número de esporas presentes por semilla peletizada de frijol "Tolupán rojo" según adherente y proporción de Mycoral R, EAP Zamorano, Honduras.....29

Cuadro 12 Efecto de la proporción de Mycoral R en la germinación (%) de semillas peletizadas de frijol "Tolupán rojo", EAP Zamorano, Honduras. 30

Cuadro 13 Efecto del adherente en la germinación (%) de semillas peletizadas de frijol "Tolupán rojo", EAP Zamorano, Honduras. 31

Cuadro 14 Porcentaje de germinación (%) según adherente y Mycoral R en las semillas peletizadas de frijol "Tolupán rojo", EAP Zamorano, Honduras. 32

Cuadro 15 Efecto de la proporción de Mycoral R en el número de esporas por semilla peletizada de frijol "Tolupán rojo" a los 30 días de almacenamiento a temperatura ambiente, EAP Zamorano, Honduras. 34

Cuadro 16 Efecto del adherente en el número de esporas por semilla peletizada de frijol "Tolupán rojo" a los 30 días de almacenamiento, EAP Zamorano, Honduras. 34

Cuadro 17 Número de esporas por semilla peletizada de frijol "Tolupán rojo" a los 30 días de almacenamiento a temperatura ambiente, según el adherente y proporción de Mycoral R, EAP Zamorano, Honduras. 35

Cuadro 18 Costo de aplicación de Mycoral R en polvo/ha, EAP Zamorano, Honduras. 36

Cuadro 19 Costo de aplicación de Mycoral R en semilla peletizada con Azúcar al 60% + Mycoral R 80g/100 semillas /ha, EAP Zamorano, Honduras. 36

Cuadro 20 Costo de aplicación Mycoral R en semilla peletizada con Melaza al 70% + Mycoral R 80g/100 semillas /ha, EAP Zamorano, Honduras. 37

Índice de Anexos

Anexo A Azúcar 40% + Mycoral R 20g.....44

Anexo B Azúcar 60% + Mycoral R 20g.....45

Anexo C Melaza 70% + Mycoral R 20g.....46

Anexo D Azúcar 20% + Mycoral R 40g 47

Anexo E Azúcar 40% + Mycoral R 40g.....48

Anexo F Azúcar 60% + Mycoral R 40g.....49

Anexo G Melaza 70% + Mycoral R 40g.....50

Anexo H Azúcar 60% + Mycoral R 60g.....51

Anexo I Melaza 50% + Mycoral R 60g 52

Anexo J Azúcar 60% + Mycoral R 80g.....53

Anexo K Melaza 70% + Mycoral R 80g.....54

Resumen

La micorriza arbuscular se considera un bioestimulante benéfico en el aprovechamiento del suministro de fósforo y otros nutrientes, los efectos positivos han sido evidenciados, sin embargo, su aplicación en cultivos extensivos, como el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), no es factible por los altos costos de implementación. Para disminuir volumen de aplicación y costos de micorriza, se probó peletizar semillas con producto micorrizado. El objetivo fue determinar la forma más eficiente de peletizar semillas de frijol "Tolupán rojo" para inoculación de micorrizas. El recubrimiento de la semilla se realizó con cinco adherentes (goma arábiga, azúcar, melaza, linaza, almidón de yuca) en tres concentraciones cada una y el inoculante (Mycoral R) en cuatro proporciones (20, 40, 60 y 80 g/100 semillas), para un total de 60 tratamientos. La calidad de peletizado de la semilla se evaluó por medio de parámetros de adherencia (>0.66g Mycoral adherido/5 semillas), índice de durabilidad de semilla peletizada (>88.7%), esporas adheridas a la semilla (>10 esporas/semilla) y germinación (>88.7%). El diseño fue completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 15 × 4, análisis de varianza y separación de medias por Duncan ($P<0.05$). Los mejores peletizados se lograron con las relaciones adherente (%): Mycoral R (g/100semillas): Azúcar: Mycoral R en proporciones 20:60, 40:20, 40:40, 60:20, 60:40, 60:60, 60:80 y Melaza: Mycoral R: 50:60, 70:20, 70:40, 70:80. La melaza y azúcar fueron los mejores adherentes. Peletizar semillas de frijol reduce los costos de inoculación de micorrizas y puede hacer más eficiente la absorción de nutrientes y reducir costos de fertilización.

Palabras clave: adhesivos, micorrizas arbusculares, pildoración, recubrimiento de semillas.

Abstract

Arbuscular mycorrhiza is considered a beneficial bio stimulant in the use of phosphorus supply and other nutrients, the positive effects have been evidenced, however, its application in extensive crops, such as beans (*Phaseolus vulgaris* L.), is not feasible due to its high implementation costs. To reduce application volume and costs of mycorrhiza, pelleting seeds with the mycorrhizal product was tested. The objective was to determine the most efficient way to pelletize "Tolupán rojo" bean seeds for mycorrhizal inoculation. The seed coating was carried out with five adherents (gum arabic, sugar, molasses, linseed, cassava starch) in three concentrations each and the inoculant (Mycoral R) in four proportions (20, 40, 60 and 80 g/100 seeds), for a total of 60 treatments. Seed pelleting quality was evaluated by adherence parameters (> 0.66 g Mycoral adhered/5 seeds), pelleted seed durability index (>88.7%), spores adhered to the seed (>10 spores/seed) and germination (> 88.7%). The design was completely randomized (DCA) with 15 × 4 factorial arrangement, analysis of variance and separation of means by Duncan ($P<0.05$). The best pelleting was achieved with the following ratios: Adherent (%): Mycoral R (g/100seeds): Sugar: Mycoral R in proportions 20:60, 40:20, 40:40, 60:20, 60:40, 60:60, 60:80 and Molasses: Mycoral R: 50:60, 70:20, 70:40, 70:80. Molasses and sugar were the best adherents. Pelleting bean seeds reduces mycorrhizal inoculation costs which can make nutrient uptake more efficient and reduce fertilization cost.

Keywords: adhesives, arbuscular mycorrhiza*,* pelleting, seed pelleting.

Introducción

El cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es el segundo de mayor importancia después del maíz (*Zea mays* L.) en la alimentación de los hondureños (Obando et al. 2021). El 18% del área cultivable en el país está destinado a la producción de granos básicos, donde el cultivo de maíz y frijol constituyen el 60% en la dieta de las familias rurales, siendo éste último, la fuente principal de proteínas, fibra y minerales, (Rosas 2003; Salinas-Ramírez et al. 2012; Fernández V. y Sánchez C. 2017; Oseguera 2017).

De la nutrición de la planta depende una producción óptima para el abastecimiento de este alimento primario. Luego del nitrógeno (N), el fósforo (P) es el nutriente más limitante en la agricultura (Bieleski 1973). El rendimiento de los cultivos del 40% de las tierras cultivables del mundo, está limitado por la disponibilidad de fósforo, en gran parte, influenciado por las condiciones de pH del suelo, ausencia de material parental rico en este nutriente, y la presencia de otros minerales que reaccionan antagónicamente (Vance 2001; Diaz Lemus 2020), tales como hierro (Fe), aluminio (Al), y calcio (Ca) (Gyaneshwar et al. 2002). Ante esta situación, los productores aplican fertilizantes fosfatados al suelo, con la finalidad de mejorar su disponibilidad. Sin embargo, entre un 75%-90% del fósforo aplicado, queda adsorbido por las arcillas o reaccionan con los metales (Stevenson 1985), mientras que, otra parte es llevada por la escorrentía a los cuerpos de agua, donde su acumulación se encuentra generando una amenaza ambiental (Vance 2001; Syers et al. 2008).

La necesidad de alimentar a una población creciente, exige que la producción agrícola incremente sus rendimientos, no obstante, la utilización ineficiente de los recursos minerales podría tener un impacto directo al ambiente y una mayor vulnerabilidad al agotamiento de las fuentes naturales (U.S. Geological Survey 2022). Es por ello que, la adopción de prácticas que ayuden a hacer más eficiente el uso de estos recursos es fundamental, promoviendo métodos de reciclaje de nutrientes y recuperación de la biodiversidad edáfica que es clave en los ciclos de muchos minerales (Bardgett y van der Putten 2014; Amundson et al. 2015). Así, el desarrollo de biofertilizantes ha sido

contemplado como una importante alternativa al uso de fertilizante mineral (Grageda-Cabrera et al. 2012).

