

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**Estratificación en frío, corte de semillas y microorganismos
eficientes en la propagación sexual de palto
(*Persea americana* Mill.). Ayacucho**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:
Paul Roy Conde Vilca**

Ayacucho – Perú

2019

A Dios por darme la vida.

Mi eterna gratitud, a mi madre Teresa Vilca Nuñez, por ser la mujer que impulso todo lo que fui desde niño y sobre todo en reconocimiento a su humildad, motivación y su sacrificado esfuerzo hizo posible la culminación de mi carrera profesional.

A mis tíos Isaías Guillén Quispe y Elva Reyna Vilca Nuñez quienes con sus ejemplos, dedicación y esfuerzo supieron guiarme y apoyarme en todo momento sin importar las dificultades ni los desafíos que se presentan en la vida.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Agronomía, alma máter en la formación profesional, ética y moral durante los años de mi vida universitaria.

Agradezco de manera especial y sincera al Dr. Juan Ramiro Palomino Malpartida, por su asesoramiento incondicional, motivación y su capacidad para guiar mis ideas, lo cual han sido la clave en el desarrollo y conducción del presente trabajo de investigación.

Para mis maestros de la Facultad de Ciencias Agrarias tengo sólo palabras de agradecimiento por compartir conocimientos y experiencias en mi formación profesional y personal que fueron de gran valor. Debo destacar mi más sincero agradecimiento a la M.Cs. Roberta Esquivel Quispe, por su motivación, orientación y sus valiosas sugerencias en la ejecución del presente trabajo de investigación.

Mis agradecimiento más profundo y sentido a mi familia por su inestimable apoyo y constante estímulo para finalizar este proyecto; en especial reconocimiento a Obed Conde Vilca y Sandra Pariona Huamán, por brindarme su tiempo, paciencia y ser apoyo en momentos de decline y cansancio.

Quiero extender mis sinceros agradecimientos a mis amigos y compañeros por compartir gratos momentos y sobre el papel que han tenido a lo largo de mi vida universitaria y es por ello que debo resaltar en especial agradecimiento a Flor Adelaida Cancho Yance, por ser cómplice y sobre todo por la motivación oportuna e incondicional durante la elaboración y ejecución del presente trabajo de investigación.

Finalmente, debo agradecer a todas aquellas personas por haberme brindado su amistad, tiempo, consejos, apoyo y motivación en las diferentes etapas de mi vida; algunas siguen presentes hasta el día hoy y otras persisten en mis recuerdos, sin importar en donde estén quiero darles las infinitas gracias por ser parte de este gran sueño.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras.....	x
Índice de anexos.....	xi
Resumen.....	13
Introducción	15
 CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	
1.1. Palto (<i>Persea americana</i> Mill.).....	17
1.2. Semilla.....	23
1.3. Tratamientos pre germinativos	31
1.4. Propagación del palto	35
1.5. Microorganismos eficientes (EM).....	39
 CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	
2.1. Ubicación del experimento.....	43
2.2. Características del vivero	45
2.3. Características física y química del sustrato.....	45
2.4. Materiales, equipos e insumos.....	46
2.5. Planeamiento del experimento	47
2.6. Instalación y conducción del experimento	50
2.7. Parámetros de evaluación	54
 CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
3.1. Tiempo de germinación.....	56
3.2. Altura de planta	63
3.3. Diámetro de tallo	71
3.4. Número de hojas.....	78
3.5. Materia seca de la parte aérea de la planta	84
3.6. Materia seca del sistema radicular.....	90

Conclusiones.....	97
Recomendaciones	98
Referencia bibliográfica.....	99
Anexo.....	104

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. Composición química de la semilla de palto en base natural.....	19
Tabla 1.2. Composición química proximal de la semilla de palto (base seca)...	20
Tabla 1.3. Contenido de polifenoles totales y taninos en semillas de palto (base seca).....	21
Tabla 2.1. Temperatura máxima, mínima y media promedio mensual nivel del vivero.....	45
Tabla 2.2. Análisis de caracterización del sustrato utilizado en la investigación.....	46
Tabla 2.3. Descripción de los tratamientos del experimento.....	49
Tabla 2.4. Temperatura diaria a nivel de cámara fría (refrigerador) y laboratorio.....	53
Tabla 3.1. Análisis de variancia para tiempo de germinación en semilla de palto.....	56
Tabla 3.2. Análisis de variancia de los efectos simples de las interacciones en diferentes de cortes de semillas y tiempos de estratificación en frío para el tiempo de germinación en semilla de palto.....	57
Tabla 3.3. Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples de cortes de semillas (S) en diferentes tiempos de estratificación en frío para el tiempo de germinación en semillas de palto.....	58
Tabla 3.4. Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples de tiempos de estratificación en frío (T) en diferentes cortes de semillas para el tiempo de germinación en semillas de palto.....	58
Tabla 3.5. Análisis de variancia de los efectos simples de las interacciones de diferentes cortes de semillas y microorganismos eficientes para el tiempo de germinación en semilla de palto.....	61
Tabla 3.6. Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples de cortes de semillas (S) en diferentes niveles de microorganismos eficientes para el tiempo de germinación en semilla de palto (días).....	62

Tabla 3.7.	Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples de microorganismos eficientes (M) en diferentes cortes de semillas para el tiempo de germinación en semilla de palto (días)...	62
Tabla 3.8.	Análisis de variancia para altura de planta (cm).....	64
Tabla 3.9.	Análisis de variancia de los efectos simples simples de las interacciones en diferentes cortes de semillas, niveles de microorganismos eficientes y tiempos de estratificación en frío para altura de planta de palto (cm).....	65
Tabla 3.10.	Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de cortes de semillas (S) en diferentes niveles de microorganismos eficientes por tiempos de estratificación en frío para altura de planta de palto (cm).....	66
Tabla 3.11.	Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de microorganismos eficientes (M) en diferentes cortes de semillas por tiempos de estratificación en frío para altura de planta de palto (cm).....	67
Tabla 3.12.	Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de tiempos de estratificación en frío (T) en diferentes cortes de semillas por microorganismos eficientes para altura de planta de palto (cm).....	68
Tabla 3.13.	Análisis de variancia para diámetro de tallo de palto (mm).....	72
Tabla 3.14.	Análisis de variancia de los efectos simples simples de las interacciones en diferentes cortes de semillas, niveles de microorganismos eficientes y tiempos de estratificación en frío para diámetro de tallo de palto (mm).....	73
Tabla 3.15.	Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de cortes de semillas (S) en diferentes niveles de microorganismos eficientes por tiempos de estratificación en frío para diámetro de tallo de palto (mm).....	74
Tabla 3.16.	Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de microorganismos eficientes (M) en diferentes cortes de semillas por tiempos de estratificación en frío para diámetro de tallo de palto (mm).....	75

Tabla 3.17.	Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de tiempos de estratificación en frío (T) en diferentes cortes de semillas por microorganismos eficientes para diámetro de tallo de palto (mm).....	75
Tabla 3.18.	Análisis de variancia para número de hojas.....	78
Tabla 3.19.	Análisis de variancia de los efectos simples simples de las interacciones en diferentes cortes de semillas, niveles de microorganismos eficientes y tiempos de estratificación en frío para número de hojas.....	79
Tabla 3.20.	Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de cortes de semillas (S) en diferentes niveles de microorganismos eficientes por tiempos de estratificación en frío para número de hojas.....	80
Tabla 3.21.	Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de microorganismos eficientes (M) en diferentes cortes de semillas por tiempos de estratificación en frío para número de hojas.....	81
Tabla 3.22.	Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de tiempos de estratificación en frío (T) en diferentes cortes de semillas por microorganismos eficientes para número de hojas.....	81
Tabla 3.23.	Análisis de variancia para materia seca de la parte aérea de la planta (%)......	84
Tabla 3.24.	Análisis de variancia complementario de los efectos simples simples de las interacciones en diferentes cortes de semillas, niveles de microorganismos eficientes y tiempos de estratificación en frío para materia seca de la parte aérea de la planta (%)......	85
Tabla 3.25.	Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de cortes de semillas (S) en diferentes niveles de microorganismos eficientes por tiempos de estratificación en frío para materia seca de la parte aérea de la planta (%)......	86
Tabla 3.26.	Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de microorganismos eficientes (M) en diferentes	

	cortes de semillas por tiempos de estratificación en frío para materia seca de la parte aérea de la planta (%).....	87
Tabla 3.27.	Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de tiempos de estratificación en frío (T) en diferentes cortes de semillas por microorganismos eficientes para materia seca de la parte aérea de la planta (%).....	87
Tabla 3.28.	Análisis de variancia para materia seca del sistema radicular (%)...	90
Tabla 3.29.	Análisis de variancia complementario de los efectos simples simples de las interacciones en diferentes cortes de semillas, niveles de microorganismos eficientes y tiempos de estratificación en frío para materia seca radicular (%).....	91
Tabla 3.30.	Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de cortes de semillas (S) en diferentes niveles de microorganismos eficientes por tiempos de estratificación en frío para materia seca del sistema radicular (%).....	92
Tabla 3.31.	Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de microorganismos eficientes (M) en diferentes cortes de semillas por tiempos de estratificación en frío para materia seca del sistema radicular (%).....	93
Tabla 3.32.	Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de tiempos de estratificación en frío (T) en diferentes cortes de semillas por microorganismos eficientes para materia seca del sistema radicular (%).....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Principales inhibidores del desarrollo vegetal.....	29
Figura 2.1. Ubicación del trabajo de investigación a nivel de vivero y laboratorio.....	44
Figura 2.2. Cortes de los cotiledones en semilla de palto para el ensayo.....	48
Figura 3.1. Tiempo de germinación (días) de cortes de semillas en diferentes tiempos de estratificación en frío.....	59
Figura 3.2. Efecto de cortes de cotiledones en la germinación de semillas de palto.....	60
Figura 3.3. Tiempo de germinación de cortes de semillas en diferentes niveles de microorganismos eficientes.....	63
Figura 3.4. Altura de planta de palto (cm) en las interacciones de los diferentes cortes de semillas, niveles de microorganismos eficientes y tiempos de estratificación en frío.....	69
Figura 3.5. Efecto de cortes de semillas en la altura de plantas de palto a los seis meses de edad.....	70
Figura 3.6. Diámetro de tallo de palto (mm) en las interacciones de los diferentes cortes de semillas, niveles de microorganismos eficientes y tiempos de estratificación en frío.....	76
Figura 3.7. Efecto de los microorganismos eficientes en semillas con cortes de cotiledones a nivel apical, basal y lateral en el diámetro de tallo en plantas de palto.....	77
Figura 3.8. Número de hojas en las interacciones de los diferentes cortes de semillas, niveles de microorganismos eficientes y tiempos de estratificación en frío.....	82
Figura 3.9. Efecto de cortes de semillas en número de hojas en planta de palto	83
Figura 3.10. Materia seca de la parte aérea de la planta (%) en las interacciones de los diferentes cortes de semillas, niveles de microorganismos eficientes y tiempos de estratificación en frío.....	88
Figura 3.11. Efecto de cortes de cotiledones en acumulación de materia seca en plantas de palto.....	89
Figura 3.12. Materia seca del sistema radicular (%) en las interacciones de los diferentes cortes de semillas, niveles de microorganismos eficientes y tiempos de estratificación en frío.....	95

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO I: PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	
Tabla 1. Tiempo de germinación (días) por cada tratamiento.....	105
Tabla 2. Altura de planta (cm) por cada tratamiento.....	106
Tabla 3. Diámetro de tallo (mm) por cada tratamiento.....	107
Tabla 4. Número de hojas por cada tratamiento.....	108
Tabla 5. Materia seca de la parte aérea de la planta (%) por cada tratamiento...	109
Tabla 6. Materia seca del sistema radicular (%) por cada tratamiento.....	110
Tabla 7. Costo de producción del tratamiento (T28: cortes apical + basal + lateral, 0 EM y sin estratificación en frío) que logró obtener portainjertos de palto en el menor tiempo.....	111
Figura 1. Distribución de los tratamientos empleados en el ensayo es completamente randomizado.....	112
ANEXO II: PANEL DE FOTOGRAFÍAS	
Foto 1. Resultados del análisis de caracterización del sustrato utilizado en la investigación.....	113
Foto 2. Preparación y embolsado del sustrato.....	114
Foto 3. Recolección y extracción de semillas de palto de raza mexicana.....	114
Foto 4. Cortes de cotiledones y desinfección de semillas de palto de raza mexicana.....	115
Foto 5. Estratificación en frío (7 °C) de semillas de palto de raza mexicana.....	115
Foto 6. Cámara de germinación empleado en el experimento.....	116
Foto 7. Germinación y emergencia de semilla con cortes de cotiledones a nivel apical + basal + lateral.....	116
Foto 8. Aplicación de microorganismos eficientes en la crianza de plantones de palto.....	117
Foto 9. Evaluación de altura de planta, número de hojas y diámetro de tallo en portainjertos de palto raza mexicana a los seis meses de edad.....	117
Foto 10. Determinación de materia seca de la parte aérea vegetal y sistema radicular en portainjertos de palto raza mexicana a los seis meses de edad.....	118

Foto 11.	Efecto de cortes de semillas en portainjertos de palto raza mexicana a los seis meses de edad.....	119
Foto 12.	Efecto de estratificación en frío (7 °C) de semillas en la obtención de portainjertos de palto raza mexicana a los seis meses de edad.....	119
Foto 13.	Efecto de los microorganismos eficientes en portainjertos de palto raza mexicana a los seis meses de edad.....	120
Foto 14.	El T28 (cortes de cotiledones a nivel apical + basal + lateral, sin microorganismos eficientes y sin estratificación en frío), fue quién logró obtener portainjertos de palto listo para injertar a los seis meses de edad.....	120

RESUMEN

El cultivo de palto presenta muchos desafíos en la búsqueda de nuevas alternativas que optimicen una producción de forma sostenible. El objetivo de este trabajo es determinar los efectos del corte de cotiledones, estratificación en frío y aplicación de microorganismos eficientes en semillas de palto, para la obtención de portainjertos en el menor tiempo. Se utilizó el Diseño Completamente Randomizado (DCR) con 36 tratamientos y cuatro repeticiones con prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). Las variables evaluadas fueron: tiempo de germinación, altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo, materia seca de la parte aérea de la planta y del sistema radicular. Los resultados demostraron que el T34 (corte a nivel apical, basal y lateral de la semilla, 4 litros de microorganismos eficientes en 20 litros de agua y sin estratificación en frío) promovió la germinación precoz a los 12.50 días y 29.99 % de materia seca de la parte aérea de la planta; asimismo, el T28 (corte apical, basal y lateral de la semilla, sin microorganismos eficientes y sin estratificación en frío) presentó mayor respuesta en: altura de planta (41.03 cm), número de hojas (23 hojas), diámetro de tallo (7.25 mm). El T26 (corte apical y basal de la semilla, 4 litros de microorganismos eficientes en 20 litros de agua y 7 días de estratificación en frío) produjo mayor materia seca radicular con 22.08 %. Concluyendo que cortes en semillas más la eliminación de la testa promueve la germinación precoz y la obtención de portainjertos listas para ser injertadas a los seis meses de edad; por su parte, la estratificación en frío de semillas prolongó el tiempo de germinación, lo cual se vio reflejado en el escaso desarrollo de portainjertos de palto; y la aplicación de microorganismos eficientes en semillas de palto aceleró el proceso de germinación.

Palabras claves: Corte de semilla, microorganismos eficientes, estratificación en frío y palto.

INTRODUCCIÓN

En el Perú, la producción de palto se encuentra con tendencia creciente, debido a que presenta buenas perspectivas e interés en el mercado local, nacional e internacional; por lo tanto, la ampliación de la frontera agrícola ocupada por este cultivo, en efecto existe una creciente demanda de plantas injertadas sobre portainjertos provenientes de semillas de raza mexicana ya que estas toleran enfermedades radiculares. En la actualidad los agricultores de nuestra región han tomado especial interés en el cultivo de palto, debido a que la fruta obtenida en estas zonas posee ventajas competitivas por su calidad de fruta básicamente y sobre todo por la obtención de fruta para los meses que la costa no provee (diciembre a abril), es decir la sierra produce palto fuera de estación; variedades comerciales como la Hass y Fuerte son las preferidas.

En nuestra región, los portainjertos de paltos frecuentemente utilizados son de la raza mexicana que abunda en nuestro medio; sin embargo, se viene propagando plantas con escasa base tecnológica especialmente a lo relativo en la selección de semillas; lo cual, no garantizan que éstas prosperen al ser instaladas en campo definitivo, frente a esta realidad surge la búsqueda de nuevas alternativas en la propagación y obtención de plantas injertadas de palto para lograr una producción sostenible. Asimismo, los viveros comerciales dedicados a la producción de plantones de palto han venido buscando técnicas para obtener portainjertos en el menor tiempo posible y garantizar su crecimiento y desarrollo una vez instaladas en campo definitivo.

Los responsables de los viveros dedicados a la propagación y obtención de plantas injertadas de palto en nuestra localidad indican alrededor de 30 a 60 días para la germinación de semillas, es decir que generan plántulas con heterogeneidad en su vigor que determinan una variabilidad notoria de las plantas de un mismo lote en el período de injerto. Los plantones de palto en promedio permanecen seis meses desde la emergencia de la plúmula hasta el momento del injerto con la variedad comercial, esta a su vez permanece de 2 a 4 meses hasta el trasplante a campo definitivo.

El presente estudio ve por conveniente contribuir en la propagación sexual de portainjertos de palto, puesto que los resultados de la presente investigación podrán aplicarse para reducir el tiempo en la obtención de portainjerto y la influencia de los cortes de cotiledones de la semilla, estratificación en frío y microorganismos eficientes en el proceso de la germinación de las semillas, crecimiento y desarrollo de plántulas en la etapa de vivero.

Objetivo general

Determinar los efectos de los cortes de cotiledones, estratificación en frío y microorganismos eficientes para reducir el tiempo de obtención del portainjerto a nivel de vivero.

Objetivos específicos

1. Determinar el efecto del corte de cotiledones de la semilla de palto para reducir el tiempo de obtención del portainjerto a nivel de vivero.
2. Evaluar el efecto de la estratificación en frío aplicado a la semilla de palto para reducir el tiempo de obtención del portainjerto a nivel de vivero.
3. Identificar el efecto de tres dosis de microorganismos eficientes aplicado a la semilla de palto para reducir el tiempo de obtención del portainjerto a nivel de vivero.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. PALTO (*Persea americana* Mill.)

1.1.1. Generalidades

Para Bernal y Díaz (2008) el palto es un árbol que en condiciones naturales puede sobrepasar los 10 m de altura, con una copa amplia, cuyo diámetro puede sobrepasar 25 m en un árbol adulto. Es una planta polimórfica, dentro de las diferentes formas del árbol están: columnar, piramidal, obovado, rectangular, circular, semicircular, semielíptico, irregular, entre otros. Es una especie que presenta dicogamia y protoginia, esto es, que las flores abren dos veces, actuando primero, como flores femeninas y posteriormente, como masculinas.

El palto se caracteriza por carecer de embrionía nucelar, lo que no permite obtener material genético uniforme, como consecuencia de las diferencias genéticas constitucionales de cada planta; esto pone de manifiesto la gran heterogeneidad de los patrones, presentando gran variabilidad en lo relacionado a la resistencia a enfermedades, plagas, adaptación a suelos y climas y características de frutos (Leal, 1966 y Avilán *et al.*, 1989; citados por Bernal y Díaz, 2014).

1.1.2. Descripción botánica

a. Raíz

Rodríguez (2003) menciona que el sistema radicular tiene una raíz principal corta y débil, las raíces carecen de pelos absorbentes y tienen un crecimiento superficial, la mayor parte se encuentra en los primeros 50 cm, del suelo. La clase de suelos juega un papel determinante en el desarrollo radicular, siendo más abundantes, extendidas y profundas en suelos arenosos y sueltos que en los suelos con abundancia de partículas finas.

b. Tallo

Rodríguez (2003) indica que el palto es una especie muy polimorfa; sus ramas son bajas, extendidas, de forma globulosa o de campana, gruesas, cilíndricas, al principio son verde-amarillentas y densamente pubescentes; después, son gruesas, glabras, opacas o con poco brillo y con cicatrices prominentes, abundantes, delgadas y frágiles, sensibles a las quemaduras de sol y a las heladas, se rompen con facilidad al cargar muchos frutos o por acción del viento. Su corteza es áspera y a veces surcada longitudinalmente.

c. Hojas

Las hojas del palto son pecioladas, alternas; su forma es diversa, pudiéndose encontrar formas como ovada, obovada angosta, obovada, oval, redondeada, cordiforme, lanceolada, oblonga y oblongo-lanceolada; el margen puede ser entero u ondulado; la base puede ser aguda, obtusa y truncada; la forma del ápice puede ser muy agudo, agudo intermedio, obtuso y muy obtuso, con unas dimensiones de 8 a 40 cm de longitud y de 3 a 10 cm de ancho. El haz de las hojas es verde rojizo cuando están jóvenes; cuando éstas maduran es verde, poco brillante; el envés es verde opaco; son pinnatinervias, con 4 a 10 pares de nervaduras laterales, que son prominentes por el envés. Las hojas se encuentran dispuestas en espiral y brotan en racimos (Bernal y Díaz, 2008).

d. Inflorescencia y flores

La inflorescencia es una panícula axilar o terminal. Las flores son hermafroditas, simétricas y se agrupan en racimos verde amarillento. Las flores presentan dicogamia, es decir los órganos masculino y femenino de una misma flor se abre en dos momentos distintos y separados, es decir, los órganos femeninos y masculinos son funcionales en diferentes tiempos, lo que evita la autofecundación. Por esta razón, las variedades se clasifican con base en el comportamiento de la inflorescencia en dos tipos A y B (Pérez y Rivera, 1986; citado por Alfonso, 2008).

e. Fruto

El fruto del palto es una baya que deriva de un gineceo unicarpelar y que contiene una sola semilla. El pericarpio del fruto de palto está formado de tres capas: exocarpio que comprende la cáscara, mesocarpio pulposo que es la porción comestible de la fruta y

endocarpio una capa interna delgada junto a la cubierta de la semilla (Cummings y Schroeder, 1942; citados por Barrientos *et al.*, 1996). Por su parte IPGRI (1995); citados por Bernal y Díaz (2014) menciona que el fruto varía en forma, según la raza, así: oblata, esferoide, esferoide alto, elipsoide, obovado-angosto, obovado, claviforme, romboide, periforme, ovoide o globoso.

f. Semilla

La semilla es grande y puede tener varias formas así: oblata, esferoide, elipsoide, ovada, ovada ancha, cordiforme, de base aplanada con el ápice redondo, de base aplanada con el ápice cónico y otros; con dos envolturas muy pegadas. La superficie puede ser lisa, intermedia y rugosa; los cotiledones son hemisféricos de color marfil, amarillo, crema y rosa (Bernal y Díaz, 2008).

1.1.3. Semilla de palto

La semilla de palto está formada por dos cotiledones pulposos y de una plúmula, hipocótilo y radícula que están adheridas centralmente a los cotiledones, rodeadas por dos cubiertas seminales adheridas estrechamente, no existiendo endospermo en la madurez del fruto (Cummings y Schroeder, 1942; citados por Barrientos *et al.*, 1996). Por su parte Bressani (2009) reporta que la semilla representa entre el 12 - 28 % del peso de la fruta, dependiendo de la variedad.

a. Composición química

Bora *et al.* (2001); citado por Bressani (2009) reportaron la composición química de semilla de palto variedad Fuerte cultivado en Brasil, estas se describen en la siguiente tabla:

Tabla 1.1. Composición química de la semilla de palto en base natural

COMPONENTES	CANTIDAD
Agua	56.04 ± 2.58 %
Lípidos	1.87 ± 0.31 %
Proteínas	1.95 ± 0.16 %
Ceniza	1.87 ± 0.24 %
Fibra	5.10 ± 1.11 %
Carbohidratos	33.17 ± 2.73 %

Fuente: Bora *et al.* (2001); citado por Bressani (2009).

Bressani (2009) reporta datos obtenidos del Proyecto FODECYT 02 - 2006 sobre la composición química de la semilla en cinco variedades de palto de diversas regiones de Guatemala, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1.2. Composición química proximal de la semilla de palto (base seca)

Variedades	Carbohidratos	Proteína	Grasa	Cenizas	Fibra Cruda
Hass	79.54 ± 0.56	3.44 ± 0.03	5.52 ± 0.00	3.85 ± 0.03	3.98 ± 0.45
Utz	78.37 ± 0.78	3.09 ± 0.02	6.32 ± 0.28	2.79 ± 0.19	4.24 ± 0.54
Booth 8	72.14 ± 1.56	4.90 ± 0.17	6.70 ± 0.00	3.48 ± 0.21	4.06 ± 0.21
Panchoy	81.58 ± 0.30	3.86 ± 0.18	6.00 ± 0.00	2.73 ± 0.12	2.67 ± 0.86
Shupte	42.45 ± 1.09	9.63 ± 0.57	4.05 ± 0.94	4.30 ± 0.26	2.19 ± 0.30

Fuente: Proyecto FODECYT 02 (2006), citado por Bressani (2009).

b. Compuestos antinutrientes

Olaeta *et al.* (2007) citado por Huamán (2014) citan que la semilla de palto posee algunos principios antinutricionales como ácido cianhídrico, glucósidos cianogénicos, polifenoles condensados y algunos taninos, que podrían actuar adversamente sobre la posibilidad de su utilización. Sin embargo, la gran mayoría de dichas sustancias son termolábiles, por lo que un tratamiento adecuado de calor las destruiría. Además en la semilla es posible encontrar enzimas y sustancias de características antibióticas y antimicrobianas.

c. Contenido fenólico

Rosero (2017) identificó en la semilla de palto diferentes ácidos fenólicos (protocatéquico, quínico, cafeico, cafeoilquínico, p-cumárico, cumaroilquínico, ferúlico, sinápico, y cítrico), un aldehído (vainillina) y diversos compuestos fenólicos (catequina, epicatequina, rutina, quercetina-3-O-glucósido, quercetina, apigenina, kaempferol, phloridzina, procianidinas diméricas tipo B1 y B2 y procianidinas triméricas tipo A y B).

Bressani (2009) reporta que la semilla de palto es alta en contenido de polifenoles y actividad antioxidante.

Tabla 1.3. Contenido de polifenoles totales y taninos en semillas de palto (base seca)

Muestras	Polifenoles Totales (mg catecol/100 g)	Taninos (mg ácido tánico/100 g)
Hass	602.5 ± 278.51	332.82 ± 61.49
Utz	215.81 ± 46.39	114.25 ± 109.19
Booth 8	506.67 ± 94.80	400.80 ± 103.24
Panchoy	568.44 ± 39.90	414.69 ± 58.15
Shupte	1028.13 ± 173.94	313.08 ± 31.96

Fuente: Proyecto FODECYT 02 (2006), citado por Bressani (2009).

1.1.4. Patrones

El uso portainjertos pertenecientes a diferentes razas se encuentran muy difundidos. Los patrones mexicanos son muy tolerantes al frío, pero sensibles a la salinidad; inversamente, los patrones antillanos son sensibles al frío, pero tolerantes a la salinidad y a la presencia de material calcáreo en el suelo. Los patrones guatemaltecos son poco utilizados (Franciosi, 1992). Los patrones más usados en palto provienen de árboles de semilla, criollos o locales, que han mostrado los mejores resultados por su rusticidad y adaptabilidad al medio (Bernal y Díaz, 2014).

