

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA
MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“LA FERTILIZACIÓN CON FÓSFORO EN LA VIABILIDAD DEL
GRANO DE POLEN EN DOS ECOTIPOS DE AGUAYMANTO
(*Physalis peruviana* L.)”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERA AGRÓNOMA**

STYPHANY MISHHELL CAPARACHIN REYNA

LIMA – PERÚ

2020

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA

“LA FERTILIZACIÓN CON FÓSFORO EN LA VIABILIDAD DEL
GRANO DE POLEN EN DOS ECOTIPOS DE AGUAYMANTO
(*Physalis peruviana* L.)”

STYPHANY MISHHELL CAPARACHIN REYNA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERA AGRÓNOMA

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

.....
Ing. Mg. Sc. Luis Rodrigo Tomassini Vidal
PRESIDENTE

.....
Dr. Jorge Eduardo Jiménez Dávalos
ASESOR

.....
Biol. Mg. Sc. Ana Luzmeira Eguiluz De La
Barra
MIEMBRO

.....
Ing. Mg. Sc. Julio César Nazario Ríos
MIEMBRO

Lima – Perú

2020

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado a Dios con mucho amor y gratitud por darme salud y lo necesario para seguir adelante día a día.

A mi madre Clara Reyna Vela por apoyarme en todo momento, por sus consejos, sus valores y motivación constante que me han permitido ser una persona de bien, pero más que nada por su amor incondicional.

A mi padre Walter Caparachin Calderón por brindarnos su apoyo en nuestra educación a mi hermano y a mí, la mejor herencia.

A mi hermano Christian Caparachin Reyna por ser un ejemplo a seguir, por brindarme sus consejos y motivación para alcanzar mis sueños, gracias por guiarme, inspirarme y mostrarme el camino correcto.

A mi asesor Dr. Jorge Jiménez por sus consejos como maestro y amigo e inspirarme a seguir creciendo profesionalmente en el mundo de la Ingeniería Agrónoma y cumplir con los estándares de la Universidad Nacional Agraria La Molina “Cultivar al hombre y al campo”

A Ivan por su amor incondicional, paciencia, apoyo, comprensión y confianza brindada en momentos buenos y malos.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor, Ing. PhD. Jiménez Dávalos Jorge Eduardo, por su apoyo y confianza para la ejecución de esta tesis, por el tiempo dedicado para aclarar cualquier tipo de duda que se presentó en cada etapa de esta tesis y por brindarme su amistad y sabios consejos que me han permitido crecer profesionalmente y como persona.

A mi mamá y hermano quienes estuvieron siempre dispuestos a apoyarme en la instalación de mi tesis y fase experimental.

A mis amigos, por brindarme su apoyo y su tiempo en la fase experimental. Gracias Gean Carlo Ciprian Salcedo, Anait Garcia Nieves, Dr. Gastón Zola y a los chicos del Laboratorio de Biotecnología del PIPS Cereales y granos nativos de la UNALM por hacer que la etapa de tesis sea más llevadera y por brindarme un ambiente de confraternidad.

Al Laboratorio de Biotecnología del PIPS Cereales y granos nativos de la UNALM por facilitarme el espacio, materiales y herramientas.

Al laboratorio de Análisis de Suelos de la Facultad de Agronomía, en especial al Ing. Mg. Sc. Rubén Bazán Tapia, por facilitarme el espacio y su tiempo para terminar de realizar mis evaluaciones.

Finalmente, a las personas que aportaron en las diferentes etapas del trabajo, trabajadores del programa de cereales y granos nativos y a la señora Rosemary del laboratorio de suelo, por brindarme su apoyo en la realización de esta tesis.