La implementación de biofertilizantes ha posicionado a la micorriza como una opción prometedora, que permite el aprovechamiento de los nutrientes por medio de la asociación simbiótica entre un hongo benéfico y las raíces de la planta (Vessey 2003). Las micorrizas vesículo-arbusculares (VAM) se encuentran haciendo simbiosis con muchos cultivos de interés agrícola, y su función está dirigida a favorecer las raíces de la planta, por medio del incremento del área radicular con la producción de extensas hifas que le ayudan a la planta a crecer en condiciones de estrés y deficiencia de nutrientes (Giovannetti y Sbrana 1998; Mohammadi et al. 2011) . Es por ello que también se designa como un bioestimulante, que va a mejorar la eficiencia nutricional y estado fisiológico de la planta a la que se asocie (Du Jardin 2015). La micorriza arbuscular permite especialmente, aprovechar el suministro del fósforo que se encuentra en el suelo, por medio de la captación hifal, la subsiguiente conversión a polifosfato, traslocación al arbúsculo y transferencia a las raíces de la planta (Tinker 1984; Harrison y van Buuren 1995).

Estudios han evidenciado los beneficios del uso de micorrizas en cultivos hortícolas bajo condiciones controladas (Feldmann et al. 2008; Koltai et al. 2008), así también, su utilización en cultivos extensivos ha favorecido a incrementar los rendimientos (Montaño Alvarado 2001; Ferraris y Couretot 2006), pese a ello, el uso de la micorriza (Mycoral R) implica un costo muy elevado a nivel de producción extensiva, lo que la hace no factible económicamente en su aplicación y adopción (Saenz Chauca 2002).

Por otro lado, el recubrimiento de semillas es una tecnología que ha sido utilizada para el manejo e incorporación de materiales que favorecen el establecimiento de la semilla y desarrollo de la planta en campo (Pedrini et al. 2017). Por lo que, la utilización de micorriza en recubrimiento de semillas podría ser una alternativa interesante. Gracias a la mínima cantidad de inoculante requerida, se reduciría significativamente los costos de su aplicación (Minero Ascencio 2003). Además, el peletizado asegurará el contacto de la micorriza con las raíces emergentes, así mismo, una eficiente

colonización en las primeras etapas de desarrollo de la planta (Rocha y Duarte et al. 2019). En la aplicación de inoculantes biológicos para el recubrimiento de semillas, la selección de la correcta concentración del adherente y el inoculante puede ser crucial para la germinación de la semilla y viabilidad del inoculante aplicado (Rocha y Ma et al. 2019).

Por lo tanto, la presente investigación tuvo como objetivo determinar la forma eficiente de peletizar semillas de frijol “Tolupán rojo” para la inoculación de micorrriza (Mycoral R), en función del adherente y la proporción de Mycoral R utilizada y determinar los costos de su implementación.

Materiales y Métodos

Ubicación del Experimento

El experimento se llevó a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada a 30 km de Tegucigalpa, Francisco Morazán, Honduras. El procedimiento de recubrimiento y evaluación de la semilla peletizada de frijol "Tolupán Rojo" fue ejecutado en el Laboratorio Académico de Suelos (LAS) y la Unidad de Investigación y Desarrollo de Cultivos (UIDC) del Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.

Materiales Experimentales

La semilla empleada en este estudio fue frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. *Tolupán Rojo,* que es una variedad mejorada de grano rojo que presenta un excelente potencial de rendimiento, resistencia a virus del mosaico dorado amarillo (VMDA), mosaico común (VMC), mancha angular causada por el hongo *Pseudocercospora graseoli* y tolerancia intermedia a sequía terminal y condiciones de suelo de baja fertilidad (Rosas et al. 2019).

El inoculante utilizado fue Mycoral R, producto comercial natural compuesto por micorrizas del género *Glomus sp*., *Acaulospora sp.* y *Entrophospora sp.*, en un sustrato suelo: arena (1:2) con presencia de raíces, clave para la sobrevivencia de la micorriza (Camargo-Ricalde et al. 2012).

Se utilizó como adherentes, materiales de origen natural, ya que se estaría trabajando con un inoculante biológico (micorriza). Los adherentes aplicados fueron goma arábiga, linaza, almidón de yuca, melaza y azúcar.

Tratamientos

Los tratamientos estuvieron compuestos por el factor micorriza (Mycoral R) y adherente. El producto Mycoral R se empleó en cuatro proporciones (20g/100 semillas, 40g/100 semillas, 60g/ 100 semillas, 80g/100 semillas). Por adherente se utilizó tres concentraciones: goma arábiga se empleó en las concentraciones 5%, 10% y 15%; el almidón de yuca en las concentraciones 1.5%, 3%, 5%; la linaza

en las concentraciones 12%, 18% y 24%; melaza se utilizó en las concentraciones 30%, 50% y 70%; y finalmente azúcar a concentración de 20%, 40% y 60% para un total de 60 tratamientos (Cuadro 1).

Cuadro 1

Descripción de los tratamientos usados en el peletizado de semilla de frijol "Tolupán rojo" inoculados con micorriza (Mycoral R), EAP Zamorano, Honduras.

Adherente	Concentración (%)	Inoculante Mycoral R (g/100semillas)
Goma arábiga	5	20
Goma arábiga	5	40
Goma arábiga	5	60
Goma arábiga	5	80
Goma arábiga	10	20
Goma arábiga	10	40
Goma arábiga	10	60
Goma arábiga	10	80
Goma arábiga	15	20
Goma arábiga	15	40
Goma arábiga	15	60
Goma arábiga	15	80
Almidón de yuca	1.5	20
Almidón de yuca	1.5	40
Almidón de yuca	1.5	60
Almidón de yuca	1.5	80
Almidón de yuca	3	20
Almidón de yuca	3	40
Almidón de yuca	3	60
Almidón de yuca	3	80
Almidón de yuca	5	20
Almidón de yuca	5	40
Almidón de yuca	5	60
Almidón de yuca	5	80
Linaza	12	20
Linaza	12	40
Linaza	12	60
Linaza	12	80
Linaza	18	20
Linaza	18	40
Linaza	18	60
Linaza	18	80
Linaza	24	20
Linaza	24	40

Adherente	Concentración	Inoculante Mycoral R (g/100semillas)
Linaza	24	60
Linaza	24	80
Melaza	30	20
Melaza	30	40
Melaza	30	60
Melaza	30	80
Melaza	50	20
Melaza	50	40
Melaza	50	60
Melaza	50	80
Melaza	70	20
Melaza	70	40
Melaza	70	60
Melaza	70	80
Azúcar	20	20
Azúcar	20	40
Azúcar	20	60
Azúcar	20	80
Azúcar	40	20
Azúcar	40	40
Azúcar	40	60
Azúcar	40	80
Azúcar	60	20
Azúcar	60	40
Azúcar	60	60
Azúcar	60	80

Preparación del Material Experimental

El Mycoral R tiene partículas con tamaño menor a 2 mm, y para usar en el recubrimiento, se tuvo que tamizar, para separar las partículas y raíces muy gruesas que no iban a ser aprovechadas en el peletizado. Luego de este procedimiento se logró una partícula de un tamaño menor a 600µm. El producto Mycoral R, en su presentación, asegura al menos 10 esporas/g de micorriza, por lo que debió hacerse un análisis de esporas al material que iba a ser utilizado (<600µm) encontrándose 12 esporas/g. La goma arábiga, polisacárido en polvo, proveniente de resina de acacia, pasó por un proceso térmico para solubilizarlo en agua para lograr sus cualidades de adhesivo; el almidón de yuca también requirió de altas temperaturas al solubilizarlo en agua. La linaza fue utilizada por Minero Ascencio (2003) en el procedimiento de peletizado de semilla de frijol, donde se aprovechó los

exudados que resultaron del proceso de cocción de la semilla. La melaza es conocida por su funcionalidad como adherente en el peletizado de briquetas (Mišljenović et al. 2016). En la Unidad de Investigación y Desarrollo de Cultivos (UIDC) se utiliza azúcar en la inoculación de *Rizhobium* en semilla de frijol, por lo que se tomó como un adherente para este experimento, solubilizado en agua al igual que todos los adherentes evaluados.

Peletizado de la Semilla

Se pesó 100 semillas de frijol variedad "Tolupán rojo", estas semillas se llevaron a un beaker de 1L donde se humedecieron con el adherente respectivo, para luego ir añadiendo el inoculante Mycoral R. Este proceso fue recurrente hasta lograr una semilla recubierta por la proporción de Mycoral R establecida. En promedio, el adherente utilizado en las proporciones de Mycoral R fue: 5mL en 20g de Mycoral R, 8mL en 40g de Mycoral R, 12mL en 60g de Mycoral R y 15mL en 80g de Mycoral R. Una vez completado el proceso de recubrimiento de las semillas, se llevaron a secar durante dos días a temperatura ambiente.