Para Bernal y Díaz (2014) se requieren que los portainjertos presenten las siguientes cualidades:

- ✓ Resistentes o tolerantes a *Phytophthora cinnamomi*
- ✓ Resistentes o tolerantes a enfermedades de chancro y marchitez
- ✓ Tolerantes al agua de riego salina
- ✓ Tolerantes a sequía
- ✓ Tolerantes a suelos calcáreos
- ✓ Efecto del portainjertos sobre la reducción en la altura del árbol
- ✓ Efecto del portainjertos sobre la productividad
- ✓ Efecto del portainjertos sobre la calidad del fruto

Principales portainjertos

a. Duke

Originaria de California, de frutos elongados o piriformes, más bien pequeños a medianos, 250 a 350 g, con contenido de grasa del 21 %, de cáscara delgada y lisa, de

color verde brillante. Se le considera de excelente calidad. El árbol es grande, de copa simétrica, resistente al viento y al frío (Mortón, 1987; citados por Bernal y Díaz, 2014). Presenta raíces tolerantes a la pudrición por *Phytophthora*, por lo cual algunas accesiones de este se utilizan como portainjertos o patrón clonal, como es el caso del *Duke 5*, *Duke Grace*, *Barr Duke*, *D9*, *Merensky 2 (Dusa)*, *Duke 6* y *Duke 7* (Ibar, 1979 y Newett *et al.*, 2007; citados por Bernal y Díaz, 2014).

b. Mexícola

Variedad originada alrededor de 1910 a partir de plántulas por semilla, en Pasadena California y de padres desconocidos. Produce temprano y regular, resistente al frío y al calor, muy utilizado como uno de los patrones en California, para programas de mejoramiento y en Chile como patrón comercial de Hass. Presenta frutos muy pequeños, aperados, de color negro, con pulpa de excelente sabor, con presencia de fibra y semillas grandes. Algunos autores mencionan que este fruto presenta hasta un 20 % de contenido de aceite (Griswold, 1950; Morton, 1987; citados por Bernal y Díaz, 2014).

c. Nabal

El fruto es casi esférico, de tamaño mediano a grande, 350 a 500 g de peso y 10 a 12 cm de largo y se pela fácilmente; su corteza es de color verde, ligeramente lisa, algo gruesa. La pulpa es de color amarillo de consistencia firme, sin fibra, de excelente calidad y de muy buen sabor, de color verde cerca de la cáscara, con un contenido de grasa entre un 12 - 15 %. La semilla es pequeña y bien adherida a la pulpa. Se considera una variedad de excelente comportamiento en el transporte y almacenamiento (Ibar, 1979; Morton, 1987; citados por Bernal y Díaz, 2014).

d. Topa Topa

Presenta frutos piriformes, alargados, asimétricos, de tamaño pequeño, 170 a 250 g de peso y 8 a 10 cm de largo; su corteza no se pela fácilmente y es de color morado brillante; tiene un contenido de grasa del 15 % (Ibar, 1979; citados por Bernal y Díaz, 2014). La relación cáscara:semilla:pulpa es 10:24:66 %, respectivamente (Bernal y Moncada, 1988 y Bernal, 1986; citados por Bernal y Díaz, 2014).

e. Zutano

La pulpa es verde pálido, acuosa o “aguachenta”, por lo que se le considera una variedad de calidad mediocre; además, cuando madura tiende a rajarse y a decolorarse; es delicado para su manejo poscosecha y muy susceptible a enfermedades durante su maduración. Tiene una vida moderada en estantería y se transporta bien cuando está verde, pero no cuando madura (Ibar, 1979 y Newett *et al.*, 2007; citados por Bernal y Díaz, 2014). La relación cáscara: semilla: pulpa es 7:26:67 %, respectivamente (Bernal y Moncada, 1988 y Bernal, 1986; citados por Bernal y Díaz, 2014).

1.2. SEMILLA

La semilla es una unidad reproductiva compleja, característica de las plantas vasculares superiores, que se forma a partir del óvulo vegetal, generalmente después de la fertilización. Se encuentra en las plantas con flores (angiospermas) y en las gimnospermas. En las angiospermas los óvulos se desarrollan dentro de un ovario; en tanto que en las gimnospermas la estructura que los contiene es muy diferente, pues no constituye una verdadera flor; sin embargo, la estructura de las semillas de estas plantas es básicamente similar a la de las plantas con flores (Barrionuevo, 2014).

1.2.1. Latencia o letargo de semillas

Para Varela y Arana (2011) el letargo es definido como la incapacidad de una semilla de germinar bajo condiciones de temperatura, humedad y concentración de gases que serían adecuadas para la germinación. Además, se considera que la latencia es una adaptación que contribuye a la supervivencia del individuo, ya que restringe la germinación cuando los factores ambientales son desfavorables para el desarrollo de la plántula.

Según Besnier (1989) el letargo es una fase de la vida de las semillas, después de la maduración, en la cual su desarrollo se encuentra detenido por factores estructurales o fisiológicos dependientes de la propia semilla. A la fase de letargo se contrapone la de reposo, en la cual el desarrollo se encuentra detenido por la inexistencia de factores ambientales favorables a la germinación. Es importante comprender, desde el primer momento de la consideración del problema, que los factores ambientales favorables para la germinación; por lo tanto, para la interrupción del reposo son, solamente, son:

agua, oxígeno y una temperatura adecuada. Cualquier otro factor que parezca favorecer la germinación no interrumpe, en realidad, el reposo; lo que hace es romper el letargo.

Categorías de latencia de las semillas

Hartmann y Kester (1988) toman como base la clasificación de Nicolaeva, que se basan en diferencias tanto fisiológicas como morfológicas:

a. Latencia por cubiertas de las semillas o exógena

✓ Latencia física

La impermeabilidad de la testa de las semillas se produce por una capa de células de tipo empalizada, las macroesclereidas, que en su superficie exterior tienen una pared especialmente gruesa y revestida de una capa de sustancias cerosas, cuticulares. La desintegración de la “gorra” de esas semillas o los esfuerzos mecánicos que separen las células, pueden permitir que el agua produzca germinación [...] (Hartmann y Kester, 1988).

✓ Latencia mecánica

Las cubiertas de las semillas son demasiado duras, ocasionando una absorción lenta de agua, por lo tanto, evita que el embrión se expanda y rompa las cubiertas de la semilla durante la germinación. En caso de semillas nueces y los huesos de varios presentan un endocarpio duro que hace más lenta la absorción de agua y retrasa la lixiviación de los inhibidores de la germinación (Hartmann y Kester, 1988).

✓ Latencia química

Se han extraído e identificado sustancias químicas que actúan como inhibidores de la germinación, estas sustancias se producen y acumulan en el fruto, o sus jugos y cubiertas de las semillas. Cuando las cubiertas de los frutos se quedan con la semilla, esa inhibición puede persistir hasta el periodo de germinación. Algunas sustancias asociadas con la inhibición son diversos fenoles, cumarinas y ácido abscísico (Hartmann y Kester, 1988). Por su parte, Rojas (1978) indica que la presencia de inhibidores, cada vez parece más común que las semillas posean sustancias en la testa capaces de inhibir la germinación; se han identificado como inhibidores naturales la cumarina, la abscisina, el ácido paraascórbico y otros.

b. Latencia innata morfológica o endógena

Para Hartmann y Kester (1998) la latencia innata morfológica se presenta en familias de plantas cuyas semillas contiene un embrión no desarrollado en la época de maduración. Después de la separación de la semilla de la planta y antes de que pueda haber germinación es necesario que el embrión tenga un crecimiento adicional. Asimismo, el mismo autor clasifica en dos grupos:

✓ Embriones rudimentarios

Sucedan en semillas cuyos embriones son apenas algo más que un proembrión embebido en un endospermo en la época de la maduración del fruto. También en el endospermo ocurren inhibidores químicos de la germinación, que se vuelven en particular activos con altas temperaturas.

✓ Embriones no desarrollados

Algunas semillas en la madurez del fruto tienen embriones poco desarrollados, con forma de torpedos, que pueden alcanzar un tamaño de hasta la mitad de la cavidad de la semilla. El crecimiento posterior del embrión se efectúa antes de la germinación.

c. Latencia interna

En muchas especies es controlada en el interior de los tejidos. En el control interno de la germinación están implicados dos fenómenos separados. El primero es el control ejercido por la semipermeabilidad de las cubiertas de las semillas y los tejidos de almacenamiento circundante, conociéndosele como latencia fisiológica, y el segundo es un letargo presente en el embrión que se supera con exposición a enfriamiento en húmedo, conociéndole como latencia del embrión, cuya capacidad del mismo en germinar con normalidad es su característica principal (Hartmann y Kester, 1988; Willan, 1991; citado por Píril, 2015).

✓ Latencia fisiológica

Los mecanismos de control del letargo fisiológico residen dentro de las cubiertas de las semillas vivas y fisiológicamente activas. La remoción de las cubiertas de las semillas, la punción de las mismas o el incremento de las concentraciones de oxígeno pueden producir la germinación. Este mecanismo de control se debe a la semipermeabilidad de las cubiertas de las semillas, que permiten que el agua entre a las semillas pero que

restringen los movimientos de gases (entrada de oxígeno, escape de dióxido de carbono) e impiden la lixiviación de los inhibidores de la germinación del interior de la semilla (Hartmann y Kester, 1998).

✓ **Latencia interno intermedio**

Hartmann y Kester (1998) mencionan que este tipo de latencia es inducido principalmente por las cubiertas de las semillas y los tejidos de almacenamiento circundantes. El letargo interno intermedio es característico de las coníferas (pino, abeto y similares). El embrión mismo no está en letargo y es capaz de tener una germinación más o menos normal si se le separa de la semilla y se coloca en agar el nutriente aséptico. Este tipo de letargo se caracteriza además por el hecho de que el enfriamiento puede ser un requerimiento absoluto de germinación, pero acelera bastante la tasa de germinación.

✓ **Latencia del embrión**

Para Hartmann y Kester (1998) en la latencia embrional se ha encontrado dos condiciones separadas pero interactuantes que controlan la germinación. La primera es la semipermeabilidad de las membranas que cubren la semilla que ejerce sobre la aireación y la retención de inhibidores. La segunda es la condición interna de letargo dentro del embrión mismo, en particular en los puntos de crecimiento del eje embrionario. La modificación de todos estos efectos se lleva a cabo gradualmente con el tiempo durante el enfriamiento, de manera que al final las semillas pueden germinar con prontitud cuando se les dan temperaturas altas.

Besnier (1989) indica que los factores que provocan el letargo pueden estar localizados en el eje embrionario, en los cotiledones o en ambos lugares. La posibilidad es eliminar, en todo en parte, uno o dos cotiledones sin dañar el eje embrionario han permitido comprobar que en muchas especies estos factores están localizados en los cotiledones, pues su eliminación total o parcial, induce a la germinación.

✓ **Latencia del epicótilo**

Para Hartmann y Kester (1998) algunas semillas tienen exigencias de estratificación diferentes para la radícula, el hipocótilo y el epicótilo. Estas especies se dividen en dos subgrupos:

- Semillas que inicialmente germinan durante un periodo cálido de uno a tres meses para inducir el desarrollo de la raíz y del hipocótilo, pero requieren un enfriamiento de uno a tres meses para que pueda crecer el epicótilo.
- Semillas que requieren de un periodo de enfriamiento para la postmaduración del embrión, seguido por otro periodo cálido para el crecimiento de la raíz y luego un segundo periodo frío para estimular el crecimiento del tallo. En la naturaleza, esas semillas requieren, para su germinación completa, de dos temporadas de desarrollo enteras.

d. Latencia doble

Para Hartmann y Kester (1998) la latencia se caracteriza por presentarse tanto en cubiertas de las semillas (falta de permeabilidad al agua) como en el embrión. Para obtener la germinación se necesita superar ambas. Condiciones en la secuencia apropiada. Las cubiertas de la semilla deben modificarse para permitir que el agua penetre hasta el embrión y pueda efectuarse la postmaduración del mismo. Por lo general, ello se logra con estratificación cálida seguida por estratificación fría.

e. Latencia secundaria

La latencia secundaria se adquiere después de que la semilla ha sido separada de la planta. Aunque en término pudiera ser aplicado a efectos de las cubiertas de la semilla, como su endurecimiento que puede desarrollarse por deshidratación durante el almacenamiento, se aplica mejor a un tipo de letargo del embrión que puede desarrollarse gradualmente si las semillas intactas son expuestas a condiciones ambientales que permiten la imbibición pero que impiden la germinación. Este tipo de letargo se desarrolla después de la imbibición de agua por las semillas y antes de la emergencia de la radícula. Estas condiciones pueden incluir alta temperatura, baja provisión de oxígeno y falta de luz (Hartmann y Kester, 1998).

Mecanismos que ocasionan latencia en semillas

a. Factores del ambiente

✓ Efectos de la luz

Para Besnier (1989) los procesos biológicos y fisiológicos desencadenados por la acción de la luz están gobernados por un pigmento denominado fitocromo. En las semillas, el

fitocromo está localizado en el eje embrionario en dos formas principales: la forma Pr (P_{660}), que es la inactiva y la forma Prf (P_{730}) que promueve la germinación.

Cuando una semilla muy pequeña ha sido enterrada a mucha profundidad, la falta de luz impide la germinación, por lo que al forzar su emergencia acaba con la reserva antes de alcanzar la superficie y poder ser autótrofa (Soria, 1999; citado por Barrionuevo, 2014).

✓ **Efectos de la temperatura**

Hartmann y Kester (1998) señalan que la germinación de semillas a temperaturas un poco al punto de congelación del agua, de 2 a 7 °C son, en lo general, las más efectivas. Las temperaturas superiores o inferiores producen cambios con una tasa menor. Se ha reportado que la temperatura efectiva mínima es de unos -5 °C y la máxima de 17 °C. A temperaturas más elevadas las semillas no solo no germinan sino que puede revertir a un letargo secundario. Asimismo, para los mismos autores las temperaturas más efectivas para la germinación son similares a las del medio natural, en donde las temperaturas del suelo son relativamente frías al inicio de la primavera, pero aumentan a medida que avanza la estación.

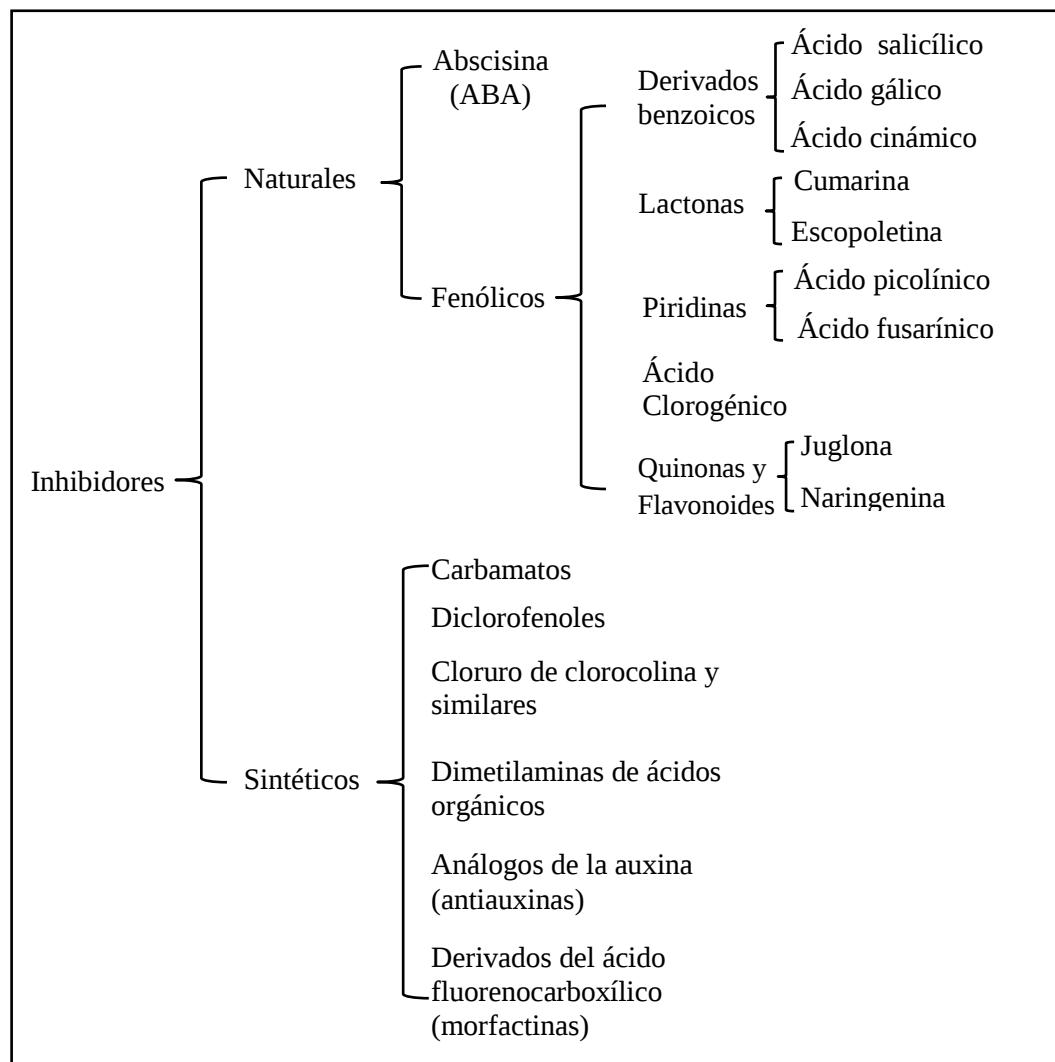
✓ **Efectos de la humedad**

La reducción del contenido de humedad puede tener varios efectos. El secamiento cerca del término de la estratificación puede dañar al embrión. El secado de las semillas durante la estratificación detiene el proceso de postmaduración y puede desarrollarse letargo secundario. Por otra parte, varios reportes experimentales describen procedimientos en los cuales semillas parcialmente pos maduradas fueron secadas en parte y luego almacenadas con éxito a bajas temperaturas para siembra posterior. Cuando volvieron a embeber agua, las semillas germinaron con prontitud, sin pérdida de la germinabilidad (Hartmann y Kester, 1998).

b. Otros factores

Rojas (1978) sostiene que las plantas presentan otros inhibidores, los cuales, en conjunto se denomina inhibidores fenólicos cuya molécula es similar a la de alguna hormona que pueden suplantarla uniéndose a un sustrato, pero que, a diferencia de la hormona, forma un compuesto inactivo, bloqueando así el proceso del desarrollo estimulado por la hormona; así actúan las antiauxinas. Los inhibidores tienen una

participación activa en el metabolismo y su acción no es específica sobre ninguna hormona sino general sobre el proceso, y son parte del equipo fitoregulador necesario.



Fuente: Rojas (1978).

Figura 1.1. Principales inhibidores del desarrollo vegetal.

1.2.2. Germinación de semillas

Varela y Arana (2011) definen que la germinación involucra todos aquellos procesos que comienzan con la absorción de agua por la semilla quiescente, y terminan con la elongación del eje embrionario. La señal visible de la finalización de la germinación es, en general, la emergencia de la radícula embrionaria a través de las cubiertas seminales, aunque en el ámbito de la producción es aceptado que la señal de la germinación suele tomarse como la visualización de la plántula viable emergiendo del suelo.

Etapas de la germinación

Hartmann y Kester (1998) señalan que el proceso de germinación puede dividirse en varias etapas separadas pero que se empalman.

a. Etapa I: Activación

✓ Imbibición de agua

Está relacionada con la diferencia de potencial hídrico existente entre la semilla y el sustrato húmedo en el que estas se encuentran. La absorción inicial implica la imbibición de agua por coloides de la semilla seca, que suaviza las cubiertas de la misma e hidrata el protoplasma. Constituyen un fenómeno puramente físico que tiene también lugar en las semillas muertas o aletargadas y va acompañado por desprendimiento de calor (Besnier, 1989; Hartmann y Kester, 1998).

✓ Síntesis de enzimas

La actividad de las enzimas empieza muy rápidamente después del inicio de la germinación, a medida que se hidrata la semilla. La activación resulta en parte de la reactivación de enzimas previamente almacenadas que se formaron durante el desarrollo del embrión y en parte de la síntesis de nuevas enzimas al comenzar la germinación (Hartmann y Kester, 1998).

Para Hartmann y Kester (1998) la síntesis de enzimas durante la germinación requiere de moléculas de ARN que están presentes en el eje del embrión; la iniciación de la germinación resulta de la activación de moléculas específicas de ARNm controladores de la germinación en las cuales la información para ello fue transcrita durante el desarrollo de la semilla, pero la traducción se pospone hasta la imbibición de agua por la misma.

✓ Elongación de las células y emergencia de la radícula

El primer signo visible de germinación es la emergencia de la radícula, proceso por el cual la radícula atraviesa los tejidos envolventes y pasan de un metabolismo preferentemente anaeróbico a aeróbico, la cual resulta de la elongación de las células más bien que de división celular. El crecimiento radicular deberá estar desencadenado por un ablandamiento de la pared celular y la acción posterior de la presión de turgencia de las células localizadas en la región sub apical (Hartmann y Kester, 1998; Azcón y Talón, 2013).

b. Etapa II: Digestión y translocación

Azcón y Talón (2013) señalan que las semillas almacenan sustancias de reservas en los cotiledones y el endospermo, para que estas puedan entrar a formar parte de este metabolismo heterotrófico de la plántula es necesaria una hidrólisis previa de las mismas; de este modo dichas sustancias podrán ser conducidas desde los órganos de reserva a estos órganos en crecimiento activo, a través de las rutas celulares correspondientes.

Según Hartmann y Kester (1998) los patrones metabólicos de semillas difieren con el tipo de reservas químicas de la semilla. Las grasas y los aceites, son convertidos a ácidos grasos y al final en azúcares. Las proteínas almacenadas en las semillas, son una fuente de aminoácidos y de nitrógeno esencial para la plántula en crecimiento. El almidón, presente en muchas semillas como una fuente de energía, se convierte en azúcar. Los sistemas celulares existentes han sido activados y el sistema de síntesis de proteínas está funcionando para producir nuevas enzimas, materiales estructurales, compuestos reguladores y ácidos nucleicos para realizar las funciones de la célula y sintetizar nuevos materiales.

c. Etapa III: Crecimiento de la plántula

Hartmann y Kester (1998) mencionan que el desarrollo de la plántula es el resultado de la división celular en los puntos de crecimiento del embrión y expansión de las estructuras de la plántula. La absorción de agua aumenta en forma constante a medida que las nuevas raíces exploran el medio de germinación y el peso fresco de la plántula aumenta, pero disminuye el peso total de los tejidos de almacenamiento.

1.3. TRATAMIENTOS PRE GERMINATIVOS

Según Donoso (1993) y Arnoldo (1996); citado por Píril (2015) los tratamientos pre germinativos son todos aquellos procedimientos necesarios para romper la latencia de las semillas, esto es, el estado en que se encuentran algunas tal que, estando vivas, no son capaces de germinar sino hasta que las condiciones del medio sean las adecuadas para ello.

1.3.1. Estratificación a bajas temperaturas

Hartmann y Kester (1962) definen que la estratificación a bajas temperaturas consiste en someter las semillas húmedas a temperaturas de 0 a 10 °C por un periodo de tiempo previo a la germinación. Este tratamiento es efectivo para obtener una germinación pronta y uniforme de muchas semillas de árboles y arbustos leñosos que tienen embriones latentes. Sin este tratamiento, las semillas de estas especies, en particular, germinan despacio e irregularmente, en un periodo de tiempo que puede ser de semanas a meses o no germinar del todo.

Para Salisbury y Ross (2000) la estratificación es la práctica de disponer las semillas durante el invierno en superficies con arena húmeda y turba. Dado que las semillas así dispuestas deben enfriarse para que germine, un término actual más popular y descriptivo que estratificación es preenfriamiento.

¿Qué cambios químicos ocurren en la semilla durante el preenfriamiento, que le permiten germinar más adelante, cuando las condiciones son las adecuadas? La mayoría de las semillas, incluyendo las que necesitan frío, son ricas en grasas y proteínas, pero tienen poco almidón, y durante el tratamiento con frío el embrión de algunas especies crece mucho debido a la transferencia de los compuestos de carbono y nitrógeno de las células de almacenamiento de nutrientes. Se acumulan azúcares, que pueden necesitarse como fuente de energía y para atraer agua osmóticamente, para facilitar la germinación. Incluso las semillas que requieren frío como el fresno europeo (*Fraxinus excelsior*), en las que el embrión se desarrolla completamente antes de la estratificación, hay una degradación masiva de grasas en el propio embrión durante la época de frío. El contenido proteínico aumenta y aparece el almidón (Salisbury y Ross, 2000).

En algunas semillas como las del durazno la presencia de la testa es una causa principal del letargo, la estratificación o el sometimiento al frío causa un marcado descenso de la concentración de ácido abscísico presente en la testa de estas semillas y también activa la síntesis de giberelina; en realidad es posible que los gases, se formen más tarde con la influencia de la temperatura más cálida luego de la estratificación, pero la síntesis, no tiene lugar a menos que la semilla haya sido sometida a frío (Soria, 1999; citado por Barrionuevo, 2014).

En cuanto a la propagación de palto, Franciosi (1992) señala que la estratificación de las semillas antes de la siembra es una práctica que tiene bastantes ventajas. Como medio estratificante se recomienda el musgo molido o aserrín perfectamente lavado; el medio debe permanecer ligeramente húmedo durante todo el proceso de estratificación. Sobre una capa de 2 a 3 cm del medio estratificante escogido se ordenan en filas apretadas las semillas de palto; en seguida se les cubre con una capa similar de aserrín o musgo. Luego de transcurridos 20 a 25 días (a veces un poco más, cuando las temperaturas son bajas) puede observarse la aparición de la raíz; la siembra debe hacerse de inmediato para impedir que la delicada raíz pueda quebrarse. Las semillas que demoran demasiado en germinar no garantizan la formación de plantas vigorosas. Por su lado, Castro y Fassio (2013); citado por Gálvez *et al.* (2017) almacenaron semillas de diferentes genotipos de esta especie durante dos meses (6 °C y 80 % de humedad relativa), obteniendo una germinación exitosa.

Gálvez *et al.* (2017) evaluaron el vigor de las semillas del palto de la variedad Esther a través de la conductividad eléctrica de la semilla almacenadas en bolsas de lona de polipropileno durante 10, 30 y 100 días en una cámara refrigerada a 5 °C y 80 % de humedad relativa, los resultados obtenidos indican que las semillas que presentaron menor conductividad eléctrica fueron aquellas almacenadas durante 100 días al mismo tiempo observa que las plántulas generadas presentan tallos tres veces más anchos que las plántulas almacenadas durante 10 días.

1.3.2. Escarificación de semillas

Para Varela y Arana (2011) un gran número de especies forestales no germinan debido a que la testa o cubierta seminal, es dura e impide la entrada de agua (latencia física), y la semilla no germina al menos que esta sea escarificada. Así, la escarificación es cualquier proceso que rompa, raye, altere mecánicamente o ablande las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua y a los gases.

Álvarez (1981) menciona para la propagación de palto es conveniente quitar la cubierta que recubre la semilla, ya que se ha comprobado que haciéndolo se acelera su germinación, al mismo tiempo que se eliminan los gérmenes patógenos que pudieran desarrollarse sobre los restos de pulpa que quedan adheridos a la misma. Así mismo Campos *et al.* (2012) sugieren la remoción de la testa en conjunto con la realización del

corte de candado, el cual consiste en eliminar una pequeña porción de la parte apical de la semilla de 1 a 2 cm, dependiendo del tamaño de la semilla. Para Bisonó y Hernández (2008) estos cortes aceleran la germinación, reduciendo el tiempo desde 50 a 65 días a tan sólo 33 días.