ÍNDICE GENERAL

| | | |
|--------|---|----|
| I. | INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. | REVISIÓN DE LITERATURA..... | 3 |
| 2.1 | CARACTERÍSTICAS DEL AGUAYMANTO | 3 |
| 2.2 | CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO | 4 |
| 2.3 | ECOTIPOS DE AGUAYMANTO | 5 |
| 2.4 | IMPORTANCIA ECONÓMICA MUNDIAL Y NACIONAL..... | 7 |
| 2.5 | CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS | 8 |
| 2.6 | BIOLOGÍA FLORAL..... | 9 |
| 2.7 | POLINIZACIÓN Y FERTILIZACIÓN | 10 |
| 2.8 | CITOGENÉTICA DEL GRANO DE POLEN | 12 |
| 2.9 | IMPORTANCIA DEL FÓSFORO EN LA PLANTA | 18 |
| 2.10 | NFLUENCIA DEL FÓSFORO EN LA VIABILIDAD DEL GRANO DE POLEN | 20 |
| 2.11 | EFEECTO FÓSFORO EN LA PRODUCCIÓN DE FLORES DEL AGUAYMANTO (<i>Physalis peruviana</i> L.)..... | 21 |
| III. | MATERIALES Y MÉTODOS | 25 |
| 3.1 | LUGAR DE INSTALACIÓN..... | 25 |
| 3.2 | MATERIALES Y EQUIPOS | 25 |
| 3.3 | PROCEDIMIENTO..... | 26 |
| 3.4 | VARIABLES ESTUDIADAS..... | 34 |
| 3.5 | DISEÑO ESTADÍSTICO EXPERIMENTAL ARIABLES ESTUDIADAS..... | 36 |
| IV. | RESULTADOS Y DISCUSIONES..... | 38 |
| 4.1 | VIABILIDAD DEL GRANO DE POLEN | 39 |
| 4.1.1. | DESARROLLO DEL TUBO POLÍNICO (MÉTODO DIRECTO)..... | 39 |
| 4.1.2 | TINCIÓN DE LOS GRANOS DE POLEN (MÉTODO INDIRECTO) | 43 |
| 4.2 | LONGITUD DEL TUBO POLÍNICO. | 49 |
| 4.3 | RECEPTIVIDAD DEL ESTIGMA..... | 55 |
| 4.4 | CARACTERÍSTICAS DE FLORACIÓN..... | 59 |