Variables Medidas

Mycoral Adherido

Se tomó una muestra de cinco semillas por tratamiento, se hizo una medición de peso previo al peletizado (P_i) y después, cuando la muestra se había secado (P_f). La diferencia de pesos dio como resultado el Mycoral R adherido (Ec. 1).

$$Mycoral\ adherido = P_f - P_i \quad [1]$$

Índice de Durabilidad de Semilla Peletizada (IDSP)

Dos días después de peletizada la semilla, se realizó la evaluación del IDSP con ayuda de un equipo Vortex (PanAmerican Seed 2018). Cinco semillas se agitaron durante un periodo de 30 segundos. Luego de este tiempo se evaluó desprendimiento o fractura del recubrimiento, como la diferencia del peso de la semilla peletizada después de haber pasado por el equipo Vortex (P_d) y el

peso de la semilla peletizada (P_f). El IDSP fue calculado por la fórmula del índice de durabilidad del pellet (PDI) (Mina-Boac et al. 2006) adaptado a semilla peletizada (Ec. 2).

$$IDSP = \frac{Myc\ adherido - (P_f - Pd)}{Myc\ adherido} \quad [2]$$

El parámetro de durabilidad fue determinante para seleccionar los tratamientos que cumplirían con los estándares de calidad física del peletizado, ya que se buscaba que la cantidad de Mycoral R que se logró adherir a la semilla no se perdiera al momento de la manipulación. Los tratamientos que presentaron una mayor durabilidad del recubrimiento fueron seleccionados.

A los tratamientos que se seleccionaron se les midieron las variables de infección de semilla peletizada y porcentaje de germinación.

Infección de Semilla Peletizada

Se llevó al laboratorio de UIDC una muestra de 10 semillas peletizadas por tratamiento para hacer la evaluación de la presencia de esporas por el método que se describe a continuación:

Aislamiento de Esporas.

La muestra de 10 semillas peletizadas se colocó en agua por un periodo de 30 minutos, una vez desprendido el Mycoral R, se separó de las semillas. El sustrato se pasó por tamices apilados de 40µm, 60µm y 200µm respectivamente. Con agua destilada se recogieron las partículas que quedaron en el tamiz de 200µm y fueron puestas en un tubo falcon, el cual se llevó a la centrífuga por cinco minutos. Transcurrido ese tiempo, se botó el sobrenadante de las muestras. El sedimento se resuspendió con una solución de 40% de azúcar y esta muestra se llevó por 2 minutos a la centrífuga. Posteriormente el sobrenadante se pasó por el tamiz de 325µm y este fue aforado a 10mL de agua destilada (Brundrett et al. 1994).

Conteo de Esporas.

Un mL de la muestra obtenida del aislamiento de esporas fue llevada a un estereoscopio para hacer el respectivo conteo de esporas presentes, expresado en número de esporas/mL, convirtiéndolo para expresarlo en número de esporas/semilla de acuerdo con la proporción de semillas que se utilizó.

Porcentaje de Germinación

En la unidad de Propagación de Plantas y Ornamentales se utilizaron bandejas con sustrato de musgo de pantano "Pindstrup" donde se colocaron a germinar 30 semillas por tratamiento. Luego de 8 días se evaluó la germinación (Vergani Boza 2018).

Evaluación de Esporas en el Almacenamiento de la Semilla Peletizada

Se evaluó el número de esporas por semilla, luego de un mes de almacenada la semilla peletizada de frijol "Tolupán rojo" a temperatura ambiente. Donde se tomó una muestra de 10 semillas por tratamiento.

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial de tratamientos de 15 × 4. Para las variables Mycoral R adherido e índice de durabilidad de la semilla peletizada se hicieron cuatro repeticiones para un total de 240 unidades experimentales. Los 26 tratamientos que presentaron mejor respuesta en durabilidad fueron seleccionados y se midió Infección de esporas en semilla peletizada donde se hicieron tres repeticiones para un total de 78 unidades experimentales. La variable porcentaje de germinación usó 27 tratamientos incluido el testigo y se hicieron tres repeticiones por tratamiento para un total de 81 unidades experimentales. El conteo de esporas en las semillas peletizadas luego de un mes de almacenamiento se hizo con los 11 tratamientos que tuvieron la mejor respuesta al peletizado, con tres repeticiones por tratamiento para un total de 33 unidades experimentales.

Análisis Estadístico

El estudio estuvo compuesto por dos factores: proporción del inoculante y adherente. El análisis estadístico se realizó empleando el programa estadístico SAS versión 9.4 (Statistical Analysis

System) analizando los datos correspondientes a la varianza por medio de un análisis ANDEVA y evaluando interacción entre los factores. La prueba DUNCAN fue empleada para la separación de medias con una probabilidad <0.05.

Evaluación de los Costos Diferenciales en el Uso de Mycoral R en Polvo vs Peletización en Cultivo de Frijol "Tolupán Rojo"

Los costos diferenciales de las formas de aplicación de Mycoral R fueron basados principalmente en el inóculo de Mycoral R aplicado por planta y el costo de mano de obra implementada, el resto de las actividades de manejo del cultivo se consideran equivalentes. Para hacer la evaluación de costos diferenciales se partió de las premisas: 200 mil semillas de frijol/ha a 10 semillas/m y 0.5m entre surco. Mycoral R en polvo aplicado 100g/m de siembra. Un jornal de 7h/ha para siembra. Peletizado en tolva mezcladora cementera que tiene un costo de $850 depreciado en cinco años, con una intensidad de uso de ocho semanas al año, trabajando cinco días a la semana y ocho horas al día. Con un consumo de gasolina de 0.6L/h de operación.

Resultados y Discusión

Mycoral R Adherido

El uso de Mycoral R en diferentes proporciones presentó diferencias significativas (P<0.05). La cantidad de Mycoral R adherido estuvo relacionada con la proporción de Mycoral R aplicado, siendo los tratamientos que contienen Mycoral R 80g los que mostraron un mayor peso y aquellos tratamientos con Mycoral R 20g los que presentaron una cantidad de Mycoral R adherido menor (Cuadro 2).

Cuadro 2

Efecto de la proporción de Mycoral R en el Mycoral R adherido (g/5 semillas) en semillas peletizadas de frijol "Tolupán rojo", EAP Zamorano, Honduras.

Mycoral R (g/100 semillas)	Mycoral R adherido (g/5 semillas)
20	0.85 d
40	1.58 c
60	2.38 b
80	3.20 a
R^2	0.87
CV%	20.53
Valor P	<0.0001 ***

Nota. Las medias con la misma letra indican que no existe diferencia significativa según la prueba de rangos múltiple de Duncan (>0.05).

En los adherentes, se encontró que hubo diferencias significativas entre ellos (P<0.05), y la melaza al 70% fue la que obtuvo una mayor adherencia del producto Mycoral R, mientras que, almidón de yuca al 1.5% y 3% y linaza al 18% y 24% resultaron en un menor peso del Mycoral R adherido (Cuadro 3).

Cuadro 3

Efecto del adherente en el Mycoral R adherido (g/5 semillas) en semillas peletizadas de frijol "Tolupán rojo", EAP Zamorano, Honduras.

Adherente	Concentración %	Mycoral R adherido (g)	
Almidón de yuca	1.5	1.74	de
Almidón de yuca	3.0	1.54	e
Almidón de yuca	5.0	2.04	bcd
Azúcar	20.0	2.03	bcd
Azúcar	40.0	1.90	cd
Azúcar	60.0	2.00	bcd
Goma arábiga	5.0	2.20	bc
Goma arábiga	10.0	2.15	bc
Goma arábiga	15.0	1.91	cd
Linaza	12.0	2.20	bc
Linaza	18.0	1.80	de
Linaza	24.0	1.71	de
Melaza	30.0	1.93	cd
Melaza	50.0	2.28	b
Melaza	70.0	2.61	a
R^2		0.87	
CV%		20.53	
Valor P		<0.0001***	

Nota. Las medias con la misma letra indican que no existe diferencia significativa según la prueba de rangos múltiple de Duncan (>0.05).

En la interacción de los factores Mycoral R y adherente, el tratamiento Mycoral R 80g + Melaza 70% presentó el mayor peso de producto Mycoral R adherido (Cuadro 4), sin embargo, cuando se hace la relación por semilla, se encuentra que hay una cantidad de Mycoral R superior a la proporcionada. Esta situación se mantiene para Mycoral R 60g, lo que puede deberse a una distribución no uniforme del Mycoral R en las semillas, así como también, por la cantidad de adherente usado, puede que el tiempo de secado de la semilla no haya sido completo, y de allí el peso extra por semilla.

Cuadro 4

Mycoral R adherido (g/ 5 semillas) según el tipo y concentración del adherente y proporción de Mycoral R utilizado en la peletización semillas de frijol "Tolupán rojo", EAP Zamorano, Honduras.