Eggers (1942) realizó trabajos sobre el efecto de la eliminación de la testa de semillas en la germinación de semilla de palto en variedades Mexícola y Topa topa, 95 y 75 % de germinación respectivamente para las semillas sin testa y 10 % para cada variedad para las semillas con testa. Además de las semillas plantadas en el invernadero, las semillas sin testa y con testa plantado en filas alternativas en una cama abierta en el campo, las semillas sin testa mostraron las plántulas más altas y más uniformes en germinación en comparación a las semillas con testa.

Postillón (1985) determinó el efecto del ácido giberélico a cuatro dosis y tres tiempos de remojo, en la germinación y crecimiento de palto en Wayllapampa 2450 msnm - Ayacucho. Obteniendo el mejor resultado las semillas con corte apical y aplicación ácido giberélico en concentraciones de 10000 ppm, en cuanto a velocidad y uniformidad de germinación, también influyendo favorablemente en obtención de plantas de tamaño y diámetro del tallo para ser injertadas.

Adjei *et al.* (2011) lograron determinar el tamaño de semilla y efectos de longitud de corte de semilla en el comportamiento de germinación y crecimiento de plántulas de palto. Los tratamientos fueron 0 cm (sin corte), 1.0 y 1.5 cm de longitud de corte apical de semilla. Ellos observaron mejores resultados con las semillas cortadas a 1.5 cm acelerando la germinación, emergencia, longitud de las plántulas y diámetro de tallo, significativamente diferente de semillas con 1 cm longitud de corte, mientras las semillas sin corte tardaron más tiempo en surgir las plantas y obteniendo plántulas más cortas. Fundamentando el resultado donde el corte de las semillas podría haber facilitado los cambios químicos que debían ocurrir, así como la eliminación de la latencia del embrión, para que se produzca el crecimiento del embrión y la posterior aparición de las plántulas. El período más corto para la aparición de plántulas exhibido por semillas con una longitud de corte de 1.5 cm implicó que un corte más grande fue mejor para eliminar los factores inhibidores que un corte más pequeño. Por otro lado, el período de retraso en la aparición de plántulas a partir de las semillas sin cortar podría atribuirse a la mayor presencia de factores inhibidores en la semilla.

Ramírez (2016) realizó tratamientos pre germinativos y masa óptima de la semilla como estrategia para mejorar la producción de plántulas de palto raza guatemalteca, menciona el siguiente resultado: el mejor resultado pre germinativo se obtuvo realizando el despunte apical, basal y lateral de la semilla junto con la eliminación de la testa, disminuye los tiempos de germinación en semillas de esta especie en 40 días. Por su parte, la masa óptima entre 40 y 50 g.

1.4. PROPAGACIÓN DEL PALTO

El palto puede propagarse tanto por semilla como vegetativamente. Las plantas de semilla, como para muchas especies, se utilizan en trabajos de mejora, para jardines y principalmente como portainjertos. Para las plantaciones comerciales debe utilizarse la propagación vegetativa efectuada por injerto, generalmente sobre plantas de semilla, pero también sobre patrones propagados vegetativamente en los casos en que sea de temer la existencia de problemas especiales, bien de salinidad o de ataques de *Phytophthora cinnamomi* (Galán, 1990).

1.4.1. Selección de árboles semilleros

Los patrones deben reunir características de resistencia, arraigamiento al suelo al que va a ser destinado y afinidad con la variedad a la que deba ser injertado; para hacer una buena elección, se deben utilizar semillas de tamaño grande, provenientes de árboles criollos y preferiblemente del mismo clima o piso térmico de la futura plantación. Esta semilla se debe recolectar de frutas sazoadas o maduras, cosechadas directamente del árbol, y nunca de frutas caídas o recogidas del suelo, para así evitar el ataque de hongos, que causan pudriciones en la raíz. Es recomendable eliminar las semillas que son muy pequeñas, pues normalmente darán lugar a patrones poco vigorosos. Existe una gran correlación entre el tamaño de la semilla empleada y el vigor del patrón producido (Álvarez, 1981).

1.4.2. Recolección de semillas

La selección de semillas de frutas se debe hacer a partir de árboles que sean buenos productores, que presenten un buen estado fitosanitario y que sean vigorosos y con una producción sostenida año con año o sea que no presenten alternancia. Las frutas se deben cosechar directamente del árbol. No se debe recoger semillas del suelo, ya que

pueden estar infestadas por *Phytophthora cinnamomi* se deben seleccionar frutas con semillas grandes con el fin de producir patrones fuertes y vigorosos (Solís *et al.*, 1991).

1.4.3. Extracción de semillas

Según ICA (2009) la semilla debe ser extraída del fruto, para este proceso no es recomendable el uso de objetos cortantes como cuchillos, navajas, machetes, etc. Después de retirada se debe quitar toda la pulpa adherida, hacer un lavado para retirar residuos y aceites cubran la semilla, se seca en un lugar ventilado y se desinfecta para evitar pudriciones.

1.4.4. Preparación de semillas

Antes de sembrar, limpiar bien las semillas para quitar cualquier resto del fruto, y si es posible también la delgada cubierta exterior que recubre el pericarpio, con lo cual se consigue una germinación más rápida y unos patrones de desarrollo más vivaz y homogéneo además se recomienda cortar la parte angosta de la semilla, en un tramo de una cuarta parte del largo total, para ayudar así a la salida del brote y para hacer una primera selección, ya que el corte permite eliminar las semillas que no presenten el color natural blanco amarillento, debido a podredumbre, lesiones o cualquier otro daño (Ibar, 1986; citado por Mejía, 2010).

Se sugiere la remoción de la testa en conjunto con la realización del corte de candado, el cual consiste en eliminar una pequeña porción de la parte apical de la semilla de 1 a 2 cm, dependiendo del tamaño de la semilla (Campos *et al.*, 2012). Se recomienda eliminar la cubierta para favorecer el proceso de germinación (Solís *et al.*, 1991).

1.4.5. Desinfección de semilla

Al respecto ICA (2009) señala que previo a la siembra se recomienda desinfectar la semilla, se sugieren dos métodos para este proceso:

a. Químico

Mediante la aplicación de un fungicida para el control de hongos, el cual se debe aplicar de acuerdo con lo indicado en la etiqueta del producto. Se debe tener la precaución de utilizar protección en el momento de utilizar este tipo de productos para evitar una intoxicación de la persona que está realizando la labor (ICA, 2009).

Para Alfonso (2008) las semillas libres de pulpa, deben exponerse al sol por 20 a 30 minutos para facilitar el desprendimiento de la cáscara; luego se sumergen por 10 minutos en una solución de agua con un fungicida como el *Methyl Thiofanato* (Banrot).

b. Físico

Para evitar la contaminación por patógenos, la semilla debe ser desinfectada por el sistema de agua caliente a 49 °C durante 30 minutos; asimismo recomienda que la temperatura mínima es de 45 °C, ya que inferiores temperaturas no son efectivas; y la máxima debe ser de 51 °C, ya que superiores resultan dañinas, por lo tanto, hay que controlar la temperatura cuidadosamente y se debe utilizar un gran volumen de agua para un número pequeño de semillas (Álvarez, 1981).

1.4.6. Preparación del sustrato

Se debe emplear un sustrato adecuado, el cual debe ser liviano, con buena porosidad, estar libre de plagas y enfermedades. Se pueden hacer mezclas con materiales disponibles en la finca como por ejemplo de tierra liviana de textura franca, arena, viruta y/o cascarilla de arroz. El sustrato puede desinfectarse mediante el uso de un biocida o mediante solarización, en la cual el sustrato es expuesto al sol cubierto con un plástico transparente, creando una capa no mayor a 30 cm de altura, durante un tiempo mínimo de 60 días, durante el cual se debe voltear y añadir agua sin encharcar cuatro veces cada 15 días (ICA, 2009).

1.4.7. Siembra de la semilla

Es aconsejable sembrar lo antes posible, pues el poder germinativo de esta semilla dura poco tiempo (Criado *et al.*, 1969). Para la siembra de la semilla se puede utilizar una cama de germinación o la siembra directamente en la bolsa con sustrato (ICA, 2009).

a. Siembra en cama de germinación

Campos *et al.* (2012) mencionan que la semilla se siembra a una distancia de 1 a 5 cm entre líneas y entre semillas, se coloca la parte basal (más ancha y plana) hacia abajo. Se recomienda cortar la punta de la semilla para facilitar su germinación, colocarla con la parte más ancha y plana hacia abajo, en surcos a 5 cm de profundidad, 5 cm de separación entre semillas y 15 cm entre surcos, tapar con una capa de sustrato de 1 a 2

cm. Posteriormente se aplica sulfato de cobre en polvo sobre el almácigo y regar. La germinación ocurre entre los 40 y 60 días después de la siembra.

Rodríguez (2003) recomienda que la semilla desinfectada, se siembre inmediatamente en una cama o era bien drenada de 30 centímetros de alto, un metro de ancho y el largo deseado. El sustrato desinfectado de las eras será tierra suelta, limo y arena. En una era de 2 metros cuadrados se producen los patrones para una hectárea. La siembra es a 10 centímetros entre semillas y 20 entre hileras. El periodo de germinación es de 30 a 60 días dependiendo de la variedad y el clima (Alfonso, 2008). Cuando las plantas tienen de 10 a 15 cm. Se trasplantan a bolsas de polietileno 8" x 14" o 9" x 14".

b. Siembra directa en bolsas

La siembra de la semilla se realiza directamente en bolsas de polietileno con sustrato, colocando el extremo más grande hacia abajo y la parte aguda (punta) hacia arriba, el llenado de sustrato se realiza hasta el nivel de la parte apical de la semilla.

1.4.8. Injerto

El injerto es la unión de dos porciones de tejido vegetal viviente para que se desarrolle como una sola planta. Predecir el resultado de un injerto es muy complicado, de un modo general se puede decir que el éxito del injerto va íntimamente ligado a la afinidad botánica de los materiales que se injertan. Por un lado, afinidad morfológica, anatómica de constitución de sus tejidos, o lo que es lo mismo, que los haces conductores de las dos plantas que se unen tengan tamaño semejante y estén aproximadamente, en igual número; de otro, afinidad fisiológica, de funcionamiento y analogía de savia en cuanto a cantidad y constitución (Camacho y Fernández, 2000; citado por Bernal y Díaz, 2014).

Criado *et al.* (1969) mencionan que en la elección de yemas se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Escoger yemas procedentes de ramas entre uno y dos años de vegetación.
- Que dichas ramas sean de la parte del árbol más soleada, para evitar que las yemas se quemen una vez injertadas.
- Las ramas se elegirán de la parte media del árbol.

1.5. MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM)

1.5.1. Generalidades

Según Higa y Parr (1994) los EM consiste de culturas mixtas de beneficiosas y microorganismos de origen natural que se puede aplicar como inoculantes para aumentar la diversidad microbiana de los suelos y plantas. Las investigaciones han demostrado que la inoculación de cultivos de microorganismos eficientes al ecosistema del suelo/planta puede mejorar la calidad del suelo, la salud del suelo, y el crecimiento, el rendimiento y la calidad de cultivos. EM contiene especies seleccionadas de microorganismos incluyendo poblaciones predominantes de bacterias ácido láctico, levaduras y un menor número de fotosíntesis bacterias, actinomicetos y otros tipos de organismos. Todos estos son mutuamente compatibles entre sí y puede coexistir en forma líquida.

1.5.2. Importancia de los microorganismos eficientes

Existen microorganismos en el aire, en el suelo, en nuestros intestinos, en los alimentos que consumimos, en el agua que bebemos. Las condiciones actuales de contaminación y uso excesivo de sustancias químicas sintéticas han causado la proliferación de especies de microorganismos considerados degeneradores. Estos microorganismos, son causantes de enfermedades en plantas y animales y generan malos olores y gases nocivos al descomponer residuos orgánicos (APROLAB, 2007; citado por Chávez, 2012).

APROLAB (2007); citado por Chávez (2012) sostiene que los microorganismos eficientes, como inoculante microbiano, restablece el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, incrementando la producción de los cultivos y su protección; además conserva los recursos naturales, generando una agricultura sostenible. Entre los efectos sobre el desarrollo de los cultivos se pueden encontrar:

a. En las plantas

- ✓ Aumento de la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas, por su efecto hormonal, similar al del ácido giberélico.
- ✓ Aumento del vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas, por su efecto como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal.

- ✓ Incremento de las probabilidades de supervivencia de las plántulas.
- ✓ Genera un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, ya que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades. Consume los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades.
- ✓ Incrementa el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos.
- ✓ Promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas.
- ✓ Incrementa la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar.

b. En los suelos

APROLAB (2007); citado por Chávez (2012) indica que los efectos de los microorganismos en el suelo, están enmarcados en el mejoramiento de las características físicas, biológicas y supresión de enfermedades. Así pues entre sus efectos se pueden mencionar:

- ✓ Efectos en las condiciones físicas del suelo: mejora la estructura y agregación de las partículas del suelo, reduce su compactación, incrementa los espacios porosos y mejora la infiltración del agua
- ✓ Efectos en la microbiología del suelo suprime o controla las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo por competencia. Incrementa la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos mejoren.

1.5.3. Principales microorganismos contenidos en EM y su acción

Los EM, es un cultivo microbiano mixto de especies seleccionadas de microorganismos. Este contiene un alto número de levaduras, bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas y cantidades menores de otros tipos de organismos. Se incluyen también los actinomicetos, que son mutuamente compatibles entre sí y coexisten en un cultivo líquido. Debido a la amplia variedad de microorganismos presentes en el EM, es posible que se lleven a cabo procesos de fermentación anaeróbica y degradación anaeróbica, así como la sana descomposición (Tabora y Shintani, 1999; citado por Suaña, 2013).

Sangakkara (1999); citado por Suaña (2013) indica que dentro de las funciones que realizan los principales grupos de microorganismos del EM están: bacterias fotosintéticas, bacterias lácticas y levaduras.

a. Bacterias fototróficas o fotosintéticas (*Rhodopseudomonas spp*)

Estas bacterias hacen uso de la luz del sol como fuente de energía para realizar la fotosíntesis. También tienen otras fuentes de energía como el calor del suelo. Su función es la de ayudar a sintetizar sustancias útiles para las raíces, materia orgánica o gases dañinos. Algunas de las sustancias sintetizadas por las bacterias fotosintéticas son: aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, las cuales promueven el crecimiento y el desarrollo celular en las plantas (Sangakkara, 1999; citado por Suaña, 2013).

Las bacterias fotosintéticas o fototróficas son un grupo de microorganismos independientes y autosuficientes. Estas bacterias sintetizan sustancias útiles a partir de las secreciones de las raíces, materia orgánica y/o gases nocivos (sulfuro de hidrógeno), usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía (APROLAB, 2007; citado por Chávez, 2012).

b. Bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus spp*)

Las bacterias ácido lácticas producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos desarrollados por bacterias fotosintéticas y levaduras. Desde tiempos antiguos, muchos alimentos y bebidas como el yogurt y los pepinillos son producidos usando bacterias ácidos lácticos (APROLAB, 2007; citado por Chávez, 2012).

Las funciones primordiales de estas bacterias está el producir ácido láctico, logrando así suprimir microorganismos dañinos (fusarium, nematodos, etc.). De igual forma ayudan a promover la descomposición de la materia orgánica. Estas bacterias son sumamente importantes en los procesos de fermentación y descomposición de material como la lignina y la celulosa. Asimismo, juegan un papel muy importante, ya que son las causantes del proceso de fermentación (Sangakkara, 1999; citado por Suaña, 2013).

c. Levaduras (*Saccharomyces spp*)

El rol de las levaduras en el EM, es el de sintetizar sustancias antimicrobiales, aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fotosintéticas. Estas son benéficas para el crecimiento de las plantas y sus raíces. Las sustancias bioactivas, como las hormonas y las enzimas, producidas por las levaduras, promueven la división activa de células y raíces; estas secreciones también son sustratos útiles para microorganismos eficaces como las bacterias lácticas y actinomicetos (Sangakkara, 1999; citado por Suaña, 2013).

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo de investigación se desarrolló en dos fases, a nivel de laboratorio y vivero. La primera fase se realizó trabajos de tratamientos pre germinativos de las semillas de palto y la segunda fase consistió en la germinación, repique y crianza de los plántones.

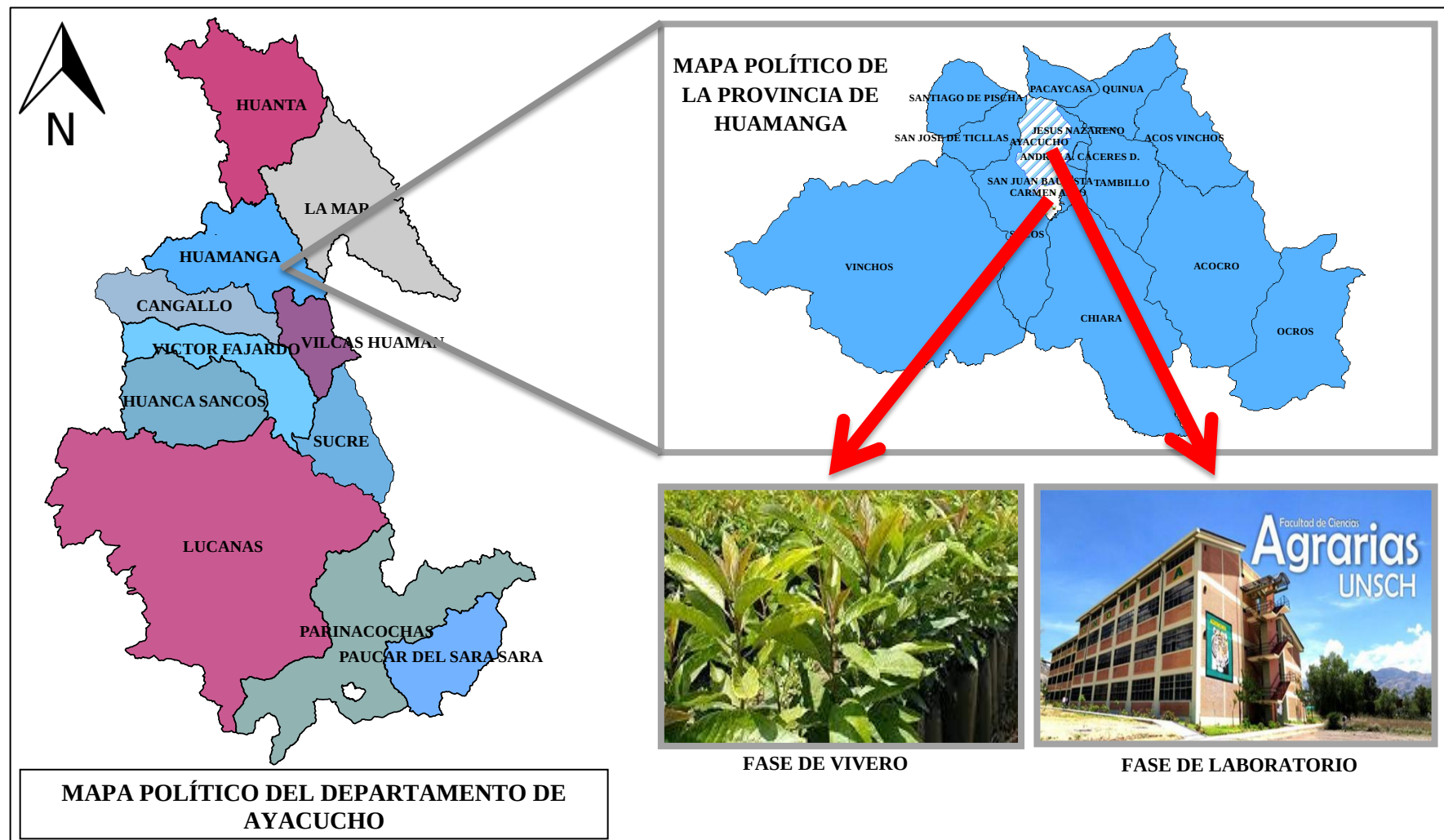
FASE VIVERO

Ubicación política

Lugar : Vista Alegre
Distrito : Carmen Alto
Provincia : Huamanga
Departamento : Ayacucho
Región Natural : Quechua

Ubicación geográfica (zona 18L)

Latitud : 13° 10' 33" S
Longitud : 74° 13' 35" W
Altitud : 2900 msnm



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.1. Ubicación del trabajo de investigación a nivel de vivero y laboratorio

FASE LABORATORIO

Ubicación política

Lugar	: Laboratorio de Fruticultura y Manejo Post Cosecha (Agronomía)
Distrito	: Ayacucho
Provincia	: Huamanga
Departamento	: Ayacucho
Región Natural	: Quechua

Ubicación geográfica (zona 18L)

Latitud	: 13° 8' 52.8" S
Longitud	: 74° 13' 12" W
Altitud	: 2760 msnm

2.2. CARACTERÍSTICAS DEL VIVERO

El vivero fue construido con estructuras de madera y malla rashell con 65 % de sombra, sobre una superficie 10 m², con una altura de 2 m; orientada de sur a norte. Las temperaturas registradas durante el trabajo de investigación se detallan a continuación:

Tabla 2.1. Temperatura máxima, mínima y media promedio mensual nivel del vivero

DESCRIPCIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
T° Máxima (°C)	27.40	27.90	26.60	28.30	31.00	27.70
T° Mínima (°C)	15.10	14.80	14.70	14.50	12.80	11.90
T° Media (°C)	21.25	21.35	20.65	21.40	21.90	19.80

Fuente: Elaboración propia.

2.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICA Y QUÍMICA DEL SUSTRATO

Para determinar la caracterización del sustrato se tomó una muestra representativa. El resultado del análisis de caracterización se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 2.2. Análisis de caracterización del sustrato utilizado en la investigación

COMPONENTE	UNIDAD	CANTIDAD
pH	(1:1)	7.43
C.E.	dS/m	1.01
CO ⁼³	%	2.09
Nitrógeno Total	%	0.27
Materia Orgánica	%	5.54
Fósforo Disponible	ppm	38.5
Potasio Cambiable	ppm	1450
CIC	Cmol (+)/Kg	16.48
Cationes Cambiables:		
Ca ⁺⁺	Cmol (+)/Kg	7.37
Mg ⁺⁺	Cmol (+)/Kg	4.01
K ⁺	Cmol (+)/Kg	4.15
Na ⁺	Cmol (+)/Kg	0.95
Al ⁺³ + H ⁺	Cmol (+)/Kg	0.00
Saturación de Bases	%	100
Análisis Mecánico:		
Arena	%	71
Limo	%	14
Arcilla	%	15
Clase Textural		Franco Arenoso

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes "AGROLAB"

2.4. MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS

2.4.1. Materiales

- ✓ Mangera
- ✓ Recipientes plásticos 2 y 20 L.
- ✓ Cuchilla
- ✓ Bolsas de polietileno
- ✓ Vernier
- ✓ Pala
- ✓ Zaranda (0.5"x0.5")
- ✓ Probeta 100 ml
- ✓ Flexómetro 5 m

- ✓ Táper plastificado (23.5cmx33cmx10cm)
- ✓ Regla milimetrada 100 mm

2.4.2. Equipos

- ✓ Estufa
- ✓ Refrigerador
- ✓ Balanza de precisión
- ✓ Fumigador
- ✓ Termómetro
- ✓ GPS

2.4.3. Insumos

- ✓ Tierra negra
- ✓ Tierra agrícola
- ✓ Arena fina
- ✓ Estiércol de cuy
- ✓ Viruta
- ✓ Fungicida agrícola
- ✓ Formol
- ✓ Lejía
- ✓ Semilla de palto
- ✓ Microorganismos eficientes
- ✓ Melaza

2.5. PLANEAMIENTO DEL EXPERIMENTO

2.5.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo experimental, puesto que se aplicó microorganismos eficientes, corte de cotiledones de semilla y estratificación en frío para luego medir la germinación, altura de planta, número de hojas, materia seca de la parte aérea de la planta y radicular; información que fue procesados y comparados con las plantas testigo.

2.5.2. Factores de estudio experimental

a. Semillas de palto (S)

- ✓ s1: Sin corte.
- ✓ s2: Corte apical de la semilla (8 mm).
- ✓ s3: Corte apical (8 mm) y corte basal (3 mm).
- ✓ s4: Corte apical (8 mm), corte basal (3 mm) y corte lateral (5 mm).

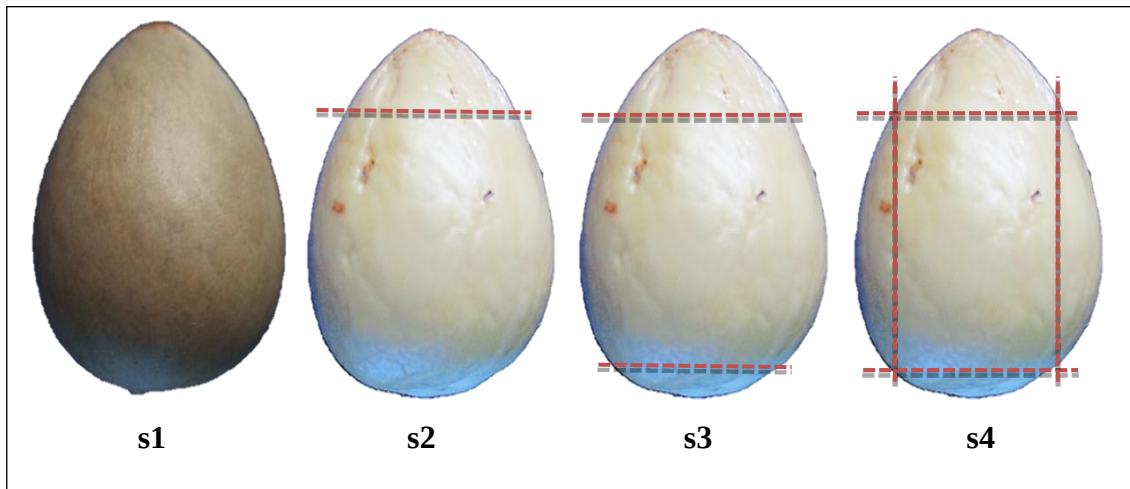


Figura 2.2. Cortes de los cotiledones en semilla de palto para el ensayo.

b. Microorganismos eficientes (M)

- ✓ m1: 0 L EM/20 L agua.
- ✓ m2: 2 L EM/20 L agua.
- ✓ m3: 4 L EM/20 L agua.

c. Tiempo de estratificación en frío 7 °C (T)

- ✓ t1: 0 días.
- ✓ t2: 7 días.
- ✓ t3: 10 días.