| | | |
|-------------|---|------------|
| 4.5 | NÚMERO DE FLORES POR PLANTA | 66 |
| 4.6 | NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA | 70 |
| 4.7 | NÚMERO DE SEMILLAS POR FRUTO | 74 |
| 4.8 | ALTURA DE PLANTA..... | 77 |
| 4.9 | CONCENTRACIÓN DE MG DE P POR MG DE POLEN | 83 |
| V. | CONCLUSIONES | 86 |
| VI. | RECOMENDACIONES | 87 |
| VII. | ANEXOS..... | 101 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Microsporogénesis | 13 |
| Figura 2: Formación del grano de polen..... | 14 |
| Figura 3: Germinación de un grano de polen. | 15 |
| Figura 4: Anteras de de <i>Physalis peruviana</i> L..... | 17 |
| Figura 5: Génesis y estados de maduración de los granos de polen | 18 |
| figura 6: Niveles de nutrientes absorbidos por toneladas de frutas. | 22 |
| Figura 7: Número de flores formadas según fertilizante foliar utilizado..... | 23 |
| Figura 8 : Preparación del sustrato que se utilizó al momento de los trasplantes. | 28 |
| Figura 9: Procedimiento..... | 29 |
| Figura 10: Evaluaciones en el laboratorio de biotecnología..... | 32 |
| Figura 11: Preparación de muestras para el análisis de fósforo en los granos de polen | 33 |
| Figura 12: Tinción para determinar el polen viable-círculo verde y polen no viable-círculo negro..... | 34 |
| Figura 13: Respuesta de los ecotipos de <i>Physalis peruviana</i> L. al porcentaje de desarrollo del tubo polínico..... | 39 |
| Figura 14: Porcentaje de polen viable por el método de desarrollo del tubo polínico según los ecotipos de <i>Physalis peruviana</i> L.. | 40 |
| Figura 15: Respuesta de las fuentes fosforadas al porcentaje de desarrollo del tubo polínico | 41 |
| Figura 16: Porcentaje de polen viable por el método de desarrollo del tubo polínico según los niveles de fuentes fosforadas..... | 41 |
| Figura 17: Porcentaje de polen viable por tratamientos con el método del desarrollo del tubo polínico | 42 |
| Figura 19: Respuesta de los ecotipos de <i>Physalis peruviana</i> L. en la variable viabilidad del grano de polen | 44 |
| Figura 20: Porcentaje de polen viable según los ecotipos de <i>Physalis peruviana</i> L..... | 45 |
| Figura 21: Respuesta de las fuentes de fósforo en la variable viabilidad del grano de polen | 46 |
| Figura 22: Porcentaje de polen viable según los niveles de fuentes fosforadas. | 47 |
| Figura 23: Porcentaje de polen viable por tratamientos..... | 48 |
| Figura 25: Respuesta de los ecotipos de <i>Physalis peruviana</i> L. en la variable longitud del tubo polínico del grano de polen (mm)..... | 50 |
| Figura 26: Longitud del tubo polínico del grano de polen (mm) de dos ecotipos de aguaymanto (<i>Physalis peruviana</i> L.) bajo el tratamiento de diferentes niveles de fertilización fosforada. | 51 |
| Figura 27: Respuesta de las fuentes de fósforo en la variable longitud de tubo polínico (mm)..... | 51 |
| Figura 28: Promedios de la longitud del tubo polínico (mm) bajo el tratamiento de diferentes niveles de fertilización fosforada y diferentes fuentes fosforadas. | 52 |
| Figura 29: Promedios de la longitud del tubo polínico (mm) por tratamientos..... | 53 |
| Figura 31: Longitud de tubo polínico a las 24h. 1a: colombiano sin npk. 1b y 1c | 54 |
| Figura 32: Medida de la receptividad del estigma a las 10 am en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” por tratamientos | 55 |