Adherente	Inoculante Mycoral (g/100 semillas)			
	20	40	60	80
Azúcar 20%	0.72 f	1.67 de	2.27 cd	3.44 b
Azúcar 40%	0.73 f	1.56 de	2.02 de	3.28 bc
Azúcar 60%	1.17 ef	1.48 d	2.69 c	2.67 cd
[β]G. arábiga 5%	0.81 f	1.94 de	2.70 c	3.36 bc
[β]G. arábiga 10%	0.96 ef	1.85 de	2.40 cd	3.37 bc
[β]G. arábiga 15%	0.91 ef	1.50 de	1.89 de	3.32 bc
Linaza 12%	1.14 ef	1.30 ef	3.00 bc	3.36 bc
Linaza 18%	0.66 f	1.41 ef	2.08 d	3.04 bc
Linaza 24%	0.83 f	1.29 ef	1.70 de	3.03 bc
Melaza 30%	0.93 ef	1.62 de	2.33 cd	2.85 c
Melaza 50%	0.87 f	2.00 de	2.88 bc	3.38 bc
Melaza 70%	1.00 ef	1.90 de	3.22 bc	4.30 a†
[α]A. Yuca 1.5%	0.68 f	1.07 ef	2.32 cd	2.90 bc
[α]A. Yuca 3%	0.68 f	1.24 ef	1.81 de	2.41 cd
[α]A. Yuca 5%	0.58 f	1.92 de	2.34 cd	3.33 c
R^2			0.87	
CV%			20.53	
Valor P Adherente × Mycoral R			0.007 **	

Nota. [β] Goma arábiga, [α] Almidón de yuca. Las medias con la misma letra indican que no existe diferencia significativa según la prueba de rangos múltiple de Duncan (>0.05). † indica el tratamiento que mostró los mejores resultados.

El hecho que unos tratamientos hayan necesitado un mayor tiempo de secado puede deberse a la cantidad de adherente aplicado, así también, el tipo de adherente empleado. La ley de Raoult explica que la presión de vapor se ve alterada debido a las interacciones entre el soluto y solvente, debido que la cantidad de partículas del soluto disueltas en la solución tienden a bloquear las posiciones superficiales, donde pueden salir las moléculas de agua, por lo que este proceso de evaporación es más tardío (Jaramillo 2007; Manzur y Cardoso 2015). Como en la adición del adherente melaza 70% hay un contenido mayor de soluto, esto explicaría el peso extra por efecto del tiempo de secado. Luego, los tratamientos que en la interacción presentaron un menor contenido de Mycoral R adherido fueron aquellos con Mycoral R 20g y, en Mycoral R 40g los tratamientos con los adherentes

linaza 12%, 18% y 24%, así como almidón de yuca 1.5% y 3%. Si se visualiza los tratamientos que contenían Mycoral R 20g, por la cantidad de adherente añadida (5 mL), existe una probabilidad mayor que todos lograran el peso seco luego de dos días, obteniendo de allí un peso más acertado a la adherencia, y como se muestra no hubo diferencias significativas por los adherentes empleados (P>0.05) (Cuadro 4).

Además, cabe anotar que, hubo tratamientos que, en función del adherente en sus tres concentraciones, el comportamiento de adherencia no se mostró igual en las cuatro proporciones de Mycoral R. Esto puede ser atribuido al procedimiento del peletizado, ya que se hizo de forma manual y el error incorporado de la manipulación pudo haber sido mayor.

Índice de Durabilidad de la Semilla Peletizada (IDSP)

Para el parámetro durabilidad se encontraron diferencias significativas (P<0.05) por efecto de la proporción de Mycoral R. Los tratamientos que contenían Mycoral R 80g, Mycoral R 60g y Mycoral R 40g presentaron un mayor IDSP respecto a Mycoral R 20g (Cuadro 5).

Cuadro 5

Efecto de la proporción de Mycoral R en la durabilidad del peletizado de semilla de frijol "Tolupán rojo" EAP Zamorano, Honduras.

Mycoral R (g/100 semillas)	IDSP (%)
20	66.8 b
40	76.1 a
60	76.4 a
80	78.3 a
R^2	0.93
CV%	10.74
Valor P	<0.0001***

Nota. IDSP (Índice de durabilidad de semilla peletizada). Las medias con la misma letra indican que no existe diferencia significativa según la prueba de rangos múltiple de Duncan (>0.05).

Los adherentes que mostraron una mayor durabilidad del peletizado fueron melaza y azúcar en sus tres concentraciones, mientras linaza 24% y almidón de yuca 1.5% mostraron una menor durabilidad de la semilla peletizada (Cuadro 6).

Cuadro 6

Efecto del adherente en la durabilidad del peletizado de semillas de frijol "Tolupán rojo", EAP Zamorano, Honduras.

Adherente	Concentración %	IDSP (%)
Almidón de yuca	1.5	50.7 f
Almidón de yuca	3.0	70.0 d
Almidón de yuca	5.0	72.8 d
Azúcar	20.0	94.3 ab†
Azúcar	40.0	98.4 ab†
Azúcar	60.0	98.5 ab†
Goma arábiga	5.0	61.1 e
Goma arábiga	10.0	79.7 c
Goma arábiga	15.0	92.5 b
Linaza	12.0	47.2 f
Linaza	18.0	39.0 g
Linaza	24.0	18.6 h
Melaza	30.0	93.9 ab†
Melaza	50.0	99.2 a†
Melaza	70.0	99.9 a†
R^2		0.93
CV%		10.74
Valor P		<0.0001***

Nota. IDSP (Índice de durabilidad de semilla peletizada). Las medias con la misma letra indican que no existe diferencia significativa según la prueba de rangos múltiple de Duncan (>0.05). † indica los tratamientos que mostraron los mejores resultados.

La interacción de los factores adherente y Mycoral R mostraron diferencias significativas en los tratamientos (P<0.05), donde aquellos tratamientos que tuvieron en todas las proporciones de Mycoral R los adherentes azúcar 60%, azúcar 40%, melaza 70%, melaza 50%, goma arábiga 15%, en las proporciones de Mycoral R 40g, 60g y 80g los adherentes azúcar 20% y melaza 30%, y Mycoral R 80g + Goma arábica 10% presentaron una mayor durabilidad de la semilla peletizada. Los tratamientos que tuvieron una menor durabilidad fueron linaza 18% + Mycoral R 20g y linaza 24% + Mycoral R 20g (Cuadro 7).

Cuadro 7

Durabilidad (%) del Mycoral R según el tipo y proporción del adherente y proporción de mycoral R utilizado en el peletizado de semillas de frijol "Tolupán rojo", EAP Zamorano, Honduras.

Adherente	Inoculante Mycoral R (g/100 semillas)			
	20	40	60	80
Azúcar 20%	86.9 b	98.8 a†	93.3 ab†	98.1 ab†
Azúcar 40%	98.5 a†	97.7 ab†	98.2 a†	98.3 a†
Azúcar 60%	98.1 ab†	98.6 a†	98.2 a†	99.0 a†
[β]G. arábiga 10%	61.1 d	85.0 bc	81.7 bc	91.0 ab†
[β]G. arábiga 15%	91.3 ab†	94.6 ab†	95.4 ab†	88.7 ab†
[β]G. arábiga 5%	32.6 f	60.6 d	81.6 bc	69.5 cd
Linaza 12%	47.1 e	44.1 e	45.7 e	52.0 de
Linaza 18%	11.1 gh	45.0 e	47.0 e	52.7 de
Linaza 24%	0.0 h	20.4 g	23.3 fg	30.7 fg
Melaza 30%	86.1 bc	95.5 ab†	97.8 ab†	96.3 ab†
Melaza 50%	99.8 a†	97.4 ab†	99.9 a†	99.6 a†
Melaza 70%	100.0 a†	100.0 a†	100.0 a†	100.0 a†
[α]A. de yuca 1.5%	44.1 e	51.2 de	52.0 de	54.9 de
[α]A. de yuca 3%	70.9 cd	75.3 c	64.7 cd	69.1 cd
[α]A. de yuca 5%	73.2 c	76.9 bc	66.2 cd	75.0 cc
R^2	0.93			
CV%	10.74			
Valor P Adherente × Mycoral R	<0.0001***			

Nota. [β] Goma arábiga, [α] Almidón de yuca. Las medias con la misma letra indican que no existe diferencia significativa según la prueba de rangos múltiple de Duncan (>0.05). † indica los tratamientos que mostraron los mejores resultados.

La melaza y azúcar, gracias a los cristales de sacarosa que se disuelven fácilmente en la solución, luego del recubrimiento de la semilla en la fase de secado, pasan a un proceso de recristalización donde se forman puentes sólidos con las partículas, a las cuales se adhieren y se crea una estructura sólida (Mišljenović et al. 2016). Además, como lo menciona Thomas (1998), los azúcares en forma de melaza, afectan positivamente a la dureza y durabilidad del pellet, debido a que gran parte de su azúcar ya está solubilizada, lo que conlleva a una recristalización más eficiente.

Los resultados encontrados en el presente estudio, concuerdan con los encontrados por Anyaipoma Terreros (2014) en su estudio de peletizado de semilla de trébol (*Trifolium repens*), donde determinó que el uso de azúcar rubia al 50% formaba una estructura de pellet adecuada. También

Kanashiro et al. (1978) encontró una buena peletización de la semilla de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) utilizando azúcar a un 14% de concentración.