2.5.3. Descripción de los tratamientos

Los tratamientos realizados se describen a continuación:

Tabla 2.3. Descripción de los tratamientos del experimento

TRATAMIENTO	CLAVE	CORTES DE SEMILLA	EM (L/20 L agua)	TIEMPO DE ESTRATIFICACIÓN EN FRÍO (días)
T1	s1m1t1	Sin corte	0	0
T2	s1m1t2	Sin corte	0	7
T3	s1m1t3	Sin corte	0	10
T4	s1m2t1	Sin corte	2	0
T5	s1m2t2	Sin corte	2	7
T6	s1m2t3	Sin corte	2	10
T7	s1m3t1	Sin corte	4	0
T8	s1m3t2	Sin corte	4	7
T9	s1m3t3	Sin corte	4	10
T10	s2m1t1	Apical	0	0
T11	s2m1t2	Apical	0	7
T12	s2m1t3	Apical	0	10
T13	s2m2t1	Apical	2	0
T14	s2m2t2	Apical	2	7
T15	s2m2t3	Apical	2	10
T16	s2m3t1	Apical	4	0
T17	s2m3t2	Apical	4	7
T18	s2m3t3	Apical	4	10
T19	s3m1t1	Apical + Basal	0	0
T20	s3m1t2	Apical + Basal	0	7
T21	s3m1t3	Apical + Basal	0	10
T22	s3m2t1	Apical + Basal	2	0
T23	s3m2t2	Apical + Basal	2	7
T24	s3m2t3	Apical + Basal	2	10
T25	s3m3t1	Apical + Basal	4	0
T26	s3m3t2	Apical + Basal	4	7
T27	s3m3t3	Apical + Basal	4	10
T28	s4m1t1	Apical + Basal + Lateral	0	0
T29	s4m1t2	Apical + Basal + Lateral	0	7
T30	s4m1t3	Apical + Basal + Lateral	0	10
T31	s4m2t1	Apical + Basal + Lateral	2	0
T32	s4m2t2	Apical + Basal + Lateral	2	7
T33	s4m2t3	Apical + Basal + Lateral	2	10
T34	s4m3t1	Apical + Basal + Lateral	4	0
T35	s4m3t2	Apical + Basal + Lateral	4	7
T36	s4m3t3	Apical + Basal + Lateral	4	10

2.5.4. Diseño estadístico experimental

Se utilizó el Diseño Completamente Randomizado (DCR) con arreglo factorial 4x3x3 (cortes de semilla, microorganismos eficientes y tiempo de estratificación en frío), 36 tratamientos y 4 repeticiones, teniendo en total 144 muestras; empleando una semilla de

palto por unidad experimental. Asimismo, la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95 % todo ello se realizó para las variables dependientes, en relación a las variables independientes.

El modelo estadístico es:

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

$$i = 1, 2, \dots, a; j = 1, 2, \dots, b; k = 1, 2, \dots, c; l = 1, 2, \dots, n$$

Donde:

Y_{ijkl} = Observación en la unidad experimental

μ = Media poblacional

α_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor a

β_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor b

γ_k = Efecto del k-ésimo nivel del factor c

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto del i-ésimo nivel del factor a con el j-ésimo nivel del factor b

$(\alpha\gamma)_{ik}$ = Efecto del i-ésimo nivel del factor a con el k-ésimo nivel del factor c

$(\beta\gamma)_{jk}$ = Efecto del j-ésimo nivel del factor b con el k-ésimo nivel del factor c

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$ = Efecto del i-ésimo nivel del factor a con el j-ésimo nivel del factor b y con el k-ésimo nivel del factor c

ε_{ijkl} = Error experimental en la observación Y_{ijkl}

2.5.5. Duración del experimento

El experimento planteado tuvo una duración de seis meses (180 días).

2.6. INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

2.6.1. Manejo de semillas

a. Identificación de árboles y cosecha de fruto

Las semillas de palto raza mexicana fueron obtenidas de frutos provenientes de árboles sanos y con un óptimo de índice de madurez fisiológica. Por otra parte, las semillas se cosecharon del tercio medio de la copa del árbol de un huerto ubicado a una altitud de 2625 msnm en el distrito de Luricocha, provincia de Huanta y departamento de Ayacucho.

b. Despulpado de semillas

Los frutos cosechados se mantuvieron por 5 días a temperatura ambiente hasta que la pulpa se ablande, lo cual facilitó la extracción de la semilla.

c. Lavado y secado de semillas

Una vez extraídas las semillas, se procedió a lavar con abundante agua para eliminar los restos de pulpa adheridas en la superficie de la semilla, el secado se realizó en un lugar ventilado y bajo sombra. Las semillas extraídas fueron clasificadas en tres grupos según el peso, diámetro y altura. Para el estudio se emplearon semillas pertenecientes al grupo del tercio medio, con medidas aproximadas en peso de 21.6 g, diámetro de 3.1 cm y largo de 3.5 cm.

d. Desinfección de semillas

Las semillas de palto fueron tratadas con Vitavax (fungicida agrícola) en dosis de 500 g/100 L de agua; para evitar la contaminación de semillas por patógenos.

2.6.2. Preparación del sustrato

El material de propagación (sustrato) fue compuesto a base de estiércol de cuy, tierra negra proveniente Toccto, tierra agrícola proveniente de Pampa del Arco y arena fina proveniente del Valle de Pampas. Para la preparación del sustrato se utilizó una pala para la obtención de una mezcla homogénea; las proporciones para la obtención del sustrato fueron 2:2:1:1.5 de tierra negra, tierra agrícola, arena fina y estiércol de cuy respectivamente, mezcla formulada en base a encuestas realizados por el autor en viveros dedicados a la producción comercial de plántones de palto ubicados en Huamanga y Huanta.

2.6.3. Desinfección del sustrato

Tal como sugiere Solano (2013) la desinfección del sustrato se realizó con formol al 2 % utilizando 4-5 L/m² de sustrato.

2.6.4. Activación de los microorganismos eficientes (EM)

Para la activación de los microorganismos eficientes que se encuentra en estado latente, se usó la proporción: 100 ml de EM*1 (producto comercial), 100 ml de melaza de caña de azúcar y 1800 ml de agua limpia (agua almacenada por un día para la eliminación del cloro). Se almacenó por 7 días en un recipiente de plástico herméticamente cerrado para evitar la entrada de aire, durante la fermentación de la solución se eliminó gas cada vez que era necesario.

2.6.5. Preparación del experimento

a. Corte de los cotiledones de las semillas

Una vez desinfectadas las semillas con Vitavax (fungicida agrícola) se procedió a formar cuatro lotes de semillas, cada una conformada de 36 unidades, para realizar el tamaño de corte de los cotiledones de la semilla se empleó un vernier calibrado. Los cortes en los cotiledones se describen a continuación:

- ✓ En el primer lote no se realizó la eliminación de la testa de la semilla y ningún corte de los cotiledones; lo cual, fue el testigo en la investigación.
- ✓ En el segundo lote se eliminó la testa de la semilla y el corte de 8 mm en la parte apical de los cotiledones.
- ✓ En el tercer lote se realizó la eliminación de la testa, corte de 8 mm en la parte apical y corte basal de 3 mm.
- ✓ En el cuarto lote se realizó la eliminación de la testa, corte de 8 mm en la parte apical, corte basal de 3 mm y corte lateral 5 mm.

La desinfección de la cuchilla empleado para el corte de los cotiledones se desinfectó con lejía a 2 % de concentración, para evitar la propagación de enfermedades de semilla a semilla.

b. Aplicación de microorganismos eficientes a las semillas

Antes de llevar a cabo la siembra de las semillas, estas fueron sumergidas en soluciones a base de microorganismos eficientes a dosis de 0, 2 y 4 L EM/20 litros de agua por un tiempo de cinco minutos. Para el caso de 0 L EM/20 litros de agua, las semillas se remojó en agua destilada para no alterar la imbibición de agua de las semillas. El producto a base de microorganismos eficientes empleado en la investigación fue EM*1, lo cual para su activación se utilizó melaza.

c. Estratificación en frío de semillas

Este tratamiento se realizó para proporcionarle el golpe de frío a las semillas, estas fueron colocadas en bandejas con contenido de viruta perfectamente lavado y desinfectado con formol al 2 % y llevadas a una cámara fría calibrada a temperatura de 7 °C. El medio de estratificación se mantuvo húmedo durante todo el proceso de estratificación. Para la estratificación en frío de las semillas, se trabajó con tres lotes de semillas conformadas de 48 unidades, colocadas con el extremo agudo hacia arriba. Los

tiempos de dotación de fríos aplicados a las semillas fueron de 0, 7 y 10 días. Para no alterar el tiempo de germinación las semillas de palto que no fueron sometidas a cámara fría, estas se mantuvieron en bandejas con viruta húmeda a condiciones de laboratorio.

Tabla 2.4. Temperatura diaria a nivel de cámara fría (refrigerador) y laboratorio

FECHA	CÁMARA FRÍA (°C)	LABORATORIO (°C)
18/12/2017	7	17
19/12/2017	7	18
20/12/2017	7	16
21/12/2017	7	17
22/12/2017	7	18
23/12/2017	7	17
24/12/2017	7	16
25/12/2017	7	18
26/12/2017	7	17
27/12/2017	7	18

Fuente: Elaboración propia.

2.6.6. Labores agronómicas

a. Manejo en la cámara de germinación

Una vez sacadas las bandejas con semillas y viruta de la cámara de frío, estas fueron trasladadas al vivero a una cámara de germinación compuesta a base de táper plastificado (*ver foto 6 en el anexo*) con la finalidad de crear un ambiente caliente que propicie la germinación de semillas de palto.

b. Repique

Se realizó después de transcurrir 20 días de haber instalado el experimento, para el repique se emplearon bolsas negra de polietileno con dimensiones de 12" x 8" x 0.02", con contenido 2.7 kg del sustrato seco. Previo al repique en las bolsas con sustrato, estos fueron humedecidos hasta lograr la capacidad de campo del sustrato, para evitar el estrés fisiológico a nivel del eje embrionario de las semillas. Se realizó un hoyo en el centro de cada bolsa con sustrato, donde las semillas fueron colocadas con la parte más ancha en la base y la parte apical hasta el nivel de la superficie, luego se rellenó con sustrato el hoyo y se presionó ligeramente para evitar dejar espacios vacíos.

c. Aplicación de microorganismos eficientes a las plantas

Se aplicó una solución de microorganismos eficientes a dosis de 0, 2 y 4 L EM/20 litros de agua, en intervalos de 30 días.

d. Riegos

La dotación de riego a las plantas se realizaron tres veces por semana, esto con la finalidad de mantener la humedad a capacidad de campo del sustrato para brindar condiciones adecuadas y evitar problemas a nivel radicular.

2.7. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

2.7.1. Tiempo de germinación (días)

Para determinar el tiempo de germinación se realizó la evaluación después de instalar las semillas en la cámara de germinación, para tal caso se realizó diariamente las evaluaciones registrándose fecha de germinación de cada semilla; lo cual, se consideró semillas germinadas, aquellas que presentaron ruptura de la testa en caso del testigo y presión que ejerce la radícula en caso de semillas con cortes a nivel de los cotiledones.

2.7.2. Altura de la planta (cm)

Para la medición de altura de la planta se procedió con la ayuda de una regla milimetrada desde el cuello de la planta hasta el ápice. Las mediciones y lectura se tomaron después de 180 días instalado el experimento.

2.7.3. Diámetro del tallo (mm)

El diámetro del tallo se midió a una altura de 10 cm del tallo de la planta, utilizando un vernier calibrado. Las mediciones se realizaron a los 180 días después de la siembra.

2.7.4. Número de hojas

El conteo de número de hojas por planta de cada tratamiento, se registró después de 180 días instalado el ensayo.

2.7.5. Materia seca de la parte área vegetal (%)

Para determinar la materia seca del sistema aéreo de la planta, se cortaron a nivel del cuello del tallo, se registró el peso fresco de cada planta cortada utilizando una balanza analítica de precisión y fueron colocadas a la estufa, a una temperatura de 100 °C por

espacio de 48 horas para garantizar la eliminación del contenido de agua en cada muestra, luego se determinó la materia seca con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Materia Seca} = 100 - \left(\frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100 \right)$$

2.7.6. Materia seca del sistema radicular (%)

Para determinar la materia seca de las raíces en plantas de palto de seis meses de edad, se procedió a eliminar con la ayuda de un pincel todo el pan de tierra de las raíces, luego cada muestra fue colocada en bolsas de papeles e instaladas en una estufa a 100 °C por un periodo de 48 horas hasta obtener un peso constante, luego se determinó la materia seca con la fórmula anterior.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. TIEMPO DE GERMINACIÓN

El tratamiento que generó la germinación de semillas de palto en el menor tiempo (11.75 días) fue el T34 (corte apical + basal + lateral, 4 EM y sin estratificación en frío) y el tratamiento que permitió que las semillas de palto germinaran en el mayor tiempo (79.00 días) fue el T3 (sin corte, sin EM y 10 días de estratificación en frío), tal como se muestra en la tabla 1. del anexo.

Tabla 3.1. Análisis de variancia para tiempo de germinación en semilla de palto

F.V.	G.L.	SC	CM	FC	
TRATAMIENTO	35	52948.08	1512.80	54.09	**
CORTE (S)	3	47214.69	15738.23	562.68	**
EM (M)	2	1698.39	849.19	30.36	**
T" FRÍO (T)	2	2676.68	1338.34	47.85	**
SxM	6	405.83	67.74	2.42	*
SxT	6	787.71	131.28	4.69	**
MxT	4	53.57	13.39	0.48	NS
SxMxT	12	111.21	9.27	0.33	NS
ERROR	108	3020.75	27.97		
TOTAL	143	55968.83			

C.V. = 17.39 %

En el análisis de variancia para tiempo de germinación en semillas de palto; cuyo resultado se expresa en la tabla 3.1., muestran alta significación estadística para las fuentes de variación: corte de semilla, microorganismo eficiente, tiempo de estratificación en frío y en la interacción de cortes de semilla en diferentes tiempos de estratificación en frío (SxT); sin embargo, para la interacción corte de semilla por microorganismos eficientes (SxM) solo se observa significación estadística. El

coeficiente de variancia es de 17.39 % valor que se encuentra dentro los límites permisibles para investigaciones agrícolas.

Al existir alta significación estadística en la interacción corte de semilla por tiempo de estratificación en frío (SxT) y al encontrar significación estadística en la interacción corte de semilla por microorganismos eficientes (SxM) se pasará a evaluar los efectos de la interacción, mostrados en las tablas 3.2. y 3.5.

Tabla 3.2. Análisis de variancia de los efectos simples de las interacciones en diferentes de cortes de semillas y tiempos de estratificación en frío para el tiempo de germinación en semilla de palto

F.V.	G.L.	SC	CM	FC
S en t1	3	11084.50	3694.83	132.10 **
S en t2	3	16360.56	5453.52	194.98 **
S en t3	3	20557.33	6852.44	244.99 **
T en s1	2	2491.06	1245.53	44.53 **
T en s2	2	266.89	133.44	4.77 *
T en s3	2	267.39	133.69	4.78 *
T en s4	2	439.06	219.53	7.85 **
ERROR	108	3020.75	27.97	

La tabla 3.2., muestra el análisis completo de los efectos simples con alta significación estadística entre cortes de semillas (S) en los diferentes tiempos de estratificación en frío, así como alta significación estadística para tiempo de estratificación en frío (T) en semillas sin corte (s1), corte a nivel apical + basal + lateral (s4). Además se observa significación estadística en tiempo de dotación de frío (T) en las semillas que recibieron el cortes de cotiledones a nivel apical (s2) y apical + basal (s3).

Como consecuencia de la diferencia estadística entre los tipos de cortes de semillas de palto y tiempo de estratificación en frío; se realiza la prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) entre los diferentes niveles de corte y tiempo de dotación de frío que se muestra en las tablas 3.3. y 3.4., que nos permitirá determinar cuáles son los tratamientos que genera menor tiempo en la germinación semillas de palto.

Tabla 3.3. Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples de cortes de semillas (S) en diferentes tiempos de estratificación en frío para el tiempo de germinación en semillas de palto

Tratamientos	N	Promedio	Tukey (0.05)
S en t1			
s4 en t1	4	12.50	a
s3 en t1	4	16.08	a
s2 en t1	4	20.00	a
s1 en t1	4	50.75	b
S en t2			
s4 en t2	4	17.58	a
s3 en t2	4	20.33	a
s2 en t2	4	23.50	a
s1 en t2	4	62.83	b
S en t3			
s4 en t3	4	21.00	a
s3 en t3	4	22.67	a
s2 en t3	4	26.67	a
s1 en t3	4	71.00	b

Tabla 3.4. Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples de tiempos de estratificación en frío (T) en diferentes cortes de semillas para el tiempo de germinación en semillas de palto

Tratamientos	N	Promedio	Tukey (0.05)
T en s1			
t1 en s1	4	50.75	a
t2 en s1	4	62.83	b
t3 en s1	4	71.00	b
T en s2			
t1 en s2	4	20.00	a
t2 en s2	4	23.50	a
t3 en s2	4	26.67	a
T en s3			
t1 en s3	4	16.08	a
t2 en s3	4	20.33	a
t3 en s3	4	22.67	a
T en s4			
t1 en s4	4	12.50	a
t2 en s4	4	17.58	a
t3 en s4	4	21.00	a

A partir de los resultados de las tablas 3.3. y 3.4., se muestran que las semillas de palto sin estratificación en frío (t1) presenta menor tiempo de germinación, con cortes de cotiledones: apical + basal + lateral (s4), apical + basal (s3) y apical (s2) sin significación estadística entre ellos, con tiempos promedios de 12.50, 16.08 y 20.00 días respectivamente. Asimismo, a nivel de semillas sin corte (s1), la que generó menor tiempo en germinar fueron semillas que no fueron estratificadas en frío (t1) con tiempo promedio de 50.75 días; tal como se ilustra en la figura 3.1.

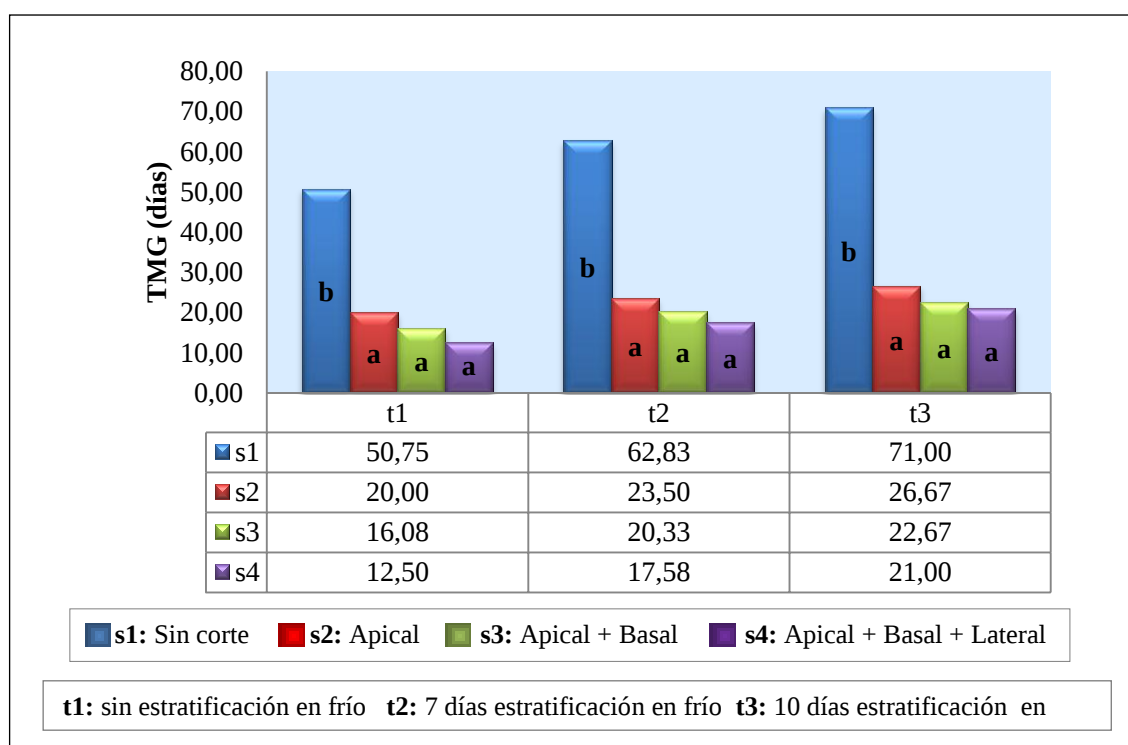


Figura 3.1. Tiempo de germinación (días) de cortes de semillas en diferentes tiempos de estratificación en frío.

El tiempo de germinación de semilla de palto es de 30 a 60 días dependiendo de la variedad y el clima (Alfonso, 2008) debido a que estas semillas presentan latencia fisiológica que impide el crecimiento de embriones y la germinación de las semillas (Fenner y Thompson, 2005; citado por Adjei *et al.*, 2011). Esta latencia se debe a la semipermeabilidad de las cubiertas de las semillas que permiten el ingreso del agua a las semillas, pero restringen los movimientos de gases e impiden la lixiviación de los inhibidores de la germinación del interior de la semilla (Hartmann y Kester, 1998); ya que, en la composición química de la semilla de palto se encontraron diversos compuestos fenólicos (Valeri y Gimeno, 1953; mencionado por García *et al.*, 1999;

Bressani, 2009 y Rosero, 2017), a estos compuestos en conjunto se denomina inhibidores fenólicos, a diferencia de la hormona forma un compuesto inactivo, bloqueando así el proceso del desarrollo estimulado por la hormona (Rojas, 1978).

En la interacción cortes de semillas de palto de raza mexicana por tiempo de estratificación en frío, s4t1 (corte apical + basal + lateral y sin estratificación en frío) germinó en 12.50 días, siendo la interacción que promovió la germinación precoz. Resultados similares obtuvo Ramírez (2016) quien realizó el despunte apical, basal y lateral de la semilla junto con la eliminación de la testa, logrando germinar semillas de palto de raza guatemalteca en 15.20 días.

Por su parte Bergh (1988) evaluó el efecto de cortes de semillas almacenadas a 4.5 °C por 11 días en la germinación de semillas de palto. A los 33 días después de la siembra, obtuvo alta tasa de germinación en semillas sin testa con corte de cotiledones a nivel apical, basal y lateral en comparación con el testigo que no registró semillas germinadas.

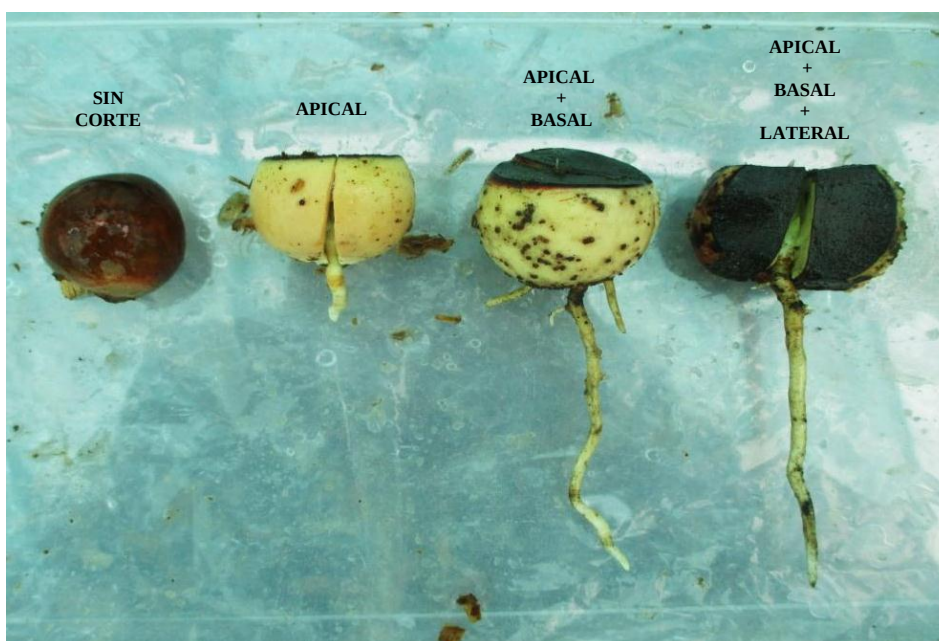


Figura 3.2. Efecto de cortes de cotiledones en la germinación de semillas de palto

Adjei *et al.* (2011) evaluaron los efectos del corte de la parte apical de los cotiledones de la semilla de palto, lográndose obtener mejores resultados con aquellas semillas cortadas a 1.5 cm, que aceleró la germinación, emergencia, longitud de las plántulas y

diámetro de tallo; concluyendo que a mayor corte de cotiledones se elimina inhibidores de crecimiento; asimismo, el periodo de retraso de la aparición de plántulas a partir de las semillas sin cortar se atribuye a la mayor presencia de inhibidores en la semilla.

Las semillas de palto que fueron estratificadas en frío a 7 °C por 7 y 10 días prolongaron el tiempo de germinación en comparación a semillas no estratificadas. Resultados obtenidos difieren a lo recomendado por Franciosi (1992) quién señala que la estratificación de las semillas antes de la siembra es una práctica que tiene bastantes ventajas en la propagación de palto; de la misma forma con lo reportado por Castro y Fassio (2013); citado por Gálvez *et al.* (2017) quienes almacenaron semillas de diferentes genotipos de esta especie durante dos meses a 6 °C y con 80 % de humedad relativa, logrando obtener una germinación exitosa.

Tabla 3.5. Análisis de variancia de los efectos simples de las interacciones de diferentes cortes de semillas y microorganismos eficientes para el tiempo de germinación en semilla de palto

F.V.	G.L.	SC	CM	FC
S en m1	3	17655.73	5885.24	210.41 **
S en m2	3	13339.06	4446.35	158.97 **
S en m3	3	16625.73	5541.91	198.14 **
M en s1	2	795.39	397.69	14.22 **
M en s2	2	1020.39	510.19	18.24 **
M en s3	2	170.72	85.36	3.05 NS
M en s4	2	117.72	58.86	2.10 NS
ERROR	108	3020.75	27.97	

Al existir alta significación estadística en la tabla 3.5., como consecuencia pasamos a efectuar la prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) entre los diferentes niveles de cortes y microorganismos eficientes, tal como se muestran en las tablas 3.6. y 3.7.

Tabla 3.6. Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples de cortes de semillas (S) en diferentes niveles de microorganismos eficientes para el tiempo de germinación en semilla de palto (días)

Tratamientos	N	Promedio	Tukey (0.05)	
S en m1				
s4 en m1	4	19.58	a	
s3 en m1	4	22.75	a	b
s2 en m1	4	30.92		b
s1 en m1	4	67.67		c
S en m2				
s4 en m2	4	15.67	a	
s3 en m2	4	18.50	a	
s2 en m2	4	19.50	a	
s1 en m2	4	56.25		b
S en m3				
s4 en m3	4	15.83	a	
s3 en m3	4	17.83	a	
s2 en m3	4	19.75	a	
s1 en m3	4	60.67		b

Tabla 3.7. Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples de microorganismos eficientes (M) en diferentes cortes de semillas para el tiempo de germinación en semilla de palto (días)

Tratamientos	N	Promedio	Tukey (0.05)	
M en s1				
m2 en s1	4	56.25	a	
m3 en s1	4	60.67	a	b
m1 en s1	4	67.67		b
M en s2				
m2 en s2	4	19.50	a	
m3 en s2	4	19.75	a	
m1 en s2	4	30.92		b

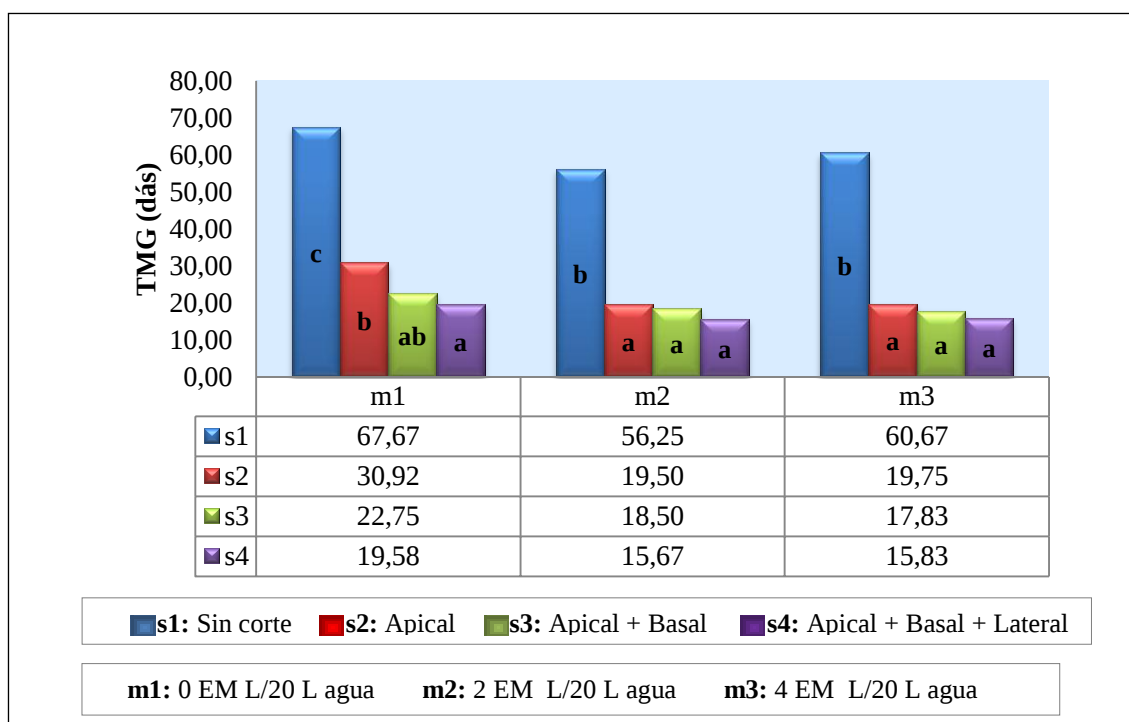


Figura 3.3. Tiempo de germinación de cortes de semillas en diferentes niveles de microorganismos eficientes.