| | |
|--|----|
| Figura 33: Medida de la receptividad del estigma a las 12 pm en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” por tratamientos | 56 |
| Figura 34: Medida de la receptividad del estigma a las 2 pm en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” por tratamientos | 56 |
| Figura 35: Evolución de la receptividad del estigma a las 10am, 12pm y 2 pm por tratamientos | 57 |
| Figura 36: Reacción del estigma con el agua oxigenada. imagen-izquierda: receptividad a las 10 am; imagen-central: receptividad a las 12pm; imagen-derecha: receptividad a las 2pm | 58 |
| Figura 37: Promedios del número de días hasta la aparición del botón floral en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” | 60 |
| Figura 38: Promedios del número de días hasta la aparición del botón floral en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano”, según los niveles de fuentes fosforadas | 61 |
| Figura 39: Promedios del número de días hasta la aparición del botón floral en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” por tratamientos | 62 |
| Figura 40: Promedios del número de días hasta etapa de fruto cosechable en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” | 63 |
| Figura 41: Promedios del número de días hasta etapa de fruto cosechable en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano”, según los niveles de fuentes fosforadas | 64 |
| Figura 42: Promedios del número de días hasta etapa de fruto cosechable en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” por tratamientos | 65 |
| Figura 43: Promedios del número de flores por planta en los ecotipos de aguaymanto (<i>Physalis peruviana</i> L.) “cajamarquino” y “colombiano” | 67 |
| Figura 44: Promedios del número de flores por planta en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” según los niveles de fuentes fosforadas | 68 |
| Figura 45: Promedios del número de flores por planta en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” por tratamientos | 69 |
| Figura 46: Promedios del número de frutos por planta en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” | 71 |
| Figura 47: Promedios del número de frutos por planta en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” según los niveles de fuentes fosforadas | 72 |
| Figura 48: Promedios del número de frutos por planta en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” por tratamientos | 73 |
| Figura 49: Promedios del número semillas por fruto en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” | 75 |
| Figura 50: Promedios del número semillas/fruto en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” según los niveles de fuentes fosforadas | 76 |
| Figura 51: Promedios del número semillas/fruto en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” por tratamientos | 77 |
| Figura 52: Promedios de la primera medida de la altura de planta en cm en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” por tratamientos | 78 |
| Figura 53: Promedios de la segunda medida de la altura de planta en cm en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” por tratamientos | 80 |
| Figura 54: Promedios de la tercera medida de la altura de planta en cm en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” por tratamientos | 81 |
| Figura 55: Evolución de la altura en la 1°, 2° y 3° medida por tratamientos | 82 |
| Figura 56: Concentración de mg de p por mg de polen en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” | 84 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|-----|
| Anexo 1. Análisis de varianza (anva) para la variable porcentaje de germinación del grano de polen viable en <i>Physalis peruviana</i> L. ($\alpha= 0,05$) | 101 |
| Anexo 2. Prueba de tukey para la variable porcentaje de desarrollo del tubo polínico viable en <i>Physalis peruviana</i> L.($\alpha= 0,05$). | 101 |
| Anexo 3. Análisis de varianza (anva) para la variable porcentaje de polen viable en <i>Physalis peruviana</i> L.($\alpha= 0,05$) | 102 |
| Anexo 4. Prueba de tukey para la variable porcentaje de polen viable en <i>Physalis peruviana</i> L. ($\alpha= 0,05$). | 102 |
| Anexo 6. Prueba de tukey para la variable longitud del tubo polínico del grano de polen en <i>Physalis peruviana</i> L.($\alpha= 0,05$) | 103 |
| Anexo 7. Análisis de varianza (anva) para la variable receptividad del estigma de <i>Physalis peruviana</i> L. a las 10 horas ($\alpha= 0,05$). | 104 |
| Anexo 8. Prueba tukey para la variable receptividad del estigma de <i>Physalis peruviana</i> L. a las 10 horas ($\alpha= 0,05$). | 104 |
| Anexo 9. Prueba tukey para la variable receptividad del estigma de <i>Physalis peruviana</i> L. a las 12 horas ($\alpha= 0,05$). | 105 |
| Anexo 10. Prueba tukey para la variable receptividad del estigma de <i>Physalis peruviana</i> L. a las 14 horas ($\alpha= 0,05$). | 105 |
| Anexo 11. Análisis de varianza (anva) para la variable receptividad del estigma de <i>Physalis peruviana</i> L. ($\alpha= 0,05$). | 106 |
| Anexo 12. Análisis de varianza (anva) para la variable número de días hasta botón floral en <i>Physalis peruviana</i> L. ($\alpha= 0,05$) | 106 |
| Anexo 13. Prueba tukey para la variable número de días hasta botón floral en <i>Physalis peruviana</i> L. ($\alpha= 0,05$). | 107 |
| Anexo 14. Análisis de varianza (anva) para la variable número de días hasta fruto cosechable en <i>Physalis peruviana</i> L. ($\alpha= 0,05$) | 107 |
| Anexo 15. Prueba tukey para la variable número de días hasta fruto cosechable en <i>Physalis peruviana</i> L.($\alpha= 0,05$) | 108 |
| Anexo 16. Análisis de varianza (anva) para la variable del número de flores por planta en <i>Physalis peruviana</i> L.($\alpha= 0,05$). | 108 |
| Anexo 17. Prueba tukey para la variable del número de flores por planta en <i>Physalis peruviana</i> L. ($\alpha= 0,05$) | 109 |
| Anexo 18. Análisis de varianza (anva) para la variable del número de frutos por planta en <i>Physalis peruviana</i> L.($\alpha= 0,05$) | 109 |
| Anexo 19. Prueba tukey para la variable del número de frutos por planta en <i>Physalis peruviana</i> L. ($\alpha= 0,05$) | 110 |
| Anexo 20. Análisis de varianza (anva) para la variable del número de semillas por fruto en <i>Physalis peruviana</i> L. ($\alpha= 0,05$) | 110 |
| Anexo 21. Prueba tukey para la variable del número de semillas por fruto en <i>Physalis peruviana</i> L. ($\alpha= 0,05$) | 111 |
| Anexo 22. Análisis de varianza (anva) para la variable altura de planta a los 90 días de <i>Physalis peruviana</i> L. ($\alpha= 0,05$) | 111 |