La goma arábiga ha sido utilizada en la tecnología de recubrimiento de semillas (Lowther 1975; Hathcock et al. 1984). Panwar et al. (2020) usó goma arábiga al 5% para evaluar la influencia de un recubrimiento natural en semillas de cebolla (*Allium cepa*) para el almacenamiento, encontró buenos resultados. Sin embargo, en este estudio el uso de goma arábiga a 5% resultó en un deficiente IDSP, esto puede atribuirse al tipo de material usado como relleno, así como las diferencias morfológicas en las semillas, que hizo que esta formara una película más débil y quebradiza, sin embargo, en este estudio el uso de goma arábiga 15% mostró un buen IDSP, así también, goma arábiga 10% en la proporción de Mycoral R 80g. De manera general, los tratamientos con mejores resultados en durabilidad mostraron la tendencia de una dependencia principal en el adherente utilizado, ya que para las diferentes proporciones de Mycoral R no hubo diferencias significativas.

De los tratamientos que tuvieron una mejor respuesta al peletizado en función del IDSP, fueron seleccionados aquellos que tuvieron como adherentes azúcar 60%, azúcar 40%, melaza 70%, melaza 50%, goma arábiga 15%, además los tratamientos con azúcar 20% y melaza 30% en las proporciones de Mycoral R 40g, Mycoral R 60g y Mycoral R 80g (Cuadro 8).

Cuadro 8

Tratamientos seleccionados, que presentaron una mayor durabilidad en el Mycoral R usado al peletizado de semillas de frijol "Tolupán rojo", EAP Zamorano, Honduras.

Adherente	Concentración (%)	Inoculante Mycoral R (g/100semillas)
Azúcar	20	40
Azúcar	20	60
Azúcar	20	40
Azúcar	40	20
Azúcar	40	40
Azúcar	40	60
Azúcar	40	80
Azúcar	60	20
Azúcar	60	40
Azúcar	60	60
Azúcar	60	80
Goma arábiga	15	20
Goma arábiga	15	40
Goma arábiga	15	60
Goma arábiga	15	80
Melaza	30	40
Melaza	30	60
Melaza	30	80
Melaza	50	20
Melaza	50	40
Melaza	50	60
Melaza	50	80
Melaza	70	20
Melaza	70	40
Melaza	70	60
Melaza	70	80

Infección de la Semilla Peletizada

El efecto de la proporción de Mycoral R utilizada, generó diferencias significativas en el número de esporas presentes por semilla peletizada ($P<0.05$). Se evidencia que a mayor contenido de Mycoral R, se encuentra una mayor presencia de esporas, siendo Mycoral R 80g la que presentó los mejores resultados, mientras que, Mycoral R 20g presentó un menor contenido de esporas (Cuadro 9).

Cuadro 9

Efecto de la proporción de Mycoral R en el número de esporas presentes en la semilla peletizada de frijol "Tolupán rojo", EAP Zamorano, Honduras.

Mycoral R (g/100 semillas)	Esporas/semilla
20	13.29 d
40	19.33 c
60	26.86 b
80	41.86 a
R^2	0.88
CV%	22.62
Valor P	<0.0001***

Nota. Las medias con la misma letra indican que no existe diferencia significativa según la prueba de rangos múltiple de Duncan (>0.05).

El adherente tuvo un efecto significativo en la cantidad de esporas presentes por semilla, siendo melaza 50% y melaza 30% los adherentes que presentaron un contenido mayor de esporas por semilla. Luego el resto de los adherentes no presentaron diferencias significativas entre sí (Cuadro 10).

Cuadro 10

Efecto del adherente en el número de esporas presentes en la semilla peletizada de frijol "Tolupán rojo", EAP Zamorano, Honduras.

Adherente	Concentración (%)	Esporas/ semilla
Azúcar	20	25.42 bc
Azúcar	40	21.83 c
Azúcar	60	21.33 c
Goma arábiga	15	25 bc
Melaza	50	31.17 a†
Melaza	30	28.25 ab†
Melaza	70	24.33 bc
R^2		0.88
CV%		22.62
Valor P		0.01*

Nota. Las medias con la misma letra indican que no existe diferencia significativa según la prueba de rangos múltiple de Duncan (>0.05). † indica los tratamientos que mostraron los mejores resultados.

En la interacción del adherente y proporción de Mycoral R, los tratamientos que presentaron una mayor cantidad de esporas fueron Melaza 30% + Mycoral R 80g y Melaza 50% + Mycoral R 80g. Luego la cantidad de esporas fue relativamente proporcional a la cantidad de inoculante aplicado (Cuadro 11), lo cual está relacionado con la cantidad de Mycoral R que fue adherido a la semilla.

Cuadro 11

Número de esporas presentes por semilla peletizada de frijol "Tolupán rojo" según adherente y proporción de Mycoral R, EAP Zamorano, Honduras.

Adherente	Inoculante Mycoral R (g/100 semillas)			
	20	40	60	80
Azúcar 20%		20.3 de	33.3 c	35.3 bc
Azúcar 40%	13.0 e	16.0 de	19.0 de	39.3 bc
Azúcar 60%	14.0 de	24.3 cd	24.0 cd	23.0 d
[β]G. Arábiga 15%	10.0 e	24.33 cd	28.0 by	37.7 bc
Melaza 30%		20.3 de	27.0 cd	52.3 ab†
Melaza 50%	15.3 de	13.3 e	35.0 bx	61.0 a†
Melaza 70%	14.6 de	16.7 de	21.7 de	44.3 b
R^2			0.88	
CV%			22.62	
Valor P Adherente × Mycoral R			<0.0001***	

Nota. [β] Goma arábiga. Las medias con la misma letra indican que no existe diferencia significativa según la prueba de rangos múltiple de Duncan (>0.05). † indica los tratamientos que mostraron los mejores resultados.

Minero Ascencio (2003) utilizó 0.15g del inóculo Mycoral R en semillas de frijol, asegurando 2.7 esporas de micorriza por semilla, y cuando hizo la evaluación de infección de raíces encontró que la cantidad de raíces infectadas era mayor al evaluarle con el inóculo en polvo y sin uso de micorriza. Los resultados en este estudio son oportunos ya que se asegura que al menos 10 esporas se encuentran presentes por semilla.

Las esporas son propágulos de las micorrizas, cuando éstas encuentran las condiciones favorables, se establecen e infectan las raíces de la planta hospedera para reproducirse y hacer la simbiosis, así también, el tiempo de establecimiento juega un rol muy importante en la infección que se logre obtener por planta (Aguilar-Ulloa et al. 2015). Como lo menciona Toro et al. (2008) el potencial infectivo puede verse también afectado por el manejo que se le da al cultivo, ya sea prácticas de

adición de fertilizantes que inhiban el desarrollo de la asociación. Por otro lado, es importante conocer las condiciones del suelo donde se llevará la inoculación de esporas, ya que como menciona Sieverding (1990), al haber una cantidad elevada de hongos nativos se generará competencia, inhibiendo la colonización y efecto de los hongos agregados. En el caso de los suelos de la región, las prácticas agrícolas convencionales han generado una reducción en la diversidad de los organismos del suelo que pueden favorecer el aprovechamiento de los elementos nutrientes que se encuentran retenidos por este.

Porcentaje de Germinación

En el porcentaje de germinación por efecto de Mycoral R se encontraron diferencias significativas ($P<0.05$). El testigo presentó el mayor porcentaje de germinación y el Mycoral R 80g el menor (Cuadro 12).

Cuadro 12

Efecto de la proporción de Mycoral R en la germinación (%) de semillas peletizadas de frijol "Tolupán rojo", EAP Zamorano, Honduras.

Mycoral R (g/100 semillas)	Germinación (%)
0	99.0 a
20	84.9 b
40	82.4 b
60	78.4 b
80	66.4 c
R^2	0.84
CV%	10.67
Valor P	<0.0001***

Nota. Las medias con la misma letra indican que no existe diferencia significativa según la prueba de rangos múltiple de Duncan (>0.05).

El porcentaje de germinación (%), por efecto del adherente, mostró diferencias significativas ($p<0.05$). El testigo y azúcar presentaron un mayor porcentaje de germinación, y melaza 30% junto con goma arábiga 15% presentaron los más bajos niveles de germinación (Cuadro 13).

Cuadro 13

Efecto del adherente en la germinación (%) de semillas peletizadas de frijol "Tolupán rojo", EAP Zamorano, Honduras.

Adherente	Concentración (%)	Germinación (%)	
Testigo	0	99	a†
Azúcar	20	73.3	ef
Azúcar	40	82.8	cd
Azúcar	60	93.3	ab†
Goma arábiga	15	67.2	fg
Melaza	30	60.3	g
Melaza	50	78.0	de
Melaza	70	88.4	bc
R^2		0.84	
CV%		10.67	
Valor P		<0.0001***	

Nota. Las medias con la misma letra indican que no existe diferencia significativa según la prueba de rangos múltiple de Duncan (>0.05). † indica los tratamientos que mostraron los mejores resultados.