En relación a la aplicación de microorganismos eficientes en los diferentes niveles de corte de semilla tuvieron un efecto favorable con respecto al control, este efecto podría deberse que a mayor corte realizado en la semilla facilitó el ingreso de los microorganismos eficientes hacia el embrión de la semilla acelerando los procesos de germinación; postulado que se asemeja con lo sostenido por APROLAB (2007); citado por Chávez (2012) quién señala que los microorganismos eficientes aumenta la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas, por su efecto hormonal similar al ácido giberélico.

3.2. ALTURA DE PLANTA

La tabla 2. del anexo, indica el tratamiento que alcanzó mayor respuesta en altura de planta es el T28 (corte apical + basal + lateral, sin EM y sin estratificación en frío) con altura promedio de 41.03 cm; asimismo, el tratamiento que presentó menor altura de planta fue el T15 (corte apical, 2 EM y 10 días de estratificación en frío) con altura promedio 15.60 cm.

Tabla 3.8. Análisis de variancia para altura de planta (cm)

F.V.	G.L.	SC	CM	FC	
TRATAMIENTO	35	5422.56	154.93	7.16	**
CORTE (S)	3	644.31	214.77	9.92	**
EM (M)	2	159.02	79.51	3.67	*
T" FRÍO (T)	2	2722.52	1361.26	62.89	**
SxM	6	927.6	154.6	7.14	**
SxT	6	76.38	12.73	0.59	NS
MxT	4	228.22	57.06	2.64	*
SxMxT	12	664.52	55.38	2.56	**
ERROR	108	2337.49	21.64		
TOTAL	143	7760.05			

C.V. = 18.54 %

En la tabla 3.8., se observa alta significación estadística en corte de semilla, tiempo de estratificación en frío, interacción corte de semilla por microorganismos eficientes (SxM) e interacción corte de semilla por microorganismos eficientes por tiempo de estratificación en frío (SxMxT); mientras para las fuentes de microorganismos eficientes e interacción microorganismos eficientes por tiempo de estratificación en frío (MxT) existe significación estadística. El coeficiente de variación es de 18.54 %, lo cual se encuentra dentro del margen de error permisible.

Al encontrar alta significación estadística en la interacción de segundo orden entre tipos de cortes, microorganismos eficientes por tiempo de estratificación en frío (SxMxT) nos centramos en el análisis de los efectos simples para cada factor en los diferentes niveles de los factores de estudio; por lo que pierde importancia el estudio de los efectos principales y los efectos de las interacciones de primer orden.

Tabla 3.9. Análisis de variancia de los efectos simples simples de las interacciones en diferentes cortes de semillas, niveles de microorganismos eficientes y tiempos de estratificación en frío para altura de planta de palto (cm)

F.V.	G.L.	SC	CM	FC	
S en m1t1	3	263.40	87.80	4.06	**
S en m1t2	3	269.79	89.93	4.16	**
S en m1t3	3	203.37	67.79	3.13	*
S en m2t1	3	430.36	143.45	6.63	**
S en m2t2	3	458.50	152.83	7.06	**
S en m2t3	3	332.63	110.88	5.12	**
S en m3t1	3	195.90	65.30	3.02	*
S en m3t2	3	122.83	40.94	1.89	NS
S en m3t3	3	36.01	12.00	0.55	NS
M en s1t1	2	111.17	55.58	2.57	NS
M en s1t2	2	348.05	174.03	8.04	**
M en s1t3	2	86.29	43.14	1.99	NS
M en s2t1	2	137.00	68.50	3.16	*
M en s2t2	2	138.75	69.38	3.21	*
M en s2t3	2	53.23	26.62	1.23	NS
M en s3t1	2	84.50	42.25	1.95	NS
M en s3t2	2	229.04	114.52	5.29	**
M en s3t3	2	60.82	30.41	1.41	NS
M en s4t1	2	481.05	240.53	11.11	**
M en s4t2	2	170.54	85.27	3.94	*
M en s4t3	2	78.90	39.45	1.82	NS
T en s1m1	2	357.33	178.66	8.25	**
T en s1m2	2	246.11	123.06	5.69	**
T en s1m3	2	247.99	123.99	5.73	**
T en s2m1	2	442.94	221.47	10.23	**
T en s2m2	2	362.65	181.33	8.38	**
T en s2m3	2	26.82	13.41	0.62	NS
T en s3m1	2	398.80	199.40	9.21	**
T en s3m2	2	158.55	79.28	3.66	*
T en s3m3	2	171.42	85.71	3.96	*
T en s4m1	2	997.22	498.61	23.04	**
T en s4m2	2	133.94	66.97	3.09	*
T en s4m3	2	147.86	73.93	3.42	*
ERROR	108	2337.49	21.64		

A partir de los resultados de la tabla 3.9., como consecuencia de las diferencias estadísticas se realizará la prueba de contraste de Tukey (0.05) entre los diferentes niveles de cortes, microorganismos eficientes y tiempo de estratificación en frío.

Tabla 3.10. Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de cortes de semillas (S) en diferentes niveles de microorganismos eficientes por tiempos de estratificación en frío para altura de planta de palto (cm)

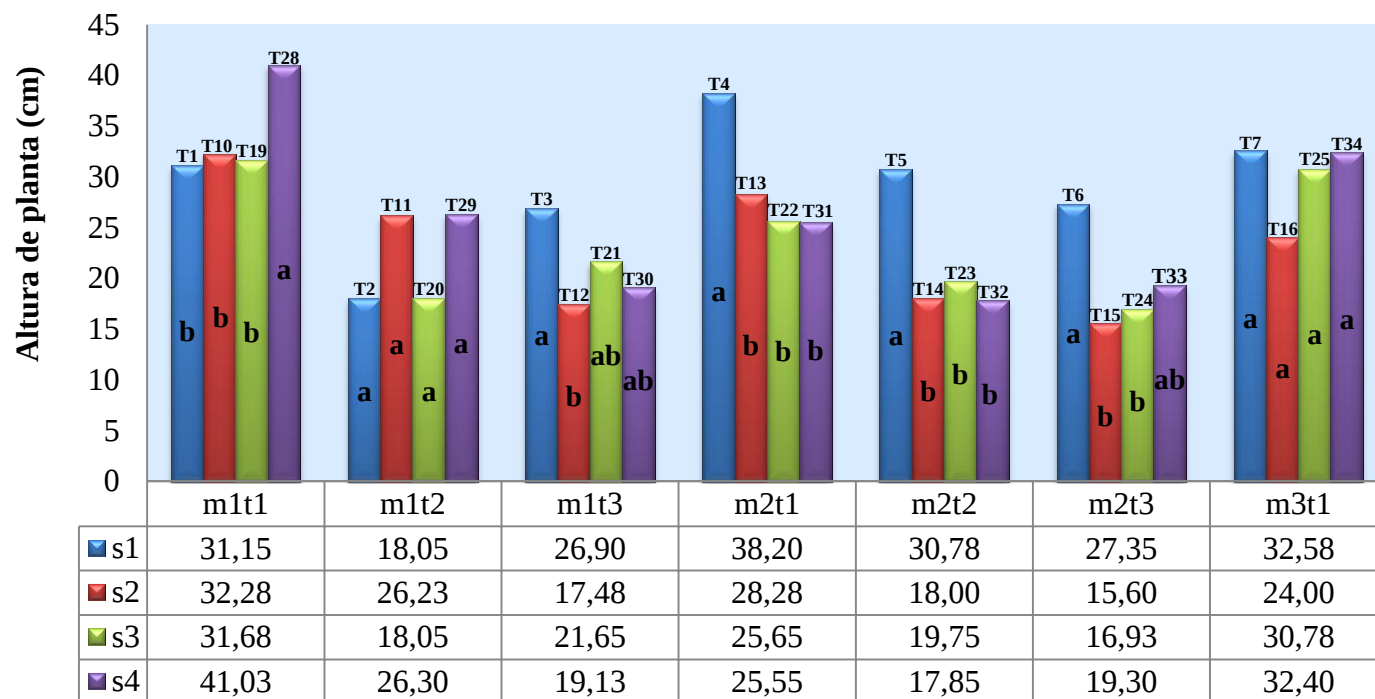
Tratamientos	N	Promedio	Tukey (0.05)	
S en m1t1				
T28: s4 en m1t1	4	41.03	a	
T10: s2 en m1t1	4	32.28		b
T19: s3 en m1t1	4	31.68		b
T01: s1 en m1t1	4	31.15		b
S en m1t2				
T29: s4 en m1t2	4	26.30	a	
T11: s2 en m1t2	4	26.23	a	
T20: s3 en m1t2	4	18.05	a	
T02: s1 en m1t2	4	18.05	a	
S en m1t3				
T03: s1 en m1t3	4	26.90	a	
T21: s3 en m1t3	4	21.65	a	b
T30: s4 en m1t3	4	19.13	a	b
T12: s2 en m1t3	4	17.48		b
S en m2t1				
T04: s1 en m2t1	4	38.20	a	
T13: s2 en m2t1	4	28.28		b
T22: s3 en m2t1	4	25.65		b
T31: s4 en m2t1	4	25.55		b
S en m2t2				
T05: s1 en m2t2	4	30.78	a	
T23: s3 en m2t2	4	19.75		b
T14: s2 en m2t2	4	18.00		b
T32: s4 en m2t2	4	17.85		b
S en m2t3				
T06: s1 en m2t3	4	27.35	a	
T33: s4 en m2t3	4	19.30	a	b
T24: s3 en m2t3	4	16.93		b
T15: s2 en m2t3	4	15.60		b
S en m3t1				
T07: s1 en m3t1	4	32.58	a	
T34: s4 en m3t1	4	32.40	a	
T25: s3 en m3t1	4	30.78	a	
T16: s2 en m3t1	4	24.00	a	

Tabla 3.11. Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de microorganismos eficientes (M) en diferentes cortes de semillas por tiempos de estratificación en frío para altura de planta de palto (cm)

Tratamientos	N	Promedio	Tukey (0.05)	
M en s1t2				
T05: m2 en s1t2	4	30.78	a	
T08: m3 en s1t2	4	27.43	a	
T02: m1 en s1t2	4	18.05		b
M en s2t1				
T10: m1 en s2t1	4	32.28	a	
T13: m2 en s2t1	4	28.28	a	b
T16: m3 en s2t1	4	24.00		b
M en s2t2				
T11: m1 en s2t2	4	26.23	a	
T17: m3 en s2t2	4	20.98	a	b
T14: m2 en s2t2	4	18.00		b
M en s3t2				
T26: m3 en s3t2	4	28.05	a	
T23: m2 en s3t2	4	19.75		b
T20: m1 en s3t2	4	18.05		b
M en s4t1				
T28: m1 en s4t1	4	41.03	a	
T34: m3 en s4t1	4	32.40		b
T31: m2 en s4t1	4	25.55		b
M en s4t2				
T29: m1 en s4t2	4	26.30	a	
T35: m3 en s4t2	4	25.30	a	b
T32: m2 en s4t2	4	17.85		b

Tabla 3.12. Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de tiempos de estratificación en frío (T) en diferentes cortes de semillas por microorganismos eficientes para altura de planta de palto (cm)

Tratamientos	N	Promedio	Tukey (0.05)	
T en s1m1				
T01: t1 en s1m1	4	31.15	a	
T03: t3 en s1m1	4	26.90	a	
T02: t2 en s1m1	4	18.05		b
T en s1m2				
T04: t1 en s1m2	4	38.20	a	
T05: t2 en s1m2	4	30.78	a	b
T06: t3 en s1m2	4	27.35		b
T en s1m3				
T07: t1 en s1m3	4	32.58	a	
T08: t2 en s1m3	4	27.43	a	b
T09: t3 en s1m3	4	21.45		b
T en s2m1				
T10: t1 en s2m1	4	32.28	a	
T11: t2 en s2m1	4	26.23	a	
T12: t3 en s2m1	4	17.48		b
T en s2m2				
T13: t1 en s2m2	4	28.28	a	
T14: t2 en s2m2	4	18.00		b
T15: t3 en s2m2	4	15.60		b
T en s3m1				
T19: t1 en s3m1	4	31.68	a	
T21: t3 en s3m1	4	21.65		b
T20: t2 en s3m1	4	18.05		b
T en s3m2				
T22: t1 en s3m2	4	25.65	a	
T23: t2 en s3m2	4	19.75	a	b
T24: t3 en s3m2	4	16.93		b
T en s3m3				
T25: t1 en s3m3	4	30.78	a	
T26: t2 en s3m3	4	28.05	a	b
T27: t3 en s3m3	4	21.75		b
T en s4m1				
T28: t1 en s4m1	4	41.03	a	
T29: t2 en s4m1	4	26.30		b
T30: t3 en s4m1	4	19.13		b
T en s4m2				
T31: t1 en s4m2	4	25.55	a	
T33: t3 en s4m2	4	19.30	a	
T32: t2 en s4m2	4	17.85	a	
T en s4m3				
T34: t1 en s4m3	4	32.40	a	
T35: t2 en s4m3	4	25.30	a	
T36: t3 en s4m3	4	24.65	a	



s1: Sin corte

s2: Apical

s3: Apical + Basal

s4: Apical + Basal + Lateral

m1t1: sin EM y sin estratificación en frío

m1t2: sin EM y 7 días de estratificación en frío

m1t3: sin EM y 10 días de estratificación en frío

m2t1: 2 EM y sin estratificación en frío

m2t2: 2 EM y 7 días de estratificación en frío

m2t3: 2 EM y 10 días de estratificación en frío

m3t1: 4 EM y sin estratificación en frío

Figura 3.4. Altura de planta de palto (cm) en las interacciones de los diferentes cortes de semillas, niveles de microorganismos eficientes y tiempos de estratificación en frío

En la figura 3.4., indica que el T28 (corte apical + basal + lateral, 0 EM y 0 días de estratificación en frío) produce mayor altura de plantas que alcanza un promedio de 41.03 cm; seguidos de T4 (sin corte, 2 EM y 0 días de estratificación en frío) con altura promedio de 38.20 cm y T7 (sin corte, 4 EM y 0 días de estratificación en frío) con 32.58 cm.

Uno de los hallazgos en este estudio, es el efecto positivo que generan los cortes de los cotiledones a nivel apical, basal y lateral en la altura plantas a los seis meses después de la siembra; a partir de este hallazgo se puede afirmar que en los cortes de cotiledones se pudo eliminar una parte de los inhibidores de crecimiento presentes en la semilla; asimismo, al momento de entrar en contacto con el medio de germinación, a través de estos cortes podría haber facilitado la lixiviación de inhibidores que quedaron en la semilla. Este hallazgo guardan relación con lo reportado por Adjei *et al.* (2011), estos autores señalan que a un corte más grande en los cotiledones se elimina mayor contenido de inhibidores de crecimiento.



Figura 3.5. Efecto de cortes de semillas en la altura de plantas de palto a los seis meses de edad

Respecto a lo mencionado en el párrafo anterior, los cortes de las semillas influenciaron en el mayor crecimiento en altura de planta en sus primeros meses de edad, esto puede atribuir al escaso contenido de reservas en los cotiledones de la semilla. Resultados que

coinciden con los estudios realizados por Adjei *et al.* (2011) quienes señalan que en semilla con corte apical (1.5 cm) produjo en las primeras etapas del crecimiento plántulas más altas frente a la semilla sin cortar. Sin embargo, durante las etapas avanzadas del crecimiento, el tamaño de la semilla se convirtió en el factor determinante en la variación de altura de las plántulas.

La aplicación de microorganismos eficientes en diferentes interacciones de corte de semilla por tiempo de estratificación en frío, no generaron plantas de mayor altura a los seis meses de edad respecto al testigo, a excepción del T34 (corte apical + basal + lateral, 4 EM y sin estratificación en frío); sin embargo, en semillas no estratificadas y sin corte de cotiledones los diferentes niveles de microorganismos eficientes generan un efecto positivo en el alargamiento del tallo. Esto nos hace asumir, en cuestión a la dosis recomendada del producto comercial a base de microorganismos eficientes, es solo para semillas tal como fueron extraídas del fruto sin corte alguno, para expresar su mayor efecto en crecimientos de plántulas de palto. En este estudio no fue factible comparar estos resultados; ya que, actualmente no se han reportado hallazgos en el uso de microorganismos eficientes en la propagación de portainjertos de palto.

En cuanto a la estratificación en frío de semillas de palto por 7 y 10 días, no produjo ningún efecto positivo en altura de planta; probablemente, el menor tiempo de estratificación no fue lo suficientemente para la lixiviación de inhibidores de crecimiento presentes en los cotiledones de las semillas, estos resultados ratifican con lo reportado por Gálvez *et al.* (2017) quienes evaluaron la lixiviación de electrolitos de semillas de palto variedad Esther, como medida del vigor de las semillas, crecimiento y desarrollo posterior de las plántulas de palto. A los 75 días después de la siembra, lograron obtener en semillas almacenadas durante 100 días; lo cual, generó 36.2 cm altura de planta con respecto a las almacenadas por 10 días que sólo generó plantas con altura de 12.3 cm. Concluyendo que a mayor tiempo de almacenamiento de semillas a 5 °C y 80 % de humedad relativa presenta efecto positivo sobre el crecimiento de las plántulas independiente del tamaño de las semillas.

3.3. DIÁMETRO DE TALLO

En la tabla 3. del anexo, muestra el tratamiento que presentó mayor diámetro de tallo fue el T28 (corte apical + basal + lateral, sin EM y sin estratificación en frío) con

diámetro promedio de 7.25 mm y el tratamiento que generó menor diámetro de tallo fue el T2 (sin corte, sin EM y 7 días de estratificación en frío) con diámetro promedio 2.75 mm.

Tabla 3.13. Análisis de variancia para diámetro de tallo de palto (mm)

F.V.	G.L.	SC	CM	FC
TRATAMIENTO	35	122.56	3.50	9.95 **
CORTE (S)	3	48.56	16.19	46.00 **
EM (M)	2	2.68	1.34	3.81 *
T" FRÍO (T)	2	31.43	15.72	44.66 **
SxM	6	8.15	1.36	3.86 **
SxT	6	13.07	2.18	6.19 **
MxT	4	1.94	0.49	1.38 NS
SxMxT	12	16.72	1.39	3.96 **
ERROR	108	38.00	0.35	
TOTAL	143	160.56		

C.V. = 14.14 %

En el análisis de variancia que se muestra en la tabla 3.13., existe alta significación estadística para las fuentes de variación de corte de semilla, tiempo de estratificación en frío, interacción de corte de semilla por microorganismos eficientes (SxM), interacción de corte de semilla por tiempo de estratificación en frío (SxT) e interacción de corte de semilla por microorganismos eficientes por tiempo de estratificación en frío (SxMxT); mientras para la fuente de variación de microorganismos eficientes existe sólo significación estadística. El coeficiente de variancia es de 14.14 % valor que se encuentra dentro los rangos permisibles para este tipo de investigación.

Al encontrar alta significación estadística en la interacción de corte de semilla por microorganismos eficientes por tiempo de estratificación en frío (SxMxT) se realiza un análisis de los efectos simples de los diferentes niveles de corte de semilla, microorganismos eficientes y tiempo de estratificación en frío; por lo que pierde importancia el estudio de los efectos principales y de los efectos de las interacciones de primer orden.

Tabla 3.14. Análisis de variancia de los efectos simples de las interacciones en diferentes cortes de semillas, niveles de microorganismos eficientes y tiempos de estratificación en frío para diámetro de tallo de palto (mm)

F.V.	G.L.	SC	CM	FC
S en m1t1	3	33.25	11.08	31.50 **
S en m1t2	3	15.50	5.17	14.68 **
S en m1t3	3	1.50	0.50	1.42 NS
S en m2t1	3	1.19	0.40	1.13 NS
S en m2t2	3	2.00	0.67	1.89 NS
S en m2t3	3	2.00	0.67	1.89 NS
S en m3t1	3	19.19	6.40	18.18 **
S en m3t2	3	5.19	1.73	4.91 **
S en m3t3	3	6.69	2.23	6.34 **
M en s1t1	2	2.00	1.00	2.84 NS
M en s1t2	2	3.50	1.75	4.97 **
M en s1t3	2	1.17	0.58	1.66 NS
M en s2t1	2	0.17	0.08	0.24 NS
M en s2t2	2	1.17	0.58	1.66 NS
M en s2t3	2	0.17	0.08	0.24 NS
M en s3t1	2	3.50	1.75	4.97 **
M en s3t2	2	0.67	0.33	0.95 NS
M en s3t3	2	1.17	0.58	1.66 NS
M en s4t1	2	10.50	5.25	14.92 **
M en s4t2	2	3.50	1.75	4.97 **
M en s4t3	2	2.00	1.00	2.84 NS
T en s1m1	2	4.50	2.25	6.39 **
T en s1m2	2	1.50	0.75	2.13 NS
T en s1m3	2	0.67	0.33	0.95 NS
T en s2m1	2	0.67	0.33	0.95 NS
T en s2m2	2	2.67	1.33	3.79 *
T en s2m3	2	0.50	0.25	0.71 NS
T en s3m1	2	3.50	1.75	4.97 **
T en s3m2	2	1.50	0.75	2.13 NS
T en s3m3	2	15.17	7.58	21.55 **
T en s4m1	2	24.50	12.25	34.82 **
T en s4m2	2	1.50	0.75	2.13 NS
T en s4m3	2	6.50	3.25	9.24 **
ERROR	108	38.00	0.3519	

De los resultados obtenidos del análisis de variancia de los efectos simples simples, en las comparaciones con significación y alta significación estadística se realizará la prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) entre los diferentes niveles de corte de cotiledones, microorganismos eficientes y tiempos de estratificación en frío, tal como se detallan en las tablas 3.15., 3.16 y 3.17.

Tabla 3.15. Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de cortes de semillas (S) en diferentes niveles de microorganismos eficientes por tiempos de estratificación en frío para diámetro de tallo de palto (mm)

Tratamientos	N	Promedio	Tukey (0.05)	
S en m1t1				
T28: s4 en m1t1	4	7.25	a	
T19: s3 en m1t1	4	4.75		b
T10: s2 en m1t1	4	4.00	b	c
T01: s1 en m1t1	4	3.50		c
S en m1t2				
T29: s4 en m1t2	4	5.50	a	
T11: s2 en m1t2	4	4.00		b
T20: s3 en m1t2	4	3.75	b	c
T02: s1 en m1t2	4	2.75		c
S en m3t1				
T34: s4 en m3t1	4	6.50	a	
T25: s3 en m3t1	4	5.75	a	
T16: s2 en m3t1	4	4.00		b
T07: s1 en m3t1	4	4.00	b	
S en m3t2				
T35: s4 en m3t2	4	5.25	a	
T26: s3 en m3t2	4	4.25	a	b
T08: s1 en m3t2	4	4.00		b
T17: s2 en m3t2	4	3.75		b
S en m3t3				
T36: s4 en m3t3	4	4.75	a	
T18: s2 en m3t3	4	3.50		b
T09: s1 en m3t3	4	3.50		b
T27: s3 en m3t3	4	3.00		b

Tabla 3.16. Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de microorganismos eficientes (M) en diferentes cortes de semillas por tiempos de estratificación en frío para diámetro de tallo de palto (mm)

Tratamientos	N	Promedio	Tukey (0.05)	
M en s1t2				
T08: m3 en s1t2	4	4.00	a	
T05: m2 en s1t2	4	3.75	a	b
T02: m1 en s1t2	4	2.75		b
M en s3t1				
T25: m3 en s3t1	4	5.75	a	
T19: m1 en s3t1	4	4.75	a	b
T22: m2 en s3t1	4	4.50		b
M en s4t1				
T28: m1 en s4t1	4	7.25	a	
T34: m3 en s4t1	4	6.50	a	
T31: m2 en s4t1	4	5.00		b
M en s4t2				
T29: m1 en s4t2	4	5.50	a	
T35: m3 en s4t2	4	5.25	a	b
T32: m2 en s4t2	4	4.25		b

Tabla 3.17. Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de tiempos de estratificación en frío (T) en diferentes cortes de semillas por microorganismos eficientes para diámetro de tallo de palto (mm)

Tratamientos	N	Promedio	Tukey (0.05)	
T en s1m1				
T03: t3 en s1m1	4	4.25	a	
T01: t1 en s1m1	4	3.50	a	b
T02: t2 en s1m1	4	2.75		b
T en s2m2				
T13: t1 en s2m2	4	4.25	a	
T14: t2 en s2m2	4	3.25	a	
T15: t3 en s2m2	4	3.25	a	
T en s3m1				
T19: t1 en s3m1	4	4.75	a	
T20: t2 en s3m1	4	3.75	a	b
T21: t3 en s3m1	4	3.50		b
T en s3m3				
T25: t1 en s3m3	4	5.75	a	
T26: t2 en s3m3	4	4.25		b
T27: t3 en s3m3	4	3.00		c
T en s4m1				
T28: t1 en s4m1	4	7.25	a	
T29: t2 en s4m1	4	5.50		b
T30: t3 en s4m1	4	3.75		c
T en s4m3				
T34: t1 en s4m3	4	6.50	a	
T35: t2 en s4m3	4	5.25		b
T36: t3 en s4m3	4	4.75		b

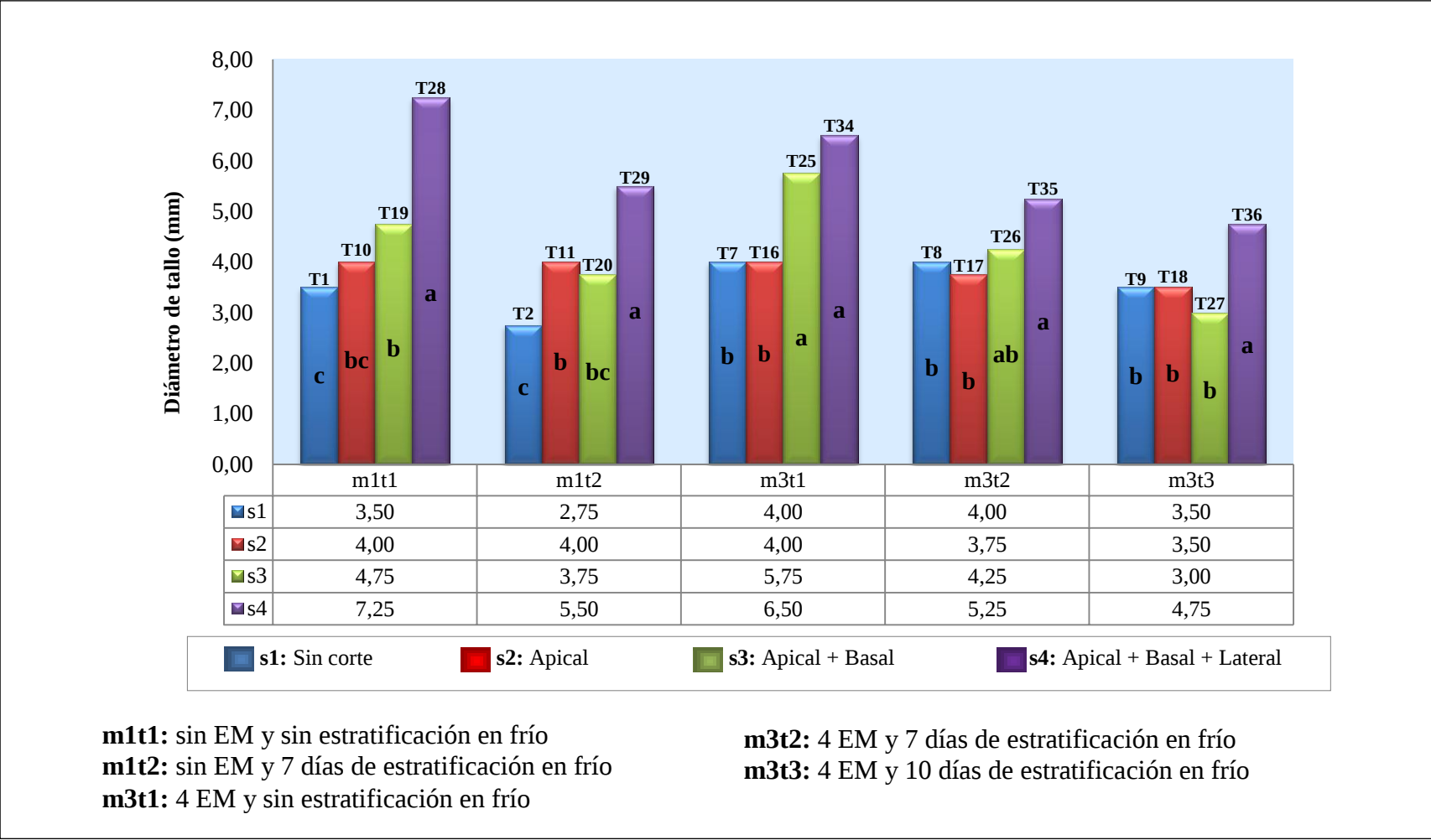


Figura 3.6. Diámetro de tallo de palto (mm) en las interacciones de los diferentes cortes de semillas, niveles de microorganismos eficientes y tiempos de estratificación en frío

En la figura 3.6., se observa el tratamiento que produce mayor diámetro de tallo es el T28 (corte apical + basal + lateral, 0 EM y 0 días de dotación de frío) con un promedio de 7.25 mm; asimismo, en el T34 (corte apical + basal + lateral, 4 EM y 0 días de estratificación en frío) que generó 6.50 mm y T25 (corte apical + basal, 4 EM y 0 días de estratificación en frío) con 5.75 mm. A partir de estos resultados, observamos en semillas con cortes de cotiledones a nivel apical + basal + lateral se obtienen plantas con adecuado desarrollo de tallo para ser injertadas a los seis meses de edad, a cortando el tiempo de obtención de portainjertos en comparación a semillas sin cortes.