| | |
|--|------------|
| Anexo 23. Prueba tukey para la variable altura de planta a los 90 días de <i>Physalis peruviana</i> L. ($\alpha= 0,05$)..... | 112 |
| Anexo 24. Análisis de varianza (anva) para la variable altura de planta a los 130 días de <i>Physalis peruviana</i> L. ($\alpha= 0,05$) | 112 |
| Anexo 25. Prueba tukey para la variable altura de planta a los 130 días de <i>Physalis peruviana</i> L. ($\alpha= 0,05$) | 113 |
| Anexo 26. Análisis de varianza (anva) para la variable altura de planta a los 180 días de <i>Physalis peruviana</i> L. ($\alpha= 0,05$). | 113 |
| Anexo 27. Prueba tukey para la variable altura de planta a los 180 días de <i>Physalis peruviana</i> L.($\alpha= 0,05$). | 114 |
| Anexo 28. Análisis de varianza (anva) para la variable altura de planta de <i>Physalis peruviana</i> L.($\alpha= 0,05$). | 114 |
| Anexo 29. Resultados de la concentración de mg de p por mg de polen en <i>Physalis peruviana</i> L...115 | |
| Anexo 30. Diferencias en la primera medida de la altura:..... | 116 |

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo el conocimiento del efecto de la fertilización fosforada en la viabilidad de polen y biología floral en dos ecotipos de *Physalis peruviana* L. La viabilidad del polen es de gran importancia en estudios de la biología de la reproducción y mejoramiento genético de plantas, es fundamental para definir la dirección de una cruce y contar con bases para el éxito de las hibridaciones controladas para garantizar la generación de segregantes que posibiliten la identificación de individuos con características superiores a los padres (Salles *et al.*, 2006). Asimismo, se observa una deficiencia notable de trabajos de biología y genética básica para el fitomejoramiento de los frutales andinos, por lo tanto, es necesario orientar los esfuerzos para la investigación, producción y promoción de este frutal como un cultivo alternativo para la diversificación de la producción de los cultivos andinos. El diseño estadístico fue un DCA con arreglo factorial 4A2B2C, cada uno a su vez con 4 repeticiones y 4 plantas por unidad experimental (16 plantas por tratamiento). Se probaron tratamientos con fertilización nitrogenada de 140 kg/ha y potásica de 220 kg/ha DE K₂O respectivamente y dos tratamientos sin fertilización N-P-K. Los resultados indican que la viabilidad del grano sí presentó un efecto con el fósforo aplicado, lográndose un mayor porcentaje de polen viable en los tratamientos SPT 180 kg/ha de P₂O₅ con 99.12 por ciento, seguido del tratamiento FDA 180 kg/ha de P₂O₅ con 98.62 por ciento ambos del ecotipo cajamarquino. El ecotipo cajamarquino presentó resultados superiores al ecotipo colombiano y los frutos que presentaron una mayor cantidad de semillas pertenecen al tratamiento SPT 180 kg/ha de P₂O₅ ecotipo cajamarquino.

Palabras clave: Germinación del polen, anthesis, polinización, receptividad del estigma.