La interacción de los factores adherente y Mycoral R mostró diferencias significativas ($P<0.05$). El testigo presentó una mayor germinación de la semilla peletizada junto con los tratamientos con las relaciones adherente (%): Mycoral R (g/100semillas): Azúcar: Mycoral R en proporciones 20:60, 40:20, 40:40, 60:20, 60:40, 60:60, 60:80 y Melaza: Mycoral R: 50:60, 70:20, 70:40, 70:80 (Cuadro 14).

Cuadro 14

Porcentaje de germinación (%) según adherente y Mycoral R en las semillas peletizadas de frijol "Tolupán rojo", EAP Zamorano, Honduras.

Adherente	Inoculante Mycoral R (g/ 100 semillas)				
	Testigo 0	20	40	60	80
Testigo 0	99.0 a†				
Azúcar 20%			95.6 ab†	73.3 bc	51.0 cd
Azúcar 40%		89.0 ab†	93.3 ab†	75.7 bc	73.3 bc
Azúcar 60%		94.6 ab†	91.0 ab†	94.3 ab†	93.3 ab†
GA 15%		74.3 bc	63.3 C	70.0 bc	61.0 c
Melaza 30%			59.0 C	63.3 c	41.0 d
Melaza 50%		83.3 B	81.0 B	91.0 ab†	56.7 c
Melaza 70%		90.0 ab†	93.7 ab†	81.0 b	88.7 ab†
R^2				0.84	
CV%				10.67	
Valor P Adherente × Mycoral R				<0.0001***	

Nota. GA (goma arábiga). Las medias con la misma letra indican que no existe diferencia significativa según la prueba de rangos múltiple de Duncan (>0.05). † indica los tratamientos que mostraron los mejores resultados.

Govinden-Soulange y Levantard (2008) recubrieron semillas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) usando polvo de acacia, luego retiraron el recubrimiento de algunas semillas. Llevaron a germinar las semillas recubiertas y las que se les retiró el recubrimiento, encontrando que el porcentaje de germinación de las semillas recubiertas fue menor que las que se les había retirado el recubrimiento, por lo que de alguna manera el recubrimiento estaría alterando la germinación de las semillas. Los tratamientos que mostraron una menor germinación pueden deberse a la capa que se creó alrededor de las semillas creando una barrera mecánica mayor, así como la limitada disponibilidad de oxígeno al embrión (Sachs et al. 1981).

Lowther (1975) encontró ventajas recubriendo semillas de trébol con goma arábiga y recubrimiento de cal, la cual favoreció su establecimiento poco después de la inoculación, resultados que difieren a los encontrados en el presente estudio cuando las semillas se llevaron a sembrar dos días después del procedimiento de peletizado. Se encontró que los tratamientos con goma arábiga 15% redujeron ≥25% la germinación, y esto puede resultar de la película que formó la goma arábiga,

al ser agregada en capas a la semilla, se crea una estructura de difícil deformación, lo que también estaría influenciando en el flujo de oxígeno (O_2) a la semilla, reduciendo la disponibilidad del oxígeno al embrión (Valle-Guadarrama 2008).

Hathcock et al. (1984) sugiere que el adhesivo puede favorecer a la germinación proveyendo cierta protección a la disecación, lo cual puede ocurrir en condiciones de deficiencia de agua. Mientras que, regar en exceso una semilla peletizada podría ocasionar un pobre intercambio gaseoso para la supervivencia del embrión en la germinación (Johnny´s Selected Seeds 2020).

Por otro lado, Pliego-Marín et al. (2013) hicieron una evaluación en variedades de frijol criollas en México evaluando estrés hídrico de la semilla por medio de la adición de osmolitos, dentro de ellos la sacarosa. Los resultados en su estudio demostraron que la germinación de la semilla no se vio reducida respecto al testigo, salvo en la variedad Frijolón, también se demostró variaciones en la germinación por efecto de la concentración de azúcar, donde hay variedades que respondieron mejor a bajas concentraciones de azúcar (0.3 MPa) y otras a altas concentraciones (0.6 MPa).

Los resultados de este estudio pueden explicar el hecho de que el adherente azúcar y melaza haya afectado en mayor o menor medida la germinación de la semilla peletizada de frijol “Tolupán rojo”, sería interesante investigar en las propiedades o potencial germinativo del frijol de la variedad “Tolupán rojo” para entender mejor el comportamiento a la adición de sacarosa al medio y su respuesta ante las diferentes concentraciones, porque de acuerdo con este estudio hubo una mayor germinación a mayor concentración de los adherentes melaza y azúcar.

Evaluación de Esporas en el Almacenamiento de la Semilla Peletizada

La proporción de Mycoral R tuvo un efecto significativo en el número de esporas por semilla peletizada ($P<0.05$), donde Mycoral R 80g presentó el mayor valor, mientras en el resto de las proporciones no se encontró diferencias significativas (Cuadro 15).

Cuadro 15

Efecto de la proporción de Mycoral R en el número de esporas por semilla peletizada de frijol "Tolupán rojo" a los 30 días de almacenamiento a temperatura ambiente, EAP Zamorano, Honduras.

Mycoral R (g/100 semillas)	Esporas/semilla
20	9.8 b
40	8.9 b
60	10.7 b
80	18.0 a
R^2	0.8
CV%	24.8
Valor P	<0.0001***

Nota. Las medias con la misma letra indican que no existe diferencia significativa según la prueba de rangos múltiple de Duncan (>0.05).

El adherente utilizado generó diferencias significativas en el número de esporas por semilla peletizada (P<0.05). Los adherentes azúcar 60%, azúcar 40% y melaza 70% son los que mostraron una mayor presencia de esporas (Cuadro 16).

Cuadro 16

Efecto del adherente en el número de esporas por semilla peletizada de frijol "Tolupán rojo" a los 30 días de almacenamiento, EAP Zamorano, Honduras.

Adherente	Concentración (%)	Esporas/semilla
Azúcar	60	13.3 a†
Azúcar	40	10.3 ab†
Azúcar	20	6.3 b
Melaza	70	12.3 a†
Melaza	50	6.3 b
R^2		0.8
CV%		24.8
Valor P		0.0085**

Nota. Las medias con la misma letra indican que no existe diferencia significativa según la prueba de rangos múltiple de Duncan (>0.05). † indica los tratamientos que mostraron los mejores resultados.

La interacción de los factores Mycoral R y adherente mostró diferencias significativas (P<0.05) en los tratamientos para el número de esporas por semillas peletizadas de frijol "Tolupán rojo". Los tratamientos Melaza 70% + Mycoral R 80g, Azúcar 60% + Mycoral R 80g y Azúcar 60% + Mycoral R 60g presentaron mayor número de esporas por semilla peletizada. Estos resultados están relacionados a

la cantidad de Mycoral R añadida; siendo los que tienen mayor contenido de Mycoral R donde hay más esporas viables presentes (Cuadro 17).

Cuadro 17

Número de esporas por semilla peletizada de frijol "Tolupán rojo" a los 30 días de almacenamiento a temperatura ambiente, según el adherente y proporción de Mycoral R, EAP Zamorano, Honduras.

Adherente	Inoculante Mycoral (g/100 semillas)			
	20	40	60	80
Azúcar 20%		6.3 c		
Azúcar 40%	10.0 bc	10.0 bc		
Azúcar 60%	7.7 c	13.0 b	15.0 ab†	17.0 ab†
Melaza 50%			6.3 c	
Melaza 70%	11.7 bc	6.3 c		20.2 a†
R^2		0.8		
CV%		24.80		
Valor P Adherente × Mycoral R		0.0182*		

Nota. Las medias con la misma letra indican que no existe diferencia significativa según la prueba de rangos múltiple de Duncan (>0.05). † indica los tratamientos que mostraron los mejores resultados.

Con este resultado no se puede inferir la sobrevivencia de las esporas (%), debido a que fueron evaluados de otro lote de Mycoral R el cual pudo contener características diferentes a las primeras evaluaciones de esporas. Cabe mencionar que se puede determinar que, ante situaciones de poca o nula disponibilidad de agua por 30 días, se encontró la presencia de esporas en la semilla almacenada, y como lo menciona Gazey et al. (1993) gracias a las cualidades de esta estructura de reproducción y de resistencia a condiciones no adecuadas, la espora entra en dormancia para germinar cuando las condiciones sean favorables.

Costos diferenciales del uso del producto Mycoral R en polvo vs peletización en cultivo de frijol "Tolupán rojo"

La aplicación de Mycoral R en polvo involucra un costo de 1,108.07 USD/ha al tomar en cuenta que en estudios anteriores se aplica 100g de Mycoral R por metro para 10 semillas el cultivo de frijol (Cuadro 18).

Cuadro 18

Costo de aplicación de Mycoral R en polvo/ha, EAP Zamorano, Honduras.