Por otro lado, los diferentes niveles de microorganismos eficientes aplicadas en: semillas con corte apical + basal + lateral estratificadas (7 °C) en diferentes tiempos y semillas sin cortes estratificadas por 7 días generaron diámetros de tallo superiores al testigo, pero inferiores al T28 (corte apical + basal + lateral, sin EM y sin dotación de frío). Estos resultados se asemejan con lo que sostiene APROLAB (2007); citado por Chávez (2012), quién señala que los microorganismos eficientes presentan efecto en el crecimiento de tallo.



Figura 3.7. Efecto de los microorganismos eficientes en semillas con cortes de cotiledones a nivel apical, basal y lateral en el diámetro de tallo en plantas de palto

Respecto a la estratificación en frío (7 °C) de semillas; el T29 (corte apical + basal + lateral, 0 EM y 7 días de dotación de frío), T35 (corte apical + basal + lateral, 4 EM y 7

días de estratificación en frío) y T36 (corte apical + basal + lateral, 4 EM y 10 días de estratificación en frío) generaron plantas con diámetro de tallo de 5.50, 5.25 y 4.75 mm respectivamente con respecto al testigo T1 (sin corte, sin EM y sin estratificación en frío) que presentó un diámetro de tallo de 3.50 mm a los 180 días después de la siembra. Estos resultados ratifican lo reportado por Gálvez *et al.* (2017) quienes almacenaron semillas de palto variedad Esther durante 100 días a una temperatura de 5 °C y 80 % de humedad relativa, logrando obtener un efecto positivo sobre el diámetro de tallo.

3.4. NÚMERO DE HOJAS

La tabla 4. del anexo, muestra el tratamiento que originó plantas con mayor número de hojas (23 hojas) fue el tratamiento T28 (corte apical + basal + lateral, sin EM y sin estratificación en frío), por su parte el tratamiento que presentó menor respuesta en número de hojas (10 hojas) fue el T2 (sin corte, sin EM y 7 días de estratificación en frío).

Tabla 3.18. Análisis de variancia para número de hojas

F.V.	G.L.	SC	CM	FC	
TRATAMIENTO	35	1173.72	33.53	6.45	**
CORTE (S)	3	415.72	138.57	26.65	**
EM (M)	2	13.72	6.86	1.32	NS
T" FRÍO (T)	2	352.72	176.36	33.92	**
SxM	6	150.61	25.10	4.83	**
SxT	6	97.28	16.21	3.12	**
MxT	4	28.15	7.04	1.35	NS
SxMxT	12	115.51	9.63	1.85	*
ERROR	108	561.50	5.20		
TOTAL	143	1735.22			

C.V. = 14.58%

En la tabla 3.18., se observa alta significación estadística para las fuentes de variación de corte de semilla, tiempo de estratificación en frío, interacción de corte de semilla por microorganismos eficientes (SxM) e interacción de corte de semilla por tiempo de estratificación en frío (SxT); mientras tanto existe significación estadística para la interacción de corte de semilla por microorganismos eficientes por tiempo de estratificación en frío (SxMxT). El coeficiente de variancia es de 14.58 % valor que se encuentra dentro los límites permisibles para investigaciones agrícolas.

Como consecuencia de la significación estadística en la interacción de corte de semilla por microorganismos eficientes por tiempo de estratificación en frío (SxMxT) se realiza el análisis de los efectos simples simples entre los diferentes factores en estudios.

Tabla 3.19. Análisis de variancia de los efectos simples simples de las interacciones en diferentes cortes de semillas, niveles de microorganismos eficientes y tiempos de estratificación en frío para número de hojas

F.V.	G.L.	SC	CM	FC
S en m1t1	3	189.69	63.23	12.16 **
S en m1t2	3	123.69	41.23	7.93 **
S en m1t3	3	46.00	15.33	2.95 *
S en m2t1	3	71.25	23.75	4.57 **
S en m2t2	3	38.19	12.73	2.45 NS
S en m2t3	3	73.69	24.56	4.72 **
S en m3t1	3	144.69	48.23	9.28 **
S en m3t2	3	48.75	16.25	3.13 *
S en m3t3	3	43.19	14.40	2.77 *
M en s1t1	2	5.17	2.58	0.50 NS
M en s1t2	2	45.50	22.75	4.38 *
M en s1t3	2	24.50	12.25	2.36 NS
M en s2t1	2	80.67	40.33	7.76 **
M en s2t2	2	4.67	2.33	0.45 NS
M en s2t3	2	28.17	14.08	2.71 NS
M en s3t1	2	37.17	18.58	3.57 *
M en s3t2	2	12.67	6.33	1.22 NS
M en s3t3	2	15.17	7.58	1.46 NS
M en s4t1	2	47.17	23.58	4.54 *
M en s4t2	2	4.50	2.25	0.43 NS
M en s4t3	2	2.67	1.33	0.26 NS
T en s1m1	2	25.17	12.58	2.42 NS
T en s1m2	2	4.67	2.33	0.45 NS
T en s1m3	2	2.67	1.33	0.26 NS
T en s2m1	2	78.17	39.08	7.52 **
T en s2m2	2	188.67	94.33	18.14 **
T en s2m3	2	10.67	5.33	1.03 NS
T en s3m1	2	29.17	14.58	2.80 NS
T en s3m2	2	12.50	6.25	1.20 NS
T en s3m3	2	93.17	46.58	8.96 **
T en s4m1	2	90.17	45.08	8.67 **
T en s4m2	2	12.50	6.25	1.20 NS
T en s4m3	2	46.17	23.08	4.44 *
ERROR	108	561.50	5.20	

A partir de los resultados obtenidos en la tabla 3.19., se ejecutará la prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) solo para comparaciones con significación y alta significación estadística, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.20. Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de cortes de semillas (S) en diferentes niveles de microorganismos eficientes por tiempos de estratificación en frío para número de hojas

Tratamientos	N	Promedio	Tukey (0.05)	
S en m1t1				
T28: s4 en m1t1	4	23.00	a	
T10: s2 en m1t1	4	20.00	a	b
T19: s3 en m1t1	4	18.25		b
T01: s1 en m1t1	4	13.50		c
S en m1t2				
T29: s4 en m1t2	4	17.75	a	
T11: s2 en m1t2	4	15.00	a	
T20: s3 en m1t2	4	14.50	a	
T02: s1 en m1t2	4	10.00		b
S en m1t3				
T30: s4 en m1t3	4	16.75	a	
T21: s3 en m1t3	4	15.75	a	b
T12: s2 en m1t3	4	14.25	a	b
T03: s1 en m1t3	4	12.25		b
S en m2t1				
T13: s2 en m2t1	4	20.00	a	
T31: s4 en m2t1	4	18.25	a	b
T22: s3 en m2t1	4	15.50		b
T04: s1 en m2t1	4	14.75		b
S en m2t3				
T33: s4 en m2t3	4	15.75	a	
T06: s1 en m2t3	4	15.75	a	
T24: s3 en m2t3	4	14.25	a	b
T15: s2 en m2t3	4	10.50		b
S en m3t1				
T34: s4 en m3t1	4	21.50	a	
T25: s3 en m3t1	4	19.75	a	
T07: s1 en m3t1	4	15.00		b
T16: s2 en m3t1	4	14.50		b
S en m3t2				
T35: s4 en m3t2	4	18.50	a	
T26: s3 en m3t2	4	15.50	a	b
T17: s2 en m3t2	4	14.50	a	b
T08: s1 en m3t2	4	14.00		b
S en m3t3				
T36: s4 en m3t3	4	16.75	a	
T09: s1 en m3t3	4	14.00	a	
T27: s3 en m3t3	4	13.00	a	
T18: s2 en m3t3	4	12.50	a	

Tabla 3.21. Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de microorganismos eficientes (M) en diferentes cortes de semillas por tiempos de estratificación en frío para número de hojas

Tratamientos	N	Promedio	Tukey (0.05)	
M en s1t2				
T05: m2 en s1t2	4	14.25	a	
T08: m3 en s1t2	4	14.00	a	
T02: m1 en s1t2	4	10.00		b
M en s2t1				
T10: m1 en s2t1	4	20.00	a	
T13: m2 en s2t1	4	20.00	a	
T16: m3 en s2t1	4	14.50		b
M en s3t1				
T25: m3 en s3t1	4	19.75	a	
T19: m1 en s3t1	4	18.25	a	b
T22: m2 en s3t1	4	15.50		b
M en s4t1				
T28: m1 en s4t1	4	23.00	a	
T34: m3 en s4t1	4	21.50	a	b
T31: m2 en s4t1	4	18.25		b

Tabla 3.22. Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de tiempos de estratificación en frío (T) en diferentes cortes de semillas por microorganismos eficientes para número de hojas

Tratamientos	N	Promedio	Tukey (0.05)	
T en s2m1				
T10: t1 en s2m1	4	20.00	a	
T11: t2 en s2m1	4	15.00		b
T12: t3 en s2m1	4	14.25		b
T en s2m2				
T13: t1 en s2m2	4	20.00	a	
T14: t2 en s2m2	4	13.50		b
T15: t3 en s2m2	4	10.50		b
T en s3m3				
T25: t1 en s3m3	4	19.75	a	
T26: t2 en s3m3	4	15.50		b
T27: t3 en s3m3	4	13.00		b
T en s4m1				
T28: t1 en s4m1	4	23.00	a	
T29: t2 en s4m1	4	17.75		b
T30: t3 en s4m1	4	16.75		b
T en s4m3				
T34: t1 en s4m3	4	21.50	a	
T35: t2 en s4m3	4	18.50	a	b
T36: t3 en s4m3	4	16.75		b

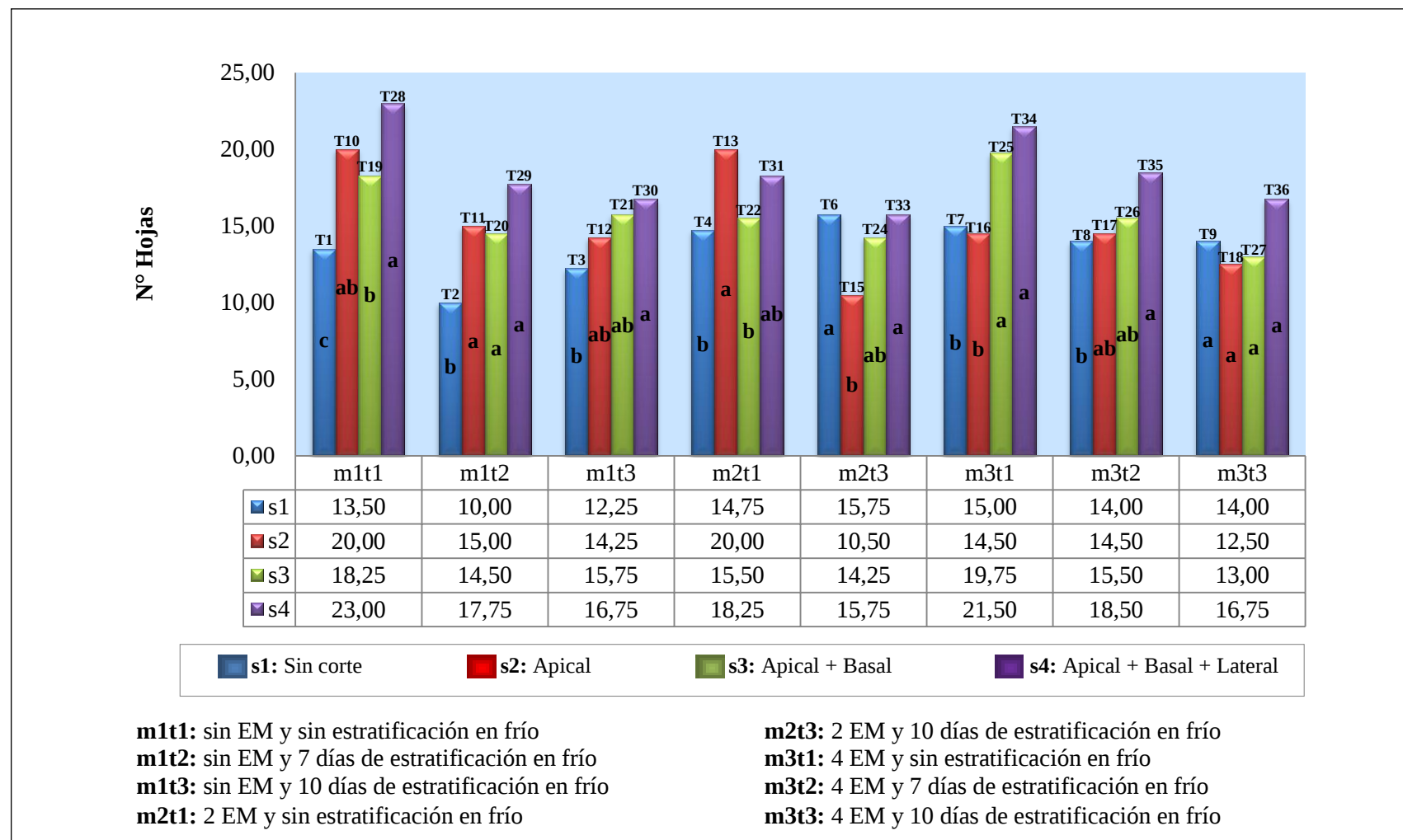


Figura 3.8. Número de hojas en las interacciones de los diferentes cortes de semillas, niveles de microorganismos eficientes y tiempos de estratificación en frío

En las comparaciones de corte de semilla en diferentes microorganismos eficientes por tiempo de estratificación en frío que se detallan en la figura 3.8., se observa que el T28 (corte apical + basal + lateral, 0 EM y 0 días de estratificación en frío) y T34 (corte apical + basal + lateral, 4 EM y 0 días de estratificación en frío) presentan mayor número de hojas por planta con 23.00 y 21.50 hojas respectivamente. Asimismo, el T13 (corte apical, 2 EM y 0 días de estratificación en frío) y T10 (corte apical, 0 EM y 0 días de estratificación en frío) muestran promedios de 20.00 hojas por planta.

En la interacción de corte semilla por microorganismos eficientes por tiempo de estratificación en frío, el T28 (corte apical + basal + lateral, sin EM y sin estratificación en frío) producen plantas con mayor desarrollo foliar (23 hojas), lo cual se traduce en una mayor actividad fotosintética reflejado en un óptimo desarrollo de portainjertos de palto a los seis meses de edad. Asimismo, se observa en plantas provenientes de semillas con cortes en los cotiledones la inserción de la primera hoja se halla cercano al cuello de la planta en comparación a plantas provenientes de semillas sin corte.



Figura 3.9. Efecto de cortes de semillas en número de hojas en plantas de palto

En cuestión a la aplicación de microorganismos eficientes (EM) a semillas estratificadas a diferentes tiempos con cortes de cotiledones a nivel apical + basal + lateral, produjo plantas con mayor número de hojas superando al testigo. Igualmente, se obtuvieron

mejores resultados con aplicación de 4 EM en semillas no estratificadas con cortes de cotiledones a nivel apical + basal; hallazgo que no fue posible comparar con otros, debido a la falta de estudios en el uso de microorganismos eficientes en la propagación en plantas perennes.

La estratificación en frío de diferentes cortes semillas no tuvo efecto positivo a nivel de número de hojas por planta. De este hallazgo podemos afirmar que la estratificación de frío de las semillas por periodos cortos produce desórdenes fisiológicos a nivel del embrión la semilla retrasando los procesos metabólicos, lo cual se ve reflejado en el escaso desarrollo de portainjertos de palto.

3.5. MATERIA SECA DE LA PARTE AÉREA DE LA PLANTA

En la tabla 5. del anexo, se observa el tratamiento que acumuló mayor materia seca de la parte aérea de la planta (29.99 %) es el T34 (corte apical + basal + lateral, 4 EM y sin estratificación en frío), de la misma forma el tratamiento que generó menor respuesta materia seca (18.63 %) fue el T15 (corte apical, 2 EM y 10 días de estratificación en frío).

Tabla 3.23. Análisis de variancia para materia seca de la parte aérea de la planta (%)

F.V.	G.L.	SC	CM	FC
TRATAMIENTO	35	795.75	22.74	10.67 **
CORTE (S)	3	99.73	33.24	15.61 **
EM (M)	2	29.02	14.51	6.81 **
T" FRÍO (T)	2	177.07	88.54	41.57 **
SxM	6	96.81	16.14	7.58 **
SxT	6	119.95	19.99	9.39 **
MxT	4	54.38	13.60	6.38 **
SxMxT	12	218.78	18.23	8.56 **
ERROR	108	230.03	2.13	
TOTAL	143	1025.77		

C.V. = 5.42 %

En el análisis de variancia para materia seca de la parte aérea de la planta; como se muestra en la tabla 3.23., existe alta significación estadística para todas las fuentes de variación. El coeficiente de variancia es de 5.42 % valor que se encuentra dentro los límites permisibles para investigaciones agrícolas.

Como consecuencia de la alta significación estadística en la interacción de corte de semilla por microorganismos eficientes por tiempo de estratificación en frío (SxMxT) el estudio de mayor importancia que se realiza es el análisis de los efectos simples simples, dejando de lado el estudio de los efectos principales y de los efectos simples.

Tabla 3.24. Análisis de variancia complementario de los efectos simples simples de las interacciones en diferentes cortes de semillas, niveles de microorganismos eficientes y tiempos de estratificación en frío para materia seca de la parte aérea de la planta (%)

F.V.	G.L.	SC	CM	FC	
S en m1t1	3	56.12	18.71	8.78	**
S en m1t2	3	30.60	10.20	4.79	**
S en m1t3	3	143.97	47.99	22.53	**
S en m2t1	3	7.67	2.56	1.20	NS
S en m2t2	3	12.44	4.15	1.95	NS
S en m2t3	3	194.16	64.72	30.39	**
S en m3t1	3	38.79	12.93	6.07	**
S en m3t2	3	41.91	13.97	6.56	**
S en m3t3	3	10.92	3.64	1.71	NS
M en s1t1	2	9.07	4.53	2.13	NS
M en s1t2	2	25.08	12.54	5.89	**
M en s1t3	2	6.93	3.47	1.63	NS
M en s2t1	2	0.65	0.32	0.15	NS
M en s2t2	2	0.39	0.20	0.09	NS
M en s2t3	2	146.63	73.31	34.42	**
M en s3t1	2	4.52	2.26	1.06	NS
M en s3t2	2	0.18	0.09	0.04	NS
M en s3t3	2	144.24	72.12	33.86	**
M en s4t1	2	1.63	0.82	0.38	NS
M en s4t2	2	47.60	23.80	11.17	**
M en s4t3	2	11.76	5.88	2.76	NS
T en s1m1	2	26.23	13.11	6.16	**
T en s1m2	2	5.17	2.59	1.21	NS
T en s1m3	2	2.85	1.42	0.67	NS
T en s2m1	2	8.68	4.34	2.04	NS
T en s2m2	2	221.26	110.63	51.94	**
T en s2m3	2	4.67	2.34	1.10	NS
T en s3m1	2	218.30	109.15	51.25	**
T en s3m2	2	1.46	0.73	0.34	NS
T en s3m3	2	7.81	3.91	1.83	NS
T en s4m1	2	43.37	21.68	10.18	**
T en s4m2	2	24.55	12.27	5.76	**
T en s4m3	2	7.32	3.66	1.72	NS
ERROR	108	230.03	2.13		

A partir de los resultados obtenidos del estudio del análisis de variancia de los efectos simples simples; tal como se observa en la tabla 3.24., se efectuará la prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) sólo en comparaciones con significación y alta significación estadística; tal como se muestran en las tablas 3.25., 3.26. y 3.27.

Tabla 3.25. Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de cortes de semillas (S) en diferentes niveles de microorganismos eficientes por tiempos de estratificación en frío para materia seca de la parte aérea de la planta (%)

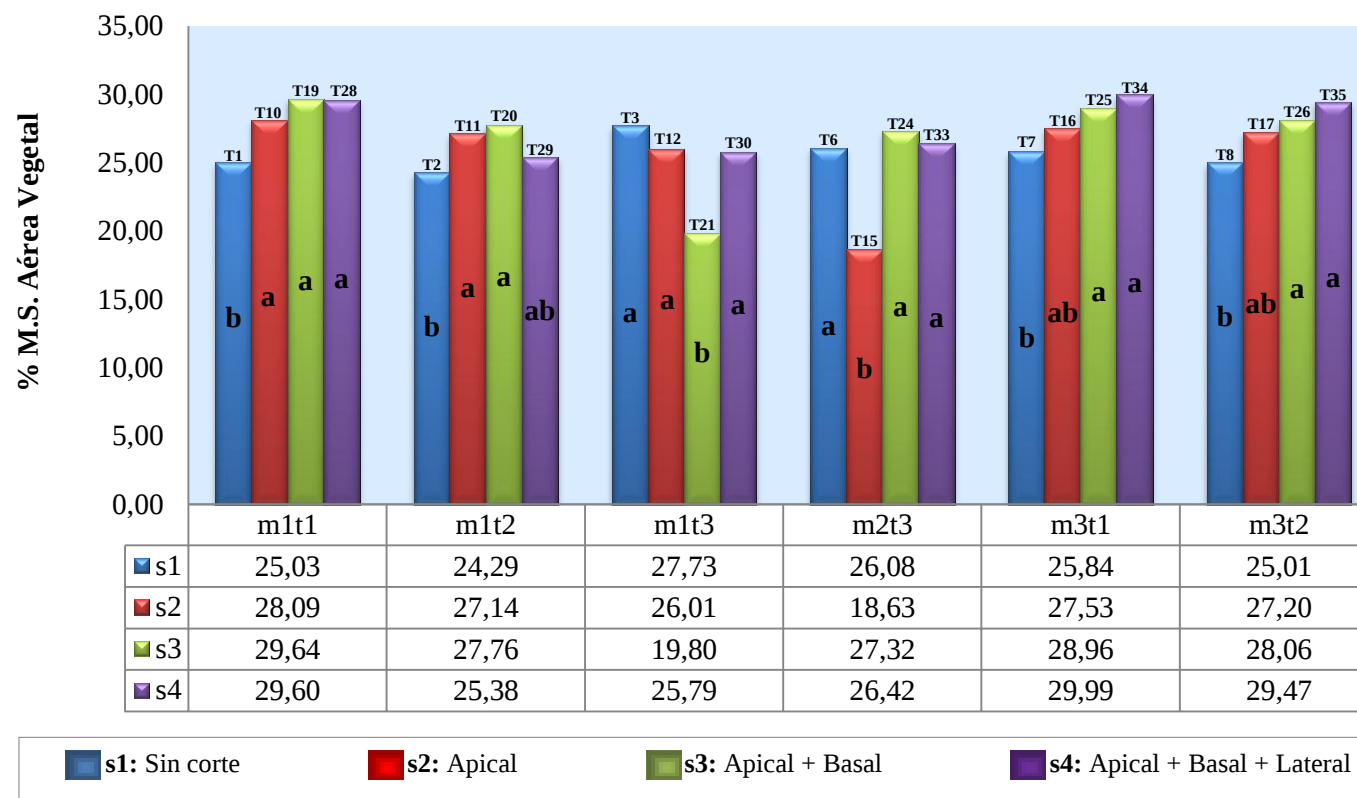
Tratamientos	N	Promedio	Tukey (0.05)	
S en m1t1				
T19: s3 en m1t1	4	29.64	a	
T28: s4 en m1t1	4	29.60	a	
T10: s2 en m1t1	4	28.09	a	
T01: s1 en m1t1	4	25.03		b
S en m1t2				
T20: s3 en m1t2	4	27.76	a	
T11: s2 en m1t2	4	27.14	a	
T29: s4 en m1t2	4	25.38	a	b
T02: s1 en m1t2	4	24.29		b
S en m1t3				
T03: s1 en m1t3	4	27.73	a	
T12: s2 en m1t3	4	26.01	a	
T30: s4 en m1t3	4	25.79	a	
T21: s3 en m1t3	4	19.80		b
S en m2t3				
T24: s3 en m2t3	4	27.32	a	
T33: s4 en m2t3	4	26.42	a	
T06: s1 en m2t3	4	26.08	a	
T15: s2 en m2t3	4	18.63		b
S en m3t1				
T34: s4 en m3t1	4	29.99	a	
T25: s3 en m3t1	4	28.96	a	
T16: s2 en m3t1	4	27.53	a	b
T07: s1 en m3t1	4	25.84		b
S en m3t2				
T35: s4 en m3t2	4	29.47	a	
T26: s3 en m3t2	4	28.06	a	
T17: s2 en m3t2	4	27.20	a	b
T08: s1 en m3t2	4	25.01		b

Tabla 3.26. Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de microorganismos eficientes (M) en diferentes cortes de semillas por tiempos de estratificación en frío para materia seca de la parte aérea de la planta (%)

Tratamientos	N	Promedio	Tukey (0.05)
M en s1t2			
T05: m2 en s1t2	4	27.65	a
T08: m3 en s1t2	4	25.01	b
T02: m1 en s1t2	4	24.29	b
M en s2t3			
T18: m3 en s2t3	4	26.08	a
T12: m1 en s2t3	4	26.01	a
T15: m2 en s2t3	4	18.63	b
M en s3t3			
T24: m2 en s3t3	4	27.32	a
T27: m3 en s3t3	4	26.98	a
T21: m1 en s3t3	4	19.80	b
M en s4t2			
T32: m2 en s4t2	4	29.72	a
T35: m3 en s4t2	4	29.47	a
T29: m1 en s4t2	4	25.38	b

Tabla 3.27. Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de tiempos de estratificación en frío (T) en diferentes cortes de semillas por microorganismos eficientes para materia seca de la parte aérea de la planta (%)

Tratamientos	N	Promedio	Tukey (0.05)
T en s1m1			
T03: t3 en s1m1	4	27.73	a
T01: t1 en s1m1	4	25.03	b
T02: t2 en s1m1	4	24.29	b
T en s2m2			
T13: t1 en s2m2	4	27.91	a
T14: t2 en s2m2	4	27.55	a
T15: t3 en s2m2	4	18.63	b
T en s3m1			
T19: t1 en s3m1	4	29.64	a
T20: t2 en s3m1	4	27.76	a
T21: t3 en s3m1	4	19.80	b
T en s4m1			
T28: t1 en s4m1	4	29.60	a
T30: t3 en s4m1	4	25.79	b
T29: t2 en s4m1	4	25.38	b
T en s4m2			
T32: t2 en s4m2	4	29.72	a
T31: t1 en s4m2	4	29.08	a
T33: t3 en s4m2	4	26.42	b



m1t1: sin EM y sin estratificación en frío
m1t2: sin EM y 7 días de estratificación en frío
m1t3: sin EM y 10 días de estratificación en frío

m2t3: 2 EM y 10 días de estratificación en frío
m3t1: 4 EM y sin estratificación en frío
m3t2: 4 EM y 7 días de estratificación en frío

Figura 3.10. Materia seca de la parte aérea de la planta (%) en las interacciones de los diferentes cortes de semillas, niveles de microorganismos eficientes y tiempos de estratificación en frío

En la figura 3.10, se observa mayor acumulación de materia seca de la parte aérea de la planta (%) en el T34 (corte apical + basal + lateral, 4 EM y 0 días de estratificación en frío) con 29.99 %; asimismo, el T19 (corte apical + basal, 0 EM y 0 días de estratificación en frío) y T28 (corte apical + basal + lateral, 0 EM y 0 días de estratificación en frío) con promedios de materia seca de 29.64 % y 29.60 % respectivamente.