ABSTRACT

The objective of the research was to know the effect of fertilization on the pollen viability and floral biology of two ecotypes of golden berry *Physalis peruviana* L. The viability of pollen is of great importance in studies of the biology of reproduction and genetic improvement of Plants, it is essential to define the direction of a cross and have bases for the success of controlled hybridizations to ensure the generation of segregates that enable the identification of individuals with characteristics superior to parents (Salles *et al.*, 2006). In addition, there is a notable deficiency in biology and basic genetics for the breeding of Andean fruit trees, therefore, it is necessary to direct efforts for research, production and promotion of this fruit as an alternative crop for the diversification of the production of Andean crops. The statistical design was a DCA with factorial arrangement 4A2B2C, each in turn with 4 repetitions, with 4 plants per experimental unit (16 plants per treatment). Treatments with nitrogen fertilization of 140 kg / ha and potassium fertilizer of 220 kg / ha respectively were tested and two treatments without N-P-K fertilization. The results indicate that the viability of the grain did have an effect with the applied phosphorus, achieving a higher percentage of viable pollen in the SPT treatments 180 kg / ha of P₂O₅ with 99.12 percent, followed by the FDA treatment 180 kg / ha of P₂O₅ with 98.62 percent both of the Cajamarquino ecotype. The Cajamarquino ecotype presented results superior to the Colombian ecotype and the fruits that presented a greater quantity of seeds belong to the SPT 180 kg / ha treatment of P₂O₅ Cajamarquino ecotype.

Key words: Pollen germination, anthesis, pollination, stigma receptivity.

I. INTRODUCCIÓN

El aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) es una fruta que está considerada dentro de los antioxidantes más famosos del mundo, rica en vitaminas A y C, refuerza el sistema inmunológico, su consumo también ayuda a prevenir enfermedades respiratorias (Red de Comunicación Regional, 2018). Según Sierra Exportadora (2017) en el Perú existen 720 has. de aguaymanto comprendidos en los departamentos de Cajamarca, Ancash, Lima, Junín, Cuzco, Ayacucho, Arequipa y Moquegua. En el año 2014 el volumen de la exportación fue de 154,184.01 kg y en el 2017 fue de 376,186.69 kg (PROMPERU, 2018). Comparando al aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) con los arándanos, este último tiene un costo de producción excesivamente alto, muchas veces inalcanzable para los productores, por lo que el producto originario del Perú podría convertirse en una excelente alternativa de negocio para nuestros agricultores si se logra comercializarlo en gran escala, a nivel internacional. El estudio de la viabilidad del polen es importante en el mejoramiento genético del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) en la necesidad de obtener materiales con alto valor comercial, para incrementar la productividad, lograr la uniformidad fenotípica y resistencia o tolerancia a plagas, también es importante para el uso de las técnicas de cruzamiento donde la calidad del polen es una de las principales características requeridas para usar una variedad como polinizador (Ipinza, 1998). La polinización se ve afectada por las características ambientales, temperatura y la humedad relativa (Martínez, 2013) y también la fertilización, “el fósforo a menudo limita el crecimiento y la reproducción” (Mengel *et al.*, 1982), es posible que la disponibilidad del fósforo durante el desarrollo del polen pueda afectar el almacenamiento de fósforo en el polen y, en consecuencia, el rendimiento del polen, una baja disponibilidad de fósforo produce una pobre floración, rendimientos bajos, maduración tardía y bajo contenido de azúcar en frutos (Thomé y Osaki, 2010).

Teniendo en cuenta ese aspecto se busca asegurar el cuajado del fruto, buena calidad y cantidad de semilla, como ocurre con otros géneros de valor comercial en solanáceas.

Objetivo General

- Determinar la influencia de los niveles de fósforo en la viabilidad del grano de polen.

Objetivos específicos

- Determinar la respuesta al fósforo en la viabilidad del polen de dos ecotipos de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.).
- Determinar el rendimiento de semillas/fruto de dos ecotipos de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) como respuesta al fósforo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CARACTERÍSTICAS DEL AGUAYMANTO

El aguaymanto es un fruto oriundo del Perú, descubierto en 1753 por el científico sueco Carlos Linneo, quien lo clasificaría como *Physalis peruviana* L. Existen diversas referencias históricas en el cual indican que fue domesticado, cultivado y muy apreciado por los antiguos peruanos. El aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) posee diferentes nombres comunes: tomatito silvestre, capulí, uchuva, uvilla, cereza de los andes, awaymanto y bolsa de amor. La planta que crece inicialmente en forma herbácea, a partir del segundo año forma un arbusto perenne y semileñoso y sus hojas son simples, alternas, acorazonadas y pubescentes con un tamaño entre 5 y 15 cm de largo y 4 a 10 cm de ancho (Fischer, 2000).