Costos diferenciales	Costo/Unidad		Cantidad		Valor
	USD/kg	USD/h	kg/ha	horas/ha	USD/ha
Mycoral R	0.55	-	2,000	-	1,094
Mano de obra	-	2.04	-	7	14.28
Total					1,108.07

Nota. Tasa de cambio: 1 USD= L. 24.38

Los costos implicados en peletizar la semilla con Mycoral R 80g, usando como adherente azúcar 60% son de 129.32 USD/ha (Cuadro 19) y los costos de peletizar semilla de frijol "Tolupán rojo" con Mycoral R 80g + melaza 70% son 115.08 USD/ha (Cuadro 20). De tal forma que en el peletizado de semillas el uso de melaza presenta una mayor reducción de costos.

Cuadro 19

Costo de aplicación de Mycoral R en semilla peletizada con Azúcar al 60% + Mycoral R 80g/100 semillas /ha, EAP Zamorano, Honduras.

Costos diferenciales	Costo/Unidad		Cantidad		Valor
	USD/kg	USD/h	kg/ha	h/ha	USD/ha
Mycoral R	0.55	-	160	-	88.00
Azúcar	0.93	-	18	-	16.74
Mano de obra	-	2.04	-	7	14.28
Combustible		0.94		7	6.58
Tolva mezcladora		0.53		7	3.72
Total					129.32

Nota. Tasa de cambio: 1 USD= L. 24.38

Cuadro 20

Costo de aplicación Mycoral R en semilla peletizada con Melaza al 70% + Mycoral R 80g/100 semillas /ha, EAP Zamorano, Honduras.

Costos diferenciales	Costo/Unidad		Cantidad		Valor
	USD/kg	USD/h	kg/ha	h/ha	USD/ha
Mycoral R	0.55	-	160	-	88.00
Melaza	0.14	-	18	-	2.50
Mano de obra		2.04	-	7.00	14.28
Combustible		0.94		7.00	6.58
Tolva mezcladora		0.53		7.00	3.72
Total					115.08

Nota. Tasa de cambio: 1 USD= L. 24.38

Con estos resultados se confirma lo encontrado por Minero Ascencio (2003) referente a la reducción de los costos de la implementación de peletizar semillas. La tecnología de recubrimiento de semillas de frijol “Tolupán Rojo” para inoculación de micorriza, estaría disminuyendo los costos de aplicación 850% usando como adherente azúcar y 950% usando como adherente melaza.

Conclusiones

Los adherentes melaza y azúcar tuvieron el mejor comportamiento en el peletizado de semillas de frijol “Tolupán rojo” con la inoculación de micorriza (Mycoral R). La inoculación de micorrizas (Mycoral R) en el peletizado de semillas de frijol aseguró una buena infección de esporas por semilla peletizada, mayor o igual a 10 esporas.

El peletizado de semillas de frijol “Tolupán rojo” inoculadas con Mycoral R podría ser considerada como una propuesta para implementación en el campo ya que los costos son reducidos respecto a la aplicación en polvo.

Recomendaciones

Evaluar en condiciones de campo la respuesta productiva del cultivo de frijol “Tolupán rojo” a la inoculación de la semilla con los tratamientos que tuvieron una mejor respuesta al peletizado.

Realizar un ensayo completo para conocer la viabilidad de las esporas en semillas peletizadas de frijol “Tolupán rojo” en almacenamiento.

Realizar estudios posteriores con la utilización de esta tecnología para determinar el efecto en la eficiencia en absorción de nutrientes y reducción de costos de fertilización.

Referencias

Aguilar-Ulloa W, Arce-Acuña P, Galiano-Murillo F, Torres-Cruz T. 2015. Aislamiento de esporas y evaluación de métodos de inoculación en la producción de micorrizas en cultivos trampa. Tecnología en Marcha; [consultado el 28 de jun. de 2022]. Edición Especial Biocontrol:5–14. https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v29s3/0379-3982-tem-29-s3-5.pdf.

Amundson R, Berhe AA, Hopmans JW, Olson C, Sztein AE, Sparks DL. 2015. Soil science. Soil and human security in the 21st century. Science. 348(6235):1261071. English. doi:10.1126/science.1261071.

Anyaipoma Terreros CK. 2014. "Peletización de semillas de trébol con *Pseudomonas* sp aisladas de la rizósfera de maca, y evaluación de su efecto en la emergencia de semillas". Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. 83 p; [consultado el 30 de may. de 2022]. http://190.119.243.88/bitstream/handle/20.500.12996/2334/F04-A559-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Bardgett RD, van der Putten WH. 2014. Belowground biodiversity and ecosystem functioning. Nature. 515(7528):505–511. eng. doi:10.1038/nature13855.

Bieleski RL. 1973. Phosphate pools, phosphate transport and phosphate availabiliity. Anual Review of Plant Physiology. 24:225–252. doi:10.1146/annurev.pp.24.060173.001301.

Brundrett M, Melville L, Peterson L. 1994. Practical methods in mycorrhiza research: based on a workshop organized in conjunction with the ninth North American Conference on mycorrhizae, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canadá. Mycologue publications.

Camargo-Ricalde SL, Montaño NM, De la Rosa-Mera CJ, Montaño Arias SA. 2012. Micorrizas: una gran unión bajo el suelo. Revista Digital Universitaria; [consultado el 23 de may. de 2022]. 13(7). http://www.revista.unam.mx/vol.13/num7/art72/art72.pdf.

Diaz Lemus RE. nov. 2020. Estudio semidetallado de suelos en las zonas de estudio semidetallado de suelos en las zonas de Ferrari y Masicarán, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras [Tesis]. Valle de Yeguare, San Antonio de Oriente: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 92 p; [consultado el 13 de jun. de 2022].

Du Jardin P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. Scientia Horticulturae. 196:3–14. doi:10.1016/j.scienta.2015.09.021.

Feldmann, Hallmann, Wagner, Long X-q, Yang R, Schneider C, Hutter I, Ceipek B, Fan J, Zheng X, et al., editores. 2008. Mycorrhiza works: Proceedings of the international symposium "Mycorrhiza for the Plant Vitality" and the joint meeting of workings groups 1-4 of COST Action 870, 03-05 October 2007, Hannover, Germany. 1ª ed. Braunschweig: DPG. 364 p. (DPG Spectrum Phytomedizin). ISBN: 9783941261013. English; [consultado el 20 de jun. de 2022]. http://p11631.typo3server.info/fileadmin/download/MycorrhizaWorks.pdf.

Fernández V. A, Sánchez C. E. 2017. Estudio de las propiedades físico químicas y calidad nutricional en distintas variedades de frijol consumidas en México. Nova Scientia; [consultado el 12 de jun. de 2022]. 9(18):133–148.

Ferraris G, Couretot L. 2006. Evaluación de la inoculación con micorrizas en maíz bajo diferentes ambientes de fertilidad. [sin lugar]: Proyecto Regional Agrícola, CERBAN. 6 p.

Gazey C, Abbott LK, Robson AD. 1993. Vesicular arbuscular mycorrhizal spores from three species of Acaulospora: germination, longevity and hyphal growth. Mycological Research. 97(7):785–790. doi:10.1016/S0953-7562(09)81150-7.

Giovannetti M, Sbrana C. 1998. Meeting a non-host: the behaviour of AM fungi. Mycorrhiza. 8(3):123–130. doi:10.1007/s005720050224.

Govinden-Soulange J, Levantard M. 2008. Comparative studies of seed priming and pelleting on percentage and meantime to germination of seeds of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). African Journal of Agricultural Research; [consultado el 6 de jun. de 2022]. 3(10):725–731.

Grageda-Cabrera OA, Díaz-Franco A, Peña-Cabriales JJ, Vera-Nuñez JA. 2012. Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas; [consultado el 14 de nov. de 2021]. 3(6):1261–1274. https://cutt.ly/nTcoYY1.

Gyaneshwar P, Kumar GN, Parekh LJ, Poole PS. 2002. Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. En: Adu-Gyamfi JJ, editor. Food security in nutrient-stressed environments: exploiting plant´s genetic capabilities. Dordrecht: Springer Netherlands. p. 133–143.

Harrison M, van Buuren M. 1995. A phosphate transporter from the mycorrhizal fungus *Glomus versiforme*. Nature. 378:626–629. doi:10.1038/378626a0.

Hathcock AL, Dernoeden PH, Turner TR, McIntosh MS. 1984. Tall fescue and kentucky bluegrass response to fertilizer and lime seed coatings (AJ). Agronomy Journal; [consultado el 14 de jun. de 2022]. 76:879–883.

Jaramillo O. 2007. Estados de la materia; líquidos. Morelos, México: Universidad Nacional Autónoma de México; [consultado el 28 de jun. de 2022]. 35 p. https://www.ier.unam.mx/~ojs/pub/Liquid3/liquid3pdf.pdf.

Johnny´s Selected Seeds. 2020. Pelleted seeds. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 29 de jun. de 2022]. 1 p. Johnnyseeds.com.