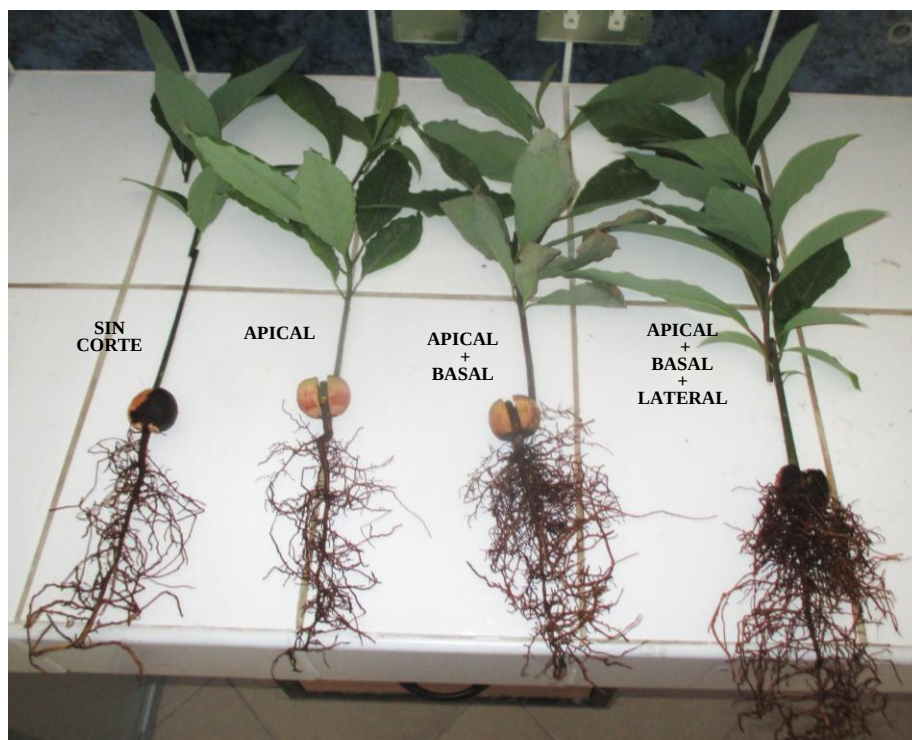


Figura 3.11. Efecto de cortes de cotiledones en acumulación de materia seca en plantas de palto

Uno de los hallazgos principales en esta investigación, es el efecto positivo que genera la intensidad de cortes de semillas en la obtención de materia seca de la parte aérea vegetal en plantas de palto de seis meses de edad. Estos resultados obtenidos son similares a los hallazgos realizados por Cáceres (2007) quién evaluó la masa fresca y seca de la parte aérea de plantones de palto variedad Hass en diferentes mezclas de sustratos a los tres meses de edad. A partir de estos datos reportados por el autor, se obtiene 22.66 a 29.37 % de materia seca de la parte aérea vegetal; lo cual, comparando con resultados de nuestra investigación el porcentaje de materia seca de la parte aérea fluctúan de 18.63 a 29.99 %.

3.6. MATERIA SECA DEL SISTEMA RADICULAR

La materia seca del sistema radicular cuyo resultado se expresa en la tabla 6. del anexo, muestra que el T26 (corte apical + basal, 4 EM y 7 días de estratificación en frío) originó 22.08 % de materia seca respecto al peso total del sistema radicular a su vez el T28 (corte apical + basal + lateral, 0 EM y sin estratificación en frío) promovió solo el 13.41 % de materia seca radicular respecto al peso total del sistema radicular.

Tabla 3.28. Análisis de variancia para materia seca del sistema radicular (%)

F.V.	G.L.	SC	CM	FC
TRATAMIENTO	35	551.77	15.76	13.99 **
CORTE (S)	3	79.53	26.51	23.53 **
EM (M)	2	10.91	5.45	4.84 **
T" FRÍO (T)	2	76.02	38.01	33.74 **
SxM	6	84.73	14.12	12.53 **
SxT	6	164.00	27.33	24.26 **
MxT	4	15.45	3.86	3.43 *
SxMxT	12	121.13	10.09	8.96 **
ERROR	108	121.67	1.13	
TOTAL	143	673.45		

C.V. = 6.04 %

En el análisis de variancia para materia seca del sistema radicular que se muestra en la tabla 3.28., se observa alta significación estadística para todas las fuentes de variación, a excepción de la interacción de microorganismos eficientes por tiempo de estratificación en frío (MxT). El coeficiente de variación de 6.04 %, lo cual proporciona alta confiabilidad en los datos obtenidos; valor que se encuentra dentro del límite de error permisibles.

Al encontrar alta significación estadística en la interacción de corte de semilla por microorganismos eficientes por tiempo de estratificación en frío (SxMxT) el estudio se centra en el análisis de los efectos simples simples, dejando de lado el estudio de los efectos principales y de los efectos simples; tal como se muestra en la tabla 3.29.

Tabla 3.29. Análisis de variancia complementario de los efectos simples simples de las interacciones en diferentes cortes de semillas, niveles de microorganismos eficientes y tiempos de estratificación en frío para materia seca radicular (%)

F.V.	G.L.	SC	CM	FC	
S en m1t1	3	128.10	42.70	37.90	**
S en m1t2	3	52.43	17.48	15.51	**
S en m1t3	3	3.89	1.30	1.15	NS
S en m2t1	3	36.25	12.08	10.73	**
S en m2t2	3	29.54	9.85	8.74	**
S en m2t3	3	18.01	6.00	5.33	**
S en m3t1	3	59.73	19.91	17.67	**
S en m3t2	3	102.19	34.06	30.24	**
S en m3t3	3	18.91	6.30	5.59	**
M en s1t1	2	17.33	8.66	7.69	**
M en s1t2	2	3.25	1.62	1.44	NS
M en s1t3	2	4.97	2.48	2.20	NS
M en s2t1	2	3.68	1.84	1.64	NS
M en s2t2	2	37.86	18.93	16.80	**
M en s2t3	2	1.85	0.93	0.82	NS
M en s3t1	2	15.27	7.63	6.78	**
M en s3t2	2	39.92	19.96	17.72	**
M en s3t3	2	11.50	5.75	5.10	**
M en s4t1	2	71.19	35.60	31.60	**
M en s4t2	2	10.88	5.44	4.83	**
M en s4t3	2	13.82	6.91	6.13	**
T en s1m1	2	3.49	1.75	1.55	NS
T en s1m2	2	18.64	9.32	8.27	**
T en s1m3	2	11.08	5.54	4.92	**
T en s2m1	2	69.97	34.99	31.06	**
T en s2m2	2	27.13	13.56	12.04	**
T en s2m3	2	70.84	35.42	31.44	**
T en s3m1	2	16.58	8.29	7.36	**
T en s3m2	2	21.10	10.55	9.37	**
T en s3m3	2	60.33	30.16	26.77	**
T en s4m1	2	31.49	15.75	13.98	**
T en s4m2	2	11.50	5.75	5.11	**
T en s4m3	2	33.93	16.97	15.06	**
ERROR	108	121.67	1.13		

En la tabla 3.29., se encontró significación y alta significación estadística, lo cual se efectúa la prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) entre los diferentes niveles de corte, microorganismos eficientes y tiempo de estratificación en frío; a partir de estos resultados se determinará los tratamientos que generan mayor acumulación de materia seca radicular, tal como muestran en las tablas 3.30., 3.31. y 3.32.

Tabla 3.30. Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de cortes de semillas (S) en diferentes niveles de microorganismos eficientes por tiempos de estratificación en frío para materia seca del sistema radicular (%)

Tratamientos	N	Promedio	Tukey (0.05)	
S en m1t1				
T10: s2 en m1t1	4	20.48	a	
T01: s1 en m1t1	4	18.46		b
T19: s3 en m1t1	4	14.74		c
T28: s4 en m1t1	4	13.41		c
S en m1t2				
T11: s2 en m1t2	4	21.70	a	
T02: s1 en m1t2	4	17.64		b
T20: s3 en m1t2	4	17.62		b
T29: s4 en m1t2	4	17.33		b
S en m2t1				
T13: s2 en m2t1	4	19.83	a	
T31: s4 en m2t1	4	18.14	a	b
T22: s3 en m2t1	4	16.77		b c
T04: s1 en m2t1	4	15.84		c
S en m2t2				
T23: s3 en m2t2	4	20.02	a	
T05: s1 en m2t2	4	18.89	a	b
T14: s2 en m2t2	4	17.37		b c
T32: s4 en m2t2	4	16.49		c
S en m2t3				
T24: s3 en m2t3	4	18.49	a	
T06: s1 en m2t3	4	17.53	a	b
T15: s2 en m2t3	4	16.23		b
T33: s4 en m2t3	4	15.81		b
S en m3t1				
T16: s2 en m3t1	4	21.19	a	
T34: s4 en m3t1	4	18.92		b
T25: s3 en m3t1	4	17.38		b c
T07: s1 en m3t1	4	15.98		c
S en m3t2				
T26: s3 en m3t2	4	22.08	a	
T17: s2 en m3t2	4	19.16		b
T08: s1 en m3t2	4	18.04		b
T35: s4 en m3t2	4	15.02		c
S en m3t3				
T36: s4 en m3t3	4	18.13	a	
T27: s3 en m3t3	4	17.27	a	b
T09: s1 en m3t3	4	16.02		b
T18: s2 en m3t3	4	15.33		b

Tabla 3.31. Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de microorganismos eficientes (M) en diferentes cortes de semillas por tiempos de estratificación en frío para materia seca del sistema radicular (%)

Tratamientos	N	Promedio	Tukey (0.05)	
M en s1t1				
T01: m1 en s1t1	4	18.46	a	
T07: m3 en s1t1	4	15.98		b
T04: m2 en s1t1	4	15.84		b
M en s2t2				
T11: m1 en s2t2	4	21.70	a	
T17: m3 en s2t2	4	19.16		b
T14: m2 en s2t2	4	17.37		b
M en s3t1				
T25: m3 en s3t1	4	17.38	a	
T22: m2 en s3t1	4	16.77	a	
T19: m1 en s3t1	4	14.74		b
M en s3t2				
T26: m3 en s3t2	4	22.08	a	
T23: m2 en s3t2	4	20.02		b
T20: m1 en s3t2	4	17.62		c
M en s3t3				
T24: m2 en s3t3	4	18.49	a	
T27: m3 en s3t3	4	17.27	a	b
T21: m1 en s3t3	4	16.09		b
M en s4t1				
T34: m3 en s4t1	4	18.92	a	
T31: m2 en s4t1	4	18.14	a	
T28: m1 en s4t1	4	13.41		b
M en s4t2				
T29: m1 en s4t2	4	17.33	a	
T32: m2 en s4t2	4	16.49	a	b
T35: m3 en s4t2	4	15.02		b
M en s4t3				
T36: m3 en s4t3	4	18.13	a	
T30: m1 en s4t3	4	15.90		b
T33: m2 en s4t3	4	15.81		b

Tabla 3.32. Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de los efectos simples simples de tiempos de estratificación en frío (T) en diferentes cortes de semillas por microorganismos eficientes para materia seca del sistema radicular (%)

Tratamientos	N	Promedio	Tukey (0.05)	
T en s1m2				
T05: t2 en s1m2	4	18.89	a	
T06: t3 en s1m2	4	17.53	a	b
T04: t1 en s1m2	4	15.84		b
T en s1m3				
T08: t2 en s1m3	4	18.04	a	
T09: t3 en s1m3	4	16.02		b
T07: t1 en s1m3	4	15.98		b
T en s2m1				
T11: t2 en s2m1	4	21.70	a	
T10: t1 en s2m1	4	20.48	a	
T12: t3 en s2m1	4	16.08		b
T en s2m2				
T13: t1 en s2m2	4	19.83	a	
T14: t2 en s2m2	4	17.37		b
T15: t3 en s2m2	4	16.23		b
T en s2m3				
T16: t1 en s2m3	4	21.19	a	
T17: t2 en s2m3	4	19.16		b
T18: t3 en s2m3	4	15.33		c
T en s3m1				
T20: t2 en s3m1	4	17.62	a	
T21: t3 en s3m1	4	16.09	a	b
T19: t1 en s3m1	4	14.74		b
T en s3m2				
T23: t2 en s3m2	4	20.02	a	
T24: t3 en s3m2	4	18.49	a	b
T22: t1 en s3m2	4	16.77		b
T en s3m3				
T26: t2 en s3m3	4	22.08	a	
T25: t1 en s3m3	4	17.38		b
T27: t3 en s3m3	4	17.27		b
T en s4m1				
T29: t2 en s4m1	4	17.33	a	
T30: t3 en s4m1	4	15.90	a	
T28: t1 en s4m1	4	13.41		b
T en s4m2				
T31: t1 en s4m2	4	18.14	a	
T32: t2 en s4m2	4	16.49	a	b
T33: t3 en s4m2	4	15.81		b
T en s4m3				
T34: t1 en s4m3	4	18.92	a	
T36: t3 en s4m3	4	18.13	a	
T35: t2 en s4m3	4	15.02		b

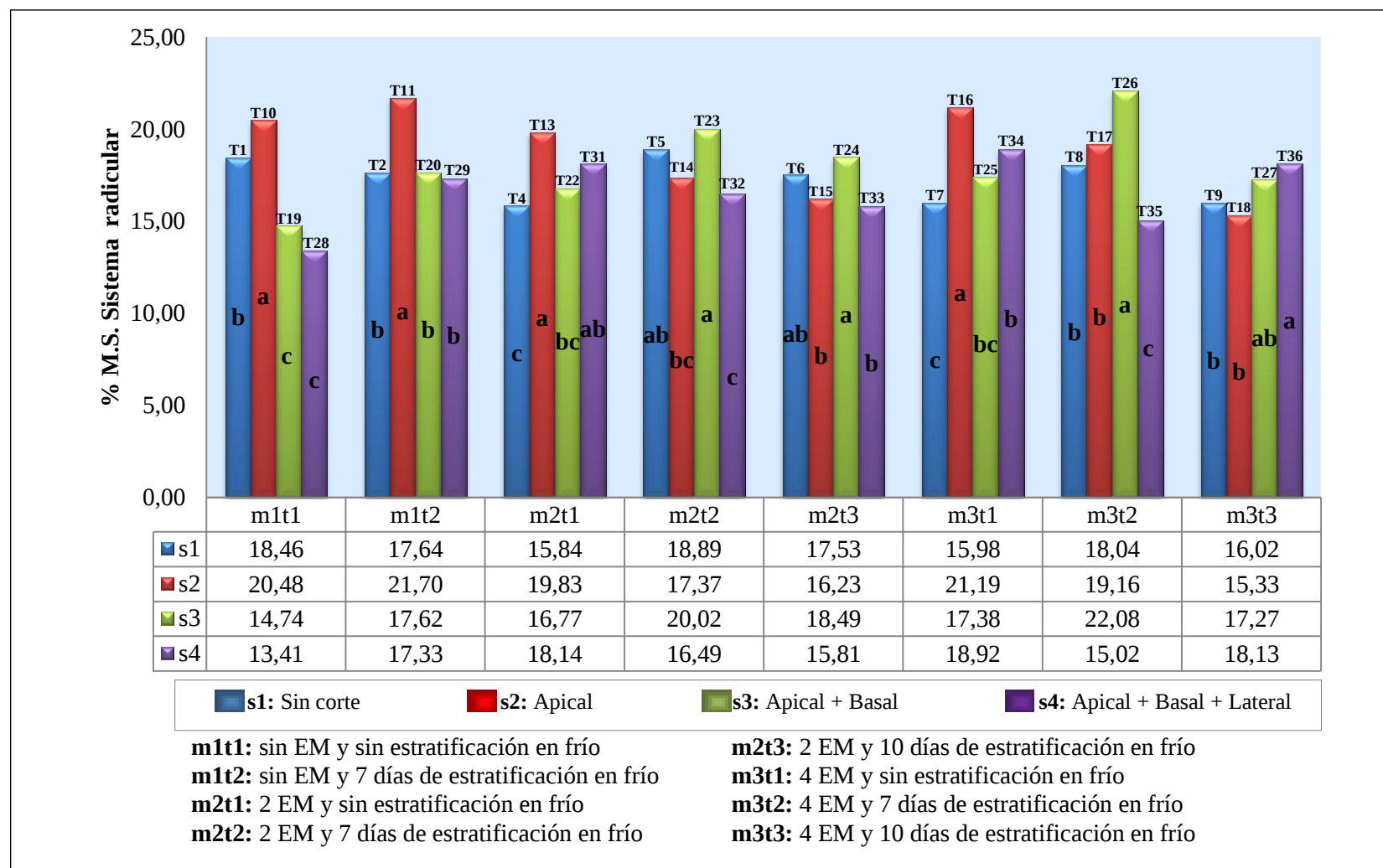


Figura 3.12. Materia seca del sistema radicular (%) en las interacciones de los diferentes cortes de semillas, niveles de microorganismos eficientes y tiempos de estratificación en frío

A partir de los resultados del efecto de corte de semilla en diferentes niveles de microorganismos eficientes por tiempo de estratificación en frío para materia seca del sistema radicular, tal como se expresa en la figura 3.12., se observa que el T26 (corte apical + basal, 4 EM y 7 días de estratificación en frío) presenta mayor acumulación de materia seca radicular de 22.08 %; seguidos por T11 (corte apical, 0 EM y 7 días de estratificación en frío) con 21.70 % y T16 (corte apical, 4 EM y 0 días de estratificación en frío) con 21.19 %.

En la interacción corte de semilla por microorganismos eficientes por tiempo de estratificación en frío, observamos que el T26 (corte apical + basal, 4 EM y 7 días de dotación de frío) produce mayor materia seca con 22.08 % respecto al peso total del sistema radicular en plántones de palto de raza mexicana de seis meses de edad. Estos resultados se asemejan con lo reportado por Mamani (2017) quién evaluó el porcentaje de materia seca radicular en plántones de palto cv. Zutano de nueve meses de edad, inoculadas con cepas de *Pseudomonas* con actividad biocontrolador de *Phytophthora cinnamomi* Rands, logrando obtener de 18.6 - 29.6 % materia seca del sistema radicular. Asimismo, en plantas originarias de semillas estratificadas por 7 días, con cortes en los cotiledones y sin la aplicación de microorganismos eficiente presentan un efecto positivo en la obtención de materia seca del sistema radicular a los seis meses de edad, esto puede atribuirse al tamaño de cortes de cotiledones de semilla, de modo que en semillas con menor cortes de cotiledones producen plantas con materia seca radicular significativamente mayor que en semillas con mayor cortes de cotiledones.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación, las aportaciones más relevantes son resumidas en las siguientes conclusiones:

1. El corte apical, basal y lateral de los cotiledones de la semilla de palto juntamente con la eliminación de la testa promovió la germinación precoz (12.5 días); asimismo, promovió plantas de mayor: altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas y materia seca de la parte aérea de portainjertos de raza mexicana.
2. La estratificación en frío (7 °C) de semillas de palto por periodos cortos produjo escaso desarrollo de portainjertos de palto evaluados a los seis meses de edad.
3. La aplicación de microorganismos eficientes en semillas de palto aceleró el proceso de germinación; sin embargo, en los indicadores de productividad (altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, materia seca de la parte aérea vegetal y del sistema radicular) a los seis meses de edad solo tuvo efecto en algunas interacciones.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a las conclusiones del trabajo de investigación se recomienda:

1. Propagar portainjertos de palto realizando cortes de los cotiledones a nivel apical, basal y lateral (*ver Tabla 7. del anexo*).
2. Determinar el peso de semilla después de efectuar los cortes apical, basal y lateral de cotiledones para correlacionar con el peso final de las plantas obtenidas listas para ser injertadas.
3. Evaluar a nivel de vivero y campo el efecto de los microorganismos benéficos en plantas de palto.
4. Continuar desarrollando investigaciones en la búsqueda de nuevas tecnologías de producción para obtener portainjertos en el menor tiempo posible, a su vez evaluar el comportamiento de portainjertos en campo definitivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adjei P. Banful B. y Idun I. 2011. Seed Size and Seed Cut-length Effects on Germination Behavior and Seedling Growth of Avocado (*Persea Americana* Merr.) International Journal of Agricultural Research, 6: 299-305. Artículo de investigación.
- Alfonso, J. 2008. Manual técnico del cultivo del aguacate Hass (*Persea americana* L.) Centro de Comunicación Agrícola de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). La Lima, Cortés, Honduras.
- Álvarez, F. 1981. El Aguacate. Tercera edición. Madrid, España. 225 p.
- Azcón, J. y Talón, M. 2013. Fundamentos de fisiología vegetal. 2^{da} Edición. Editorial Ediciones de la UB, Barcelona, España. 707 pág.
- Barrientos, A; García, E. y Avitia, E. 1996. Anatomía del fruto de aguacate, ¿drupa o baya? Revista Chapingo Serie Horticultura 2(2): 189-198.
- Barrionuevo, M. 2014. Evaluación comparativa en la etapa de germinación de dos variedades de aguacate (*Persea americana* Mill) con la utilización de tres métodos de escarificación, con dos tipos de sustratos para la obtención de plántulas en Rumipamba Central del Cantón Salcedo. Tesis Ingeniero Agrónomo Universidad Técnica De Cotopaxi, Latacunga - Ecuador. 115 pág.
- Bergh, B. 1988. The effect of pretreatments on avocado seed germination. California Avocado Society Yearbook, Vol. 72, 1988, pp. 215-221, ISSN 0096-5960.
- Bernal, J. y Díaz, C. 2008. Tecnología para el Cultivo del Aguacate. Manual Técnico N° 5. Investigadores Agrícolas, CORPOICA. Centro de Investigación La Selva Rio Negro, Antioquia, Colombia. 241 pág.
- Bernal, J.; Díaz, C.; Osorio, C.; Tamayo, A.; Osorio, W.; Córdoba, O.; Londoño, M.; Kondo, D.; Carabalí, A.; Varón, E.; Caicedo, A.; Tamayo, P.; Sandoval, A.; Forero, F.; García, J. y Londoño, M. 2014. Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate. 2^{da} Edición. Editorial Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - CORPOICA, Antioquia, Colombia. 410 pág.
- Besnier, F. 1989. Semillas Biología y Tecnología. Ediciones Mundi-Prensa. España. 637 pág.

- Bisonó, S. y Hernández, J. 2008. El cultivo del aguacate. Guía tecnológica del Cluster del Aguacate Dominicano, el Consejo Nacional de Competitividad (CNC) y la Junta Agroempresarial Dominicana (JAD), Santo Domingo - República Dominicana. 51 pág.
- Bressani, R. 2009. La composición química, capacidad antioxidativa y valor nutritivo de la semilla de variedades de aguacate. Proyecto FODECYT N° 02-2006. Universidad Del Valle De Guatemala - Guatemala. Pág. 61.
- Cáceres, M. 2007. Evaluación de mezclas de sustratos obtenidos a partir de residuos vitivinícolas bioprocesados en la propagación de palto variedad Hass sobre portainjertos variedad Bacon. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Santiago - Chile. 61 pág.
- Campos, E.; Ayala, J.; Andrés, J. y De la cruz, M. 2012. Propagación de aguacate. Guía técnica del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) y el Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI) - México [en línea]. Consultado: 20 de Octubre del 2017:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232194/Propagacion_de_aguacate.pdf
- Chávez, G. 2012. Evaluación de la aplicación de cinco dosis de microorganismos eficientes, para el control de *Pythium* sp. y *Fusarium* sp. en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad Great Lakes 659 en Lamas - San Martín. Tesis para optar título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional De San Martín, Tarapoto - Perú. 65 pág.
- Criado, M.; Cichosz, E.; Abad, M.; Ferrer, E.; Gómez, J.; Jiménez, M.; Fariña, D. y Porto, F. 1969. Reproducción del aguacate. Hojas divulgadoras N° 1 - 69, Agentes de Extensión Agraria, Madrid - España [en línea]. Consultado: 15 de Octubre del 2017:
http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1969_01.pdf
- Eggers, E. 1942. Effect of the removal of the seed coats on avocado seed germination. Artículo científico [en línea]. Consultado: 11 de noviembre del 2017, https://www.google.com.pe/search?q=traductor+en+ingles&rlz=1C1GIGM_enPE739PE739&oq=tra&aqs=chrome.2.69i57j0l5.2730j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8.