Sin tutorado la planta puede llegar hasta una altura de 1,0 a 1,5 m, ramificándose en forma simpodial y, en muchos casos, genera cuatro ramas reproductivas principales, mientras tutorado puede alcanzar hasta 2 m o más de altura (Fischer y Miranda, 2012). Sus frutos son bayas carnosas, jugosas de color naranja-amarillo de forma globosa, con un diámetro entre 1,25 - 2,5 cm y contiene numerosas semillas. Los frutos presentan un sabor peculiar agridulce de buen gusto, protegidos por un cáliz no comestible de textura papirácea. El “aguaymanto” es una solanácea, pariente de la papa, tomate, ají y rocoto. Crece en la costa, sierra y selva del Perú, en los departamentos de Amazonas, Ancash, Ayacucho, Cajamarca y Cuzco; en suelos pobres, con bajos requerimientos de fertilización, pero bien drenados, y con gran luminosidad; debe protegerse del viento excesivo; además debe contar con suficiente agua durante el desarrollo, más no en la maduración de sus frutos (Chasquibol *et al.*, 2015).

2.2 CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO

El fruto tiene la particularidad de estar casi completamente cubierto por el cáliz, que crece conforme se desarrolla el primero; siendo el fruto más pequeño que el cáliz, existiendo un amplio espacio vacío entre ambos. El fruto es una baya de forma esférica de 2 a 5 celdas (es como un tomate en miniatura en su estructura interna. El color y aroma del fruto varía según los ecotipos, encontrándose desde color verde limón hasta amarillo dorado, cuando están maduros. La pulpa amarilla y jugosa, es muy agradable por su sabor azucarado, así como la materia mucilaginosa que rodea las semillas, cada fruto tiene entre 150 y 300 semillas aplanadas y de forma lenticular. El fruto que necesita entre 60 y 80 días para madurar tiene extraordinarias propiedades nutricionales y medicinales y su exquisito sabor y aroma atraen los consumidores favoreciendo la conquista de nuevos mercados (Galvis *et al.*, 2005). Los Frutos son bayas globosas de diámetro que va desde 1.25 cm a 2.30 cm, con promedio de 1.80 cm. El peso del fruto varía grandemente según los ecotipos desde 1.70 - 8.10 g llegando en algunos casos hasta 10 g y en promedio 5.30 g; igual sucede con el número de frutos por planta, que varía desde 70 - 1400 frutos, cuyo promedio puede ser de 300 frutos. Según las condiciones de crecimiento el diámetro va en el rango de 1.25 - 2.50 cm y pesan entre 4 y 10g.

El sabor del fruto está compuesto por: azúcares, ácidos orgánicos y compuestos químicos volátiles presentes. Cuando el fruto llega a la etapa de maduración, el contenido de azúcares se eleva y los ácidos orgánicos disminuyen, ya que la acidez se incrementa por corto tiempo y después disminuye descendiendo también el contenido de almidón, mientras que los sólidos solubles, principalmente azúcares, aumentan. Cuando ha completado la madurez, el cáliz y la fruta caen a la tierra juntas, por efecto de la gravedad generalmente esto ocurre desde los 60 a 80 días (INKANAT, 2018).

Los frutos presentan sabor agridulce de buen gusto, están protegidos por una cubierta llamada “cáliz” no comestible de textura papirácea. El fruto de *Physalis peruviana* L. presenta gran potencial económico y gran demanda en el extranjero, debido a sus propiedades nutricionales y medicinales. La pulpa de la fruta contiene compuestos fenólicos, carotenoides, vitamina E y vitamina C. El fruto contiene

15 por ciento de sólidos solubles, principalmente azúcares, con un alto contenido de fructuosa y que puede ser consumido por personas.