Kanashiro M, Kageyama P, Machado Márquez F. 1978. Peletização de sementes de Eucalyptus. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais; [consultado el 7 de abr. de 2022]. (17):67–73. https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr17/cap05.pdf.

Koltai, Meir, Resnick N, Shlomo E, editores. 2008. Mycorrhiza works: Proceedings of the International Symposium "Mycorrhiza for the Plant Vitality" and the Joint Meeting of Workings Groups 1-4 of COST Action 870, 03-05 October 2007, Hannover, Germany. 1ª ed. Braunschweig: DPG. 364 p. (DPG Spectrum Phytomedizin). ISBN: 9783941261013. English. http://p11631.typo3server.info/fileadmin/download/MycorrhizaWorks.pdf.

Lowther WL. 1975. Pelleting materials for oversown clover. New Zealand Journal of Experimental Agriculture. 3(2):121–125. doi:10.1080/03015521.1975.10425787.

Manzur A, Cardoso J. 2015. Velocidad de evaporación del agua. Revista Mexicana de Física; [consultado el 26 de jun. de 2022]. 61:31–34.

Mina-Boac J, Maghirang RG, Casada ME. 2006. Durability and Breakage of Feed Pellets during Repeated Elevator Handling. En: 2006 Portland, Oregon, July 9-12, 2006. 2006 Portland, Oregon, July 9-12, 2006. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural and Biological Engineers.

Minero Ascencio JA. 2003. Evaluación de métodos de inoculación de maíz y frijol con micorrizas VAM. Honduras: Zamorano. 24 p; [consultado el 6 de dic. de 2022]. https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5342/1/CPA-2003-T047.pdf.

Mišljenović N, Čolović R, Vukmirović Đ, Brlek T, Bringas CS. 2016. The effects of sugar beet molasses on wheat straw pelleting and pellet quality. A comparative study of pelleting by using a single pellet press and a pilot-scale pellet press. Fuel Processing Technology. 144:220–229. doi:10.1016/j.fuproc.2016.01.001.

Mohammadi K, Khalesro S, Sohrabi Y, Heidar G. 2011. A review: beneficial effects of the mycorrhizal fungi for plant growth. Journal of Applied Environmental and Biological Sciences; [consultado el 12 de jun. de 2022]. 1(9):310–319.

Montaño Alvarado GG. 2001. Evaluación de los beneficios de la inoculación. Valle de Yeguare, San Antonio de Oriente: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 44 p; [consultado el 20 de jun. de 2022].

Obando D, Durón M, Uclés M, Del Cid J, Martínez O, Villagran E, Lara N, Aguilar V. 2021. Plan de resiliencia climática de la cadena nacional de frijol Honduras. Cali, Colombia: Alliance of Bioversity International and CIAT. 33 p; [consultado el 6 de dic. de 2022]. https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/113984.

Oseguera M. 2017. Análisis situación actual del subsector de granos básicos en Honduras, retos y perspectivas. Honduras: COHEP. 68 p; [consultado el 6 de dic. de 2022]. https://cutt.ly/7Tx4tgJ.

PanAmerican Seed. 2018. ¿Qué es la peletización de semillas? [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 7 de jun. de 2022]. https://www.youtube.com/watch?v=9FhrMudmytA.

Panwar A, Thakur AK, Sharma P, Negi S, Nalwa C, Bisht A. 2020. Influence of botanical seed pelleting on storability of onion (*Allium cepa* L.). Indian Journal Of Agricultural Research. doi:10.18805/IJARe.A-5571.

Pedrini S, Merritt DJ, Stevens J, Dixon K. 2017. Seed coating: science or marketing spin? Trends Plant Sci. 22(2):106–116. eng. doi:10.1016/j.tplants.2016.11.002.

Pliego-Marín L, López-Baltazar J, Aragón-Robles E. 2013. Características físicas, nutricionales y capacidad germinativa de frijol criollo bajo estrés hídrico. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas; [consultado el 7 de jun. de 2022]. (6):1197–1209. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342013001000011&script=sci_abstract.

Rocha I, Duarte I, Ma Y, Souza-Alonso P, Látr A, Vosátka M, Freitas H, Oliveira RS. 2019. Seed coating with arbuscular mycorrhizal fungi for improved field production of chickpea. Agronomy. 9(8):471. doi:10.3390/agronomy9080471.

Rocha I, Ma Y, Souza-Alonso P, Vosátka M, Freitas H, Oliveira RS. 2019. Seed coating: a tool for delivering beneficial microbes to agricultural crops. Front Plant Sci. 10:1357. eng. doi:10.3389/fpls.2019.01357.

Rosas JC. 2003. El cultivo de frijol común en América Tropical. [sin lugar]: [sin editorial]. 62 p. ; [consultado el 13 de jun. de 2022].

Rosas JC, Rodriguez I, Escoto D, Meza N. 2019. Propuesta de liberación de la variedad de frijol "Tolupán rojo". Tegucigalpa: [sin editorial].

Sachs M, Cantliffe DJ, Nell TA. 1981. Germination studies of clay coated sweet pepper capsicum annuum cultivar early calwonder seeds. Journal of American Society for Horticultural Science; [consultado el 7 de may. de 2022]. 106(3):385–389. https://eurekamag.com/research/005/523/005523144.php.

Saenz Chauca VL. 2002. Evaluación y caracterización de cuatro inoculantes comerciales de micorrizas en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), pasto Tanzania (*Panicum maximun* jacq) y pasto Transvala (*Digitaria de cumbens* Stent). Honduras: Zamorano. 49 p; [consultado el 13 de jun. de 2022]. https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2197/1/CPA-2002-T103.pdf.

Salinas-Ramírez N, Escalante-Estrada JA, Rodríguez-González MT, Sosa-Montes E. 2012. Rendimiento y calidad nutrimental del frijol ejotero en dos ambientes. Revista Fitotecnia Mexicana. 35(4):317. doi:10.35196/rfm.2012.4.317.

Sieverding E. 1990. Ecology of VAM fungi in tropical agrosystems. Agriculture, Ecosystems and Enviroment. 29(1-4):369–390. doi:10.1016/0167-8809(90)90303-U.

Stevenson FJ. 1985. Cicles of soils. Carbon, nitogen, phosphorus, sulfure, micronutrients. [sin lugar]: [sin editorial] ; [consultado el 21 de jun. de 2022].

Syers JK, Johnston AE, Curtin D. 2008. Efficiency of soil and fertilizer phosphorus use: Reconciling changing concepts of soil phosphorus behaviour with agronomic information. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. xi, 108 (FAO fertilizer and plant nutrition bulletin; vol. 18). ISBN: 9789251059296; [consultado el 13 de jun. de 2022].

Thomas M. 1998. Physical quality of pelleted feed. A feed model study. [sin lugar]: [sin editorial]. 257 p. ISBN: 90-5485-87-9; [consultado el 27 de jun. de 2022].

Tinker PB. 1984. The role of microorganisms in mediating and facilitating the uptake of plant nutrients from soil. Plant and soil. 76(1-3):77–91. doi:10.1007/BF02205569.

Toro M, Bazó I, López M. 2008. Micorrizas arbusculares y bacterias promotoras de crecimiento vegetal, biofertilizantes nativos de sistemas agrícolas bajo manejo conservacionista. Agronomía Tropical; [consultado el 28 de jun. de 2022]. 58(3). http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0002-192X2008000300002&script=sci_arttext.

U.S. Geological Survey. 2022. Mineral commodity summaries 2022. [sin lugar]. 206 p.

Valle-Guadarrama S. 2008. Recubrimiento comestible basado en goma arábica y carboximetilcelulosa para conservar frutas en atmósfera modificada. Revista Chapingo Serie Horticultura. XIV(3):235–241. doi:10.5154/r.rchsh.2005.11.051.

Vance CP. 2001. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. Plant nutrition in a world of declining renewable resources. Plant Physiology. 127(2):390–397. doi:10.1104/pp.010331.

Vergani Boza IN. 2018. Efecto de la peletización con inóculos promotores de crecimiento de semilla de maca (*Lepedium meyenii*) como alternativa a la inoculación en líquido [Tesis]. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina; [consultado el 7 de abr. de 2022]. https://bit.ly/3IbcqzG.

Vessey JK. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and soil. 255:571–586. doi:10.1023/A:1026037216893.

Anexos

Anexo A

Azúcar 40% + Mycoral R 20g

Anexo B

Azúcar 60% + Mycoral R 20g

Anexo C

Melaza 70% + Mycoral R 20g

Anexo D

Azúcar 20% + Mycoral R 40g

Anexo E

Azúcar 40% + Mycoral R 40g

Anexo F

Azúcar 60% + Mycoral R 40g

Anexo G

Melaza 70% + Mycoral R 40g

Anexo H

Azúcar 60% + Mycoral R 60g

Anexo I

Melaza 50% + Mycoral R 60g

Anexo J

Azúcar 60% + Mycoral R 80g

Anexo K

Melaza 70% + Mycoral R 80g