- Franciosi, R. 1992. El Cultivo del Palto en el Perú. 1^{ra}. Edic. Edit. Fundeagro. Lima, Perú. 124 págs.
- Galán, V. 1990. Los frutales tropicales en zonas subtropicos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España, p. 35.
- Gálvez, L.; Peñaloza, P.; Oyanedel, E. y Castro, M. 2017. Almacenamiento, tamaño y vigor de semilla nodriza de palto (*Persea americana* Mill.) cv. 'Esther'. Artículo científico [en línea]. Consultado: 20 de setiembre del 2017, http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-16202017000100010.
- García, L.; Ramos, M. y Mora, J. 1999. Estructura de la semilla de aguacate y cuantificación de la grasa extraída por diferentes técnicas. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 123-128.
- Huamán, M. 2014. Evaluación del efecto de tratamientos con solventes orgánicos, agua y el tiempo de extracción en el rendimiento de polifenoles totales de la harina de semilla de palta (*Persea americana*). Tesis para optar título profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo – Perú. 80 págs.
- Hartmann, H. y Kester, D. 1962. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Traducido por Antonio Marino Ambrosio. 1^{ra}. Edic. Edit. Continental S.A. México, 814 págs.
- Hartmann, H. y Kester, D. 1998. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Traducido por Antonio Marino Ambrosio. 6^{ta}. Reimpresión. Edit. Continental S.A. México, 872 págs.
- Higa, T. y Parr, J. 1994. Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment. International Nature Farming Research center Atami, Japan. 16 p.
- ICA-Instituto Colombiano Agropecuario. 2009. Manual técnico Cultivo de aguacate [en línea]. Consultado: 26 de Octubre del 2017: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/005%20-%20Documentos%20T%C3%A9cnicos/005%20-%20D.T%20-%20Paquete%20Tecnologico%20Aguacate.pdf>
- Mamani, J. 2017. Pseudomonas de rizósfera de palto (*Persea americana* Mill.) con actividad biocontroladora de *phytophthora cinnamomi* rands, aisladas en

- costa central del Perú. Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú. 87 págs.
- Mejía, W. 2010. Evaluación de los injertos de púa terminal y lateral de aguacate fuerte en patrones de aguacate nacional en macetas, con cuatro sustratos en el vivero de San Vicente de Pusir Carchi. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario, Universidad Técnica Del Norte, Ibarra - Ecuador. 93 pág.
- Piril, V. 2015. Efecto de la escarificación en semillas de dos genotipos de papaya, bajo condiciones protegidas. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo con énfasis en cultivos tropicales en el grado académico de licenciada, Universidad Rafael Landívar, Escuintla - Guatemala. 90 pág.
- Postillón, J. 1985. Efecto del ácido giberélico a cuatro dosis y tres tiempos de remojo, en la germinación y crecimiento de capulí (*Physalis peruviana*) y palto (*Persea americana*) (Wayllapampa 24500 m.s.n.m.) Ayacucho. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga, Ayacucho - Perú. 92 pág.
- Prado, M. 2015. Control etológico del Trips (*Frankliniella sp.*) con trampas pegantes en palto (*Persea americana*) a 2693 msnm Seccllas, Huanta. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga, Ayacucho - Perú. Pág. 6 - 7.
- Ramírez, J. 2016. Tratamientos pre germinativos y masa de la semilla como estrategia para mejorar la producción de plántulas de aguacate raza guatemalteca. Artículo científico [en línea]. Consultado: 20 de setiembre del 2017, <https://slidedoc.es/tratamientos-pregerminativos-y-masa-de-la-semilla-como-estrategia-para-mejorar-la-produccion-de-plantulas-de-aguacate-raza-guatemalteca-pdf>
- Rodríguez, M. 2003. Cultivo del aguacate. Guía técnica N° 20, Centro Nacional De Tecnología Agropecuaria Y Forestal (CENTA), El Salvador. 36 Pág.
- Rojas, M. 1978. Fisiología vegetal aplicada. Edit. LIBROS MCGRAW-HILL DE MÉXICO S.A. México, 252 págs.
- Rosero, J. 2017. Extracción y caracterización de los principios activos fenólicos con actividad antioxidante a partir de residuos de aguacate: epicarpio y semilla (*Persea americana*). Trabajo de grado para optar al título de Químico. Universidad de Nariño, San Juan De Pasto, Colombia. Pág. 153.

- Salisbury, F. y Ross C. 2000. Fisiología de las plantas. Edit. Paraninfo S.A. Madrid - España, 985 págs.
- Solano, R. 2013. Forestación. Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga, Ayacucho, Perú. 104 Pág.
- Solís, A.; Aguilar, M. y Peri, E. 1991. Guía para el vivero de aguacate. Boletín divulgativo N° 103. Ministerio De Agricultura Y Ganadería Convenio Costarricense Alemán, San José, Costa Rica [en línea]. Consultado: 15 de Octubre del 2017, <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0970.pdf>
- Suaña, M. 2013. Compostaje de residuos orgánicos y de lenteja de agua (*Lemna sp.*) con aplicación microorganismos eficaces. Tesis para optar el grado académico de *Magister Scientiae* en Agroecología. Universidad Nacional Del Altiplano, Puno - Perú. Pág. 22 – 25.
- Varela, S. y Arana, V. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. Cuadernillo N° 3, Sistemas forestales integrados. Área forestal - INTA EEA Bariloche. 10 Pág.

ANEXOS

ANEXO I: PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

Tabla 1. Tiempo de germinación (días) por cada tratamiento

TRATAMIENTO	REPETICIONES				PROMEDIO (días)
	R1	R2	R3	R4	
T34	13	11	12	11	11.75
T31	12	11	13	12	12.00
T25	12	13	14	16	13.75
T28	15	15	12	13	13.75
T22	19	16	13	12	15.00
T35	16	16	17	14	15.75
T32	14	16	17	17	16.00
T13	18	16	14	17	16.25
T16	13	18	20	14	16.25
T23	19	20	21	16	19.00
T26	22	17	18	19	19.00
T33	16	20	22	18	19.00
T14	18	23	19	17	19.25
T19	20	23	17	18	19.50
T36	17	22	22	19	20.00
T17	19	17	21	24	20.25
T27	18	19	23	23	20.75
T29	19	21	26	18	21.00
T24	23	17	26	20	21.50
T18	22	18	26	25	22.75
T15	26	18	22	26	23.00
T20	25	19	21	27	23.00
T30	20	28	26	22	24.00
T21	23	25	29	26	25.75
T10	29	23	26	32	27.50
T11	33	30	34	27	31.00
T12	37	33	36	31	34.25
T4	44	56	34	53	46.75
T7	58	57	40	55	52.50
T1	53	56	61	42	53.00
T5	35	71	58	63	56.75
T8	60	73	53	57	60.75
T6	61	73	59	68	65.25
T9	70	68	74	63	68.75
T2	71	64	62	87	71.00
T3	77	87	69	83	79.00

Tabla 2. Altura de planta (cm) por cada tratamiento

TRATAMIENTO	REPETICIONES				PROMEDIO
	R1	R2	R3	R4	(cm)
T28	33.60	43.30	44.20	43.00	41.03
T4	40.30	28.80	45.40	38.30	38.20
T7	34.40	32.10	39.00	24.80	32.58
T34	29.30	32.90	34.20	33.20	32.40
T10	37.80	34.30	32.30	24.70	32.28
T19	36.80	27.50	30.40	32.00	31.68
T1	31.50	31.10	25.70	36.30	31.15
T5	29.30	24.10	33.90	35.80	30.78
T25	27.90	29.90	42.00	23.30	30.78
T13	24.40	23.80	29.60	35.30	28.28
T26	23.50	28.80	32.50	27.40	28.05
T8	27.30	29.70	18.50	34.20	27.43
T6	32.70	22.80	29.90	24.00	27.35
T3	32.20	21.20	32.70	21.50	26.90
T29	21.40	26.20	35.70	21.90	26.30
T11	29.80	19.70	29.80	25.60	26.23
T22	28.50	24.20	23.40	26.50	25.65
T31	21.20	24.30	27.20	29.50	25.55
T35	29.40	21.80	24.30	25.70	25.30
T36	24.20	23.10	27.60	23.70	24.65
T16	26.10	13.60	26.00	30.30	24.00
T27	22.10	20.20	26.20	18.50	21.75
T21	21.60	17.00	23.70	24.30	21.65
T9	19.60	25.80	18.80	21.60	21.45
T17	29.70	17.00	15.10	22.10	20.98
T18	17.60	27.10	18.00	20.10	20.70
T23	17.60	18.60	16.30	26.50	19.75
T33	19.30	17.80	17.40	22.70	19.30
T30	17.60	23.30	19.00	16.60	19.13
T2	18.40	19.00	24.30	10.50	18.05
T20	17.20	16.20	22.40	16.40	18.05
T14	19.00	21.10	18.60	13.30	18.00
T32	17.10	17.30	20.10	16.90	17.85
T12	22.20	16.70	15.80	15.20	17.48
T24	16.40	20.50	12.00	18.80	16.93
T15	16.10	13.40	17.30	15.60	15.60

Tabla 3. Diámetro de tallo (mm) por cada tratamiento

TRATAMIENTO	REPETICIONES				PROMEDIO
	R1	R2	R3	R4	(mm)
T28	7.0	7.0	8.0	7.0	7.25
T34	7.0	6.0	6.0	7.0	6.50
T25	6.0	6.0	6.0	5.0	5.75
T29	6.0	5.0	6.0	5.0	5.50
T35	6.0	5.0	5.0	5.0	5.25
T31	5.0	5.0	5.0	5.0	5.00
T19	5.0	4.0	5.0	5.0	4.75
T36	5.0	4.0	5.0	5.0	4.75
T4	4.0	4.0	5.0	5.0	4.50
T22	5.0	5.0	4.0	4.0	4.50
T3	4.0	4.0	5.0	4.0	4.25
T13	4.0	3.0	5.0	5.0	4.25
T26	3.0	5.0	5.0	4.0	4.25
T32	5.0	3.0	5.0	4.0	4.25
T33	4.0	4.0	5.0	4.0	4.25
T7	4.0	4.0	4.0	4.0	4.00
T8	4.0	5.0	3.0	4.0	4.00
T10	4.0	4.0	4.0	4.0	4.00
T11	4.0	4.0	4.0	4.0	4.00
T16	4.0	3.0	4.0	5.0	4.00
T5	4.0	3.0	4.0	4.0	3.75
T6	4.0	4.0	4.0	3.0	3.75
T17	4.0	4.0	3.0	4.0	3.75
T20	4.0	4.0	4.0	3.0	3.75
T23	3.0	4.0	4.0	4.0	3.75
T24	4.0	3.0	4.0	4.0	3.75
T30	3.0	5.0	4.0	3.0	3.75
T1	3.0	4.0	3.0	4.0	3.50
T9	3.0	4.0	3.0	4.0	3.50
T12	4.0	4.0	3.0	3.0	3.50
T18	4.0	4.0	3.0	3.0	3.50
T21	4.0	3.0	4.0	3.0	3.50
T14	3.0	3.0	4.0	3.0	3.25
T15	3.0	4.0	3.0	3.0	3.25
T27	3.0	3.0	3.0	3.0	3.00
T2	2.0	4.0	3.0	2.0	2.75

Tabla 4. Número de hojas por cada tratamiento

TRATAMIENTO	REPETICIONES				PROMEDIO
	R1	R2	R3	R4	
T28	20.00	26.00	24.00	22.00	23.00
T34	21.00	19.00	17.00	29.00	21.50
T10	17.00	27.00	20.00	16.00	20.00
T13	15.00	18.00	22.00	25.00	20.00
T25	20.00	22.00	19.00	18.00	19.75
T35	21.00	14.00	17.00	22.00	18.50
T19	18.00	15.00	19.00	21.00	18.25
T31	18.00	17.00	18.00	20.00	18.25
T29	16.00	17.00	19.00	19.00	17.75
T32	19.00	17.00	17.00	15.00	17.00
T30	20.00	15.00	16.00	16.00	16.75
T36	17.00	16.00	18.00	16.00	16.75
T6	17.00	16.00	14.00	16.00	15.75
T21	15.00	15.00	17.00	16.00	15.75
T33	17.00	15.00	14.00	17.00	15.75
T22	16.00	14.00	17.00	15.00	15.50
T26	14.00	15.00	18.00	15.00	15.50
T7	15.00	15.00	16.00	14.00	15.00
T11	15.00	15.00	16.00	14.00	15.00
T4	14.00	17.00	14.00	14.00	14.75
T16	18.00	12.00	14.00	14.00	14.50
T17	12.00	15.00	14.00	17.00	14.50
T20	15.00	15.00	16.00	12.00	14.50
T5	16.00	14.00	13.00	14.00	14.25
T12	16.00	15.00	14.00	12.00	14.25
T24	12.00	14.00	14.00	17.00	14.25
T8	14.00	16.00	12.00	14.00	14.00
T9	14.00	16.00	15.00	11.00	14.00
T1	11.00	15.00	12.00	16.00	13.50
T14	11.00	11.00	15.00	17.00	13.50
T23	13.00	12.00	13.00	14.00	13.00
T27	11.00	13.00	14.00	14.00	13.00
T18	13.00	13.00	14.00	10.00	12.50
T3	12.00	10.00	15.00	12.00	12.25
T15	9.00	10.00	12.00	11.00	10.50
T2	10.00	11.00	12.00	7.00	10.00

Tabla 5. Materia seca de la parte aérea de la planta (%) por cada tratamiento

TRATAMIENTO	REPETICIONES				PROMEDIO (% M.S.)
	R1	R2	R3	R4	
T34	30.28	29.78	29.56	30.32	29.99
T32	29.61	28.02	31.19	30.07	29.72
T19	31.13	28.42	29.77	29.25	29.64
T28	29.34	30.67	31.81	26.57	29.60
T35	28.77	28.73	28.48	31.89	29.47
T31	28.88	29.64	28.50	29.32	29.08
T25	29.47	30.14	27.42	28.79	28.96
T22	29.83	27.25	26.97	28.52	28.14
T36	31.40	25.38	28.39	27.35	28.13
T10	28.52	29.71	26.76	27.37	28.09
T26	26.95	29.01	27.12	29.18	28.06
T23	28.48	27.11	28.22	27.92	27.93
T13	29.87	26.49	27.60	27.68	27.91
T20	26.98	26.18	29.85	28.03	27.76
T3	29.55	27.98	26.98	26.41	27.73
T5	30.21	26.50	26.84	27.04	27.65
T14	26.15	27.91	27.04	29.12	27.55
T16	27.71	27.76	26.82	27.84	27.53
T24	27.68	26.81	26.60	28.18	27.32
T17	26.42	26.66	27.37	28.36	27.20
T4	27.46	26.35	26.81	27.96	27.14
T11	26.93	27.99	26.23	27.42	27.14
T27	26.23	27.53	27.40	26.77	26.98
T33	21.73	26.48	26.45	31.03	26.42
T9	26.48	26.04	25.42	26.71	26.16
T18	25.58	26.27	28.37	24.09	26.08
T6	24.42	28.18	25.17	26.54	26.08
T12	25.88	25.16	26.19	26.81	26.01
T7	24.80	26.59	26.33	25.66	25.84
T30	27.11	24.56	24.92	26.56	25.79
T29	26.83	26.96	24.98	22.74	25.38
T1	26.57	24.07	25.27	24.23	25.03
T8	25.36	25.87	23.93	24.87	25.01
T2	24.48	24.44	24.42	23.81	24.29
T21	20.79	16.48	21.36	20.58	19.80
T15	15.74	18.55	20.37	19.85	18.63

Tabla 6. Materia seca del sistema radicular (%) por cada tratamiento

TRATAMIENTO	REPETICIONES				PROMEDIO
	R1	R2	R3	R4	(% M.S.)
T26	21.95	22.53	22.05	21.79	22.08
T11	23.91	20.50	22.30	20.08	21.70
T16	21.97	21.05	20.50	21.23	21.19
T10	20.89	19.50	19.84	21.68	20.48
T23	21.59	19.91	20.33	18.24	20.02
T13	21.16	20.10	18.74	19.33	19.83
T17	18.64	18.56	20.05	19.40	19.16
T34	19.04	17.93	18.50	20.19	18.92
T5	18.43	18.97	19.52	18.63	18.89
T24	18.20	18.57	18.82	18.37	18.49
T1	18.24	18.57	18.53	18.49	18.46
T31	18.25	18.66	16.45	19.22	18.14
T36	19.04	17.00	18.01	18.47	18.13
T8	18.08	17.96	17.99	18.12	18.04
T2	17.48	17.27	17.19	18.60	17.64
T20	17.15	15.25	19.25	18.83	17.62
T6	16.26	18.56	17.43	17.87	17.53
T25	17.32	18.94	15.69	17.55	17.38
T14	17.56	18.27	16.56	17.09	17.37
T29	17.31	18.17	17.32	16.52	17.33
T27	16.49	17.65	17.87	17.09	17.27
T3	18.63	16.35	16.14	17.47	17.15
T22	17.38	15.95	16.58	17.17	16.77
T32	16.73	14.66	18.79	15.77	16.49
T15	14.90	16.26	16.21	17.54	16.23
T21	18.32	12.73	15.61	17.71	16.09
T12	15.49	16.24	15.61	16.96	16.08
T9	15.03	16.35	14.97	17.72	16.02
T7	17.85	14.77	16.25	15.05	15.98
T30	17.19	14.95	16.09	15.37	15.90
T4	15.12	16.44	15.63	16.16	15.84
T33	16.03	16.02	15.50	15.71	15.81
T18	16.03	15.47	13.89	15.93	15.33
T35	16.22	15.64	14.49	13.74	15.02
T19	15.19	14.26	15.54	13.98	14.74
T28	13.16	14.45	13.49	12.53	13.41

Tabla 7. Costo de producción del tratamiento (T28: cortes apical + basal + lateral, 0 EM y sin estratificación en frío) que logró obtener portainjertos de palto en el menor tiempo

RUBROS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
A. COSTOS DIRECTOS				
I. Insumos				0.705
1. Obtención de semilla				0.560
1.1. Cosecha de fruto				0.350
Fruto de palto	Unid.	1.00000	0.350	0.350
1.2. Desinfección de semillas				0.210
Vitabax	Unid.	0.00700	30.000	0.210
2. Obtención de sustrato				0.088
2.1. Preparación del sustrato				0.040
Tierra negra	m ³	0.00013	103.000	0.013
Tierra agrícola	m ³	0.00013	50.000	0.007
Arena fina	m ³	0.00006	90.000	0.005
Estiércol de cuy	m ³	0.00010	150.000	0.015
2.2. Desinfección del sustrato				0.048
Formol	L	0.00600	8.000	0.048
3. Corte de cotiledones de semilla				0.030
Legía	L	0.00500	6.000	0.030
4. Germinación de semillas				0.005
Viruta	kg	0.01000	0.500	0.005
5. Riego				0.022
Agua	m ³	0.01440	1.500	0.022
II. Mano de obra				0.530
1. Obtención de semilla				0.058
1.1. Cosecha de fruto	hh	0.00694	5.000	0.035
1.2. Extracción, lavado y desinfección de semillas	hh	0.00463	5.000	0.023
2. Obtención de sustrato				0.188
2.1. Preparación y desinfección del sustrato	hh	0.02083	5.000	0.104
2.2. Embolsado del sustrato	hh	0.01667	5.000	0.083
3. Corte de cotiledones de semillas	hh	0.00556	5.000	0.028
4. Siembra de semillas	hh	0.00417	5.000	0.021
5. Repique de semillas germinadas	hh	0.00556	5.000	0.028
6. Riego	hh	0.04167	5.000	0.208
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				1.540
B. COSTOS INDIRECTOS				
I. Materiales y herramientas				0.305
Recipientes plásticos 20 L.	Unid.	0.00040	6.000	0.002
Cuchilla	Unid.	0.00091	15.000	0.014
Bolsas de polietileno (7"x12")	Unid.	1.00000	0.070	0.070
Pala	Unid.	0.00055	25.000	0.014
Zaranda (0.5"x0.5")	Unid.	0.00055	25.000	0.014
Táper (23.5cmx33cmx7cm)	Unid.	0.01826	10.000	0.183
Fumigador de 2 L.	Unid.	0.00033	28.000	0.009
II. Servicios				0.169
Análisis de sustrato	Serv.	0.00690	80.000	0.552
Pasaje de la compra de frutos	Serv.	1.00000	0.100	0.100
Pasaje del traslado de insumos para el sustrato	Serv.	1.00000	0.069	0.069
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				0.474
COSTO DE PRODUCCIÓN (S/.)				2.015

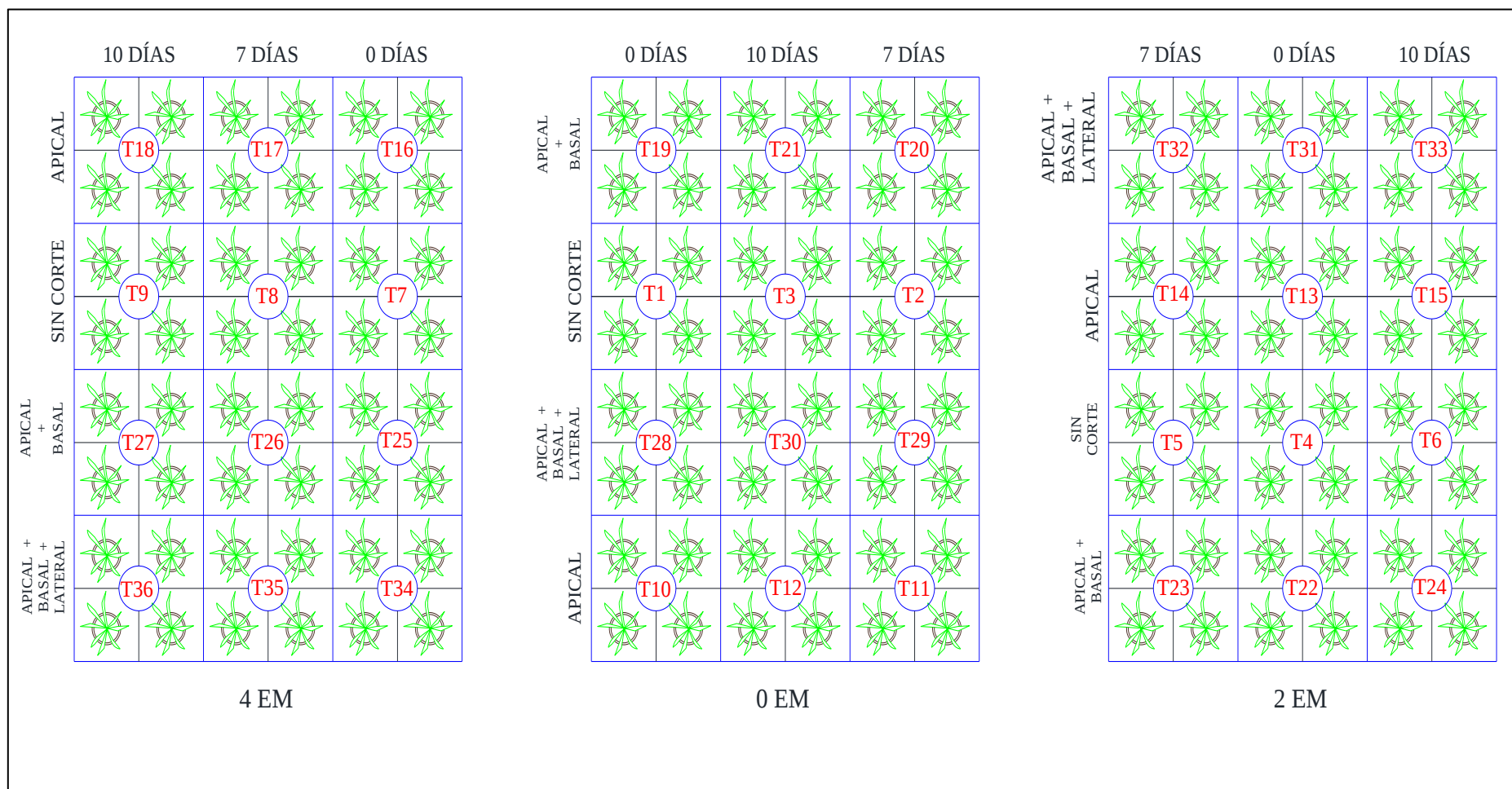


Figura 1. Distribución de los tratamientos empleados en el ensayo es completamente randomizado

ANEXO II: PANEL DE FOTOGRAFÍAS



MULTISERVICIOS AGROLAB

INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

ASESORÍA Y CAPACITACIÓN EN:

- EVALUACIÓN Y MUESTREO DE SUELOS.
- INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS AGRÍCOLA
- USO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS.
- ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL.
- AGRICULTURA SUSTENTABLE.

1051764

Solicitante: Sr. Paul Roy Conde Vilca

Departamento: Ayacucho

Provincia: Huamanga

Distrito: Jesús Nazareno

Fecha: 31/01/2018

Lab	Numero de muestra Campo	pH (1:1)	C.E. dS.m ⁻¹	CO ₃ ²⁻ %	Nt %	MO %	P ppm	K ppm	Analisis Mecanico			Clase Textural	CIC	Cationes cambiables					% Sat. De Bases
									Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺⁺⁺ + H ⁺	
7683	Pampa del Arco	7.43	1.01	2.09	0.27	5.54	38.5	1450	71	14	15	Fr.A.	16.48	7.37	4.01	4.15	0.95	0.00	100


PhD. MARHLENI CERDA GÓMEZ
Responsable de Laboratorio

A = arena, A.Fr = Arena franca; Fr.A. = Franco arenoso; Fr = Franco; Fr.L = Franco limoso; L = Limoso; FrArA = Franco arcillo arenoso; FrAr = Franco arcilloso
FrArL = Franco arcillo limoso; ArA = Arcillo arenoso; ArL = Arcillo limoso; Ar = Arcilloso.

Urb. Mariscal Cáceres Mz. "G-12" - Ayacucho / ☎(066) 312049 - 📞966938028 - 966631889 / RPM: *758028; *751889 / 📠982781298 ✉agrolab01@yahoo.es

Foto 1. Resultados del análisis de caracterización del sustrato utilizado en la investigación



Foto 2. Preparación y embolsado del sustrato



Foto 3. Recolección y extracción de semillas de palto de raza mexicana



Foto 4. Cortes de cotiledones y desinfección de semillas de palto de raza mexicana



Foto 5. Estratificación en frío (7 °C) de semillas de palto de raza mexicana



Foto 6. Cámara de germinación empleado en el experimento



Foto 7. Germinación y emergencia de semilla con cortes de cotiledones a nivel apical + basal + lateral



Foto 8. Aplicación de microorganismos eficientes en la crianza de plantones de palto



Foto 9. Evaluación de altura de planta, número de hojas y diámetro de tallo en portainjertos de palto raza mexicana a los seis meses de edad



Foto 10. Determinación de materia seca de la parte aérea vegetal y sistema radicular en portainjertos de palto raza mexicana a los seis meses de edad



Foto 11. Efecto de cortes de semillas en portainjertos de palto raza mexicana a los seis meses de edad



Foto 12. Efecto de estratificación en frío (7 °C) de semillas en la obtención de portainjertos de palto raza mexicana a los seis meses de edad



Foto 13. Efecto de los microorganismos eficientes en portainjertos de palto raza mexicana a los seis meses de edad



Foto 14. El T28 (cortes de cotiledones a nivel apical + basal + lateral, sin microorganismos eficientes y sin estratificación en frío), fue quién logró obtener portainjertos de palto listo para injertar a los seis meses de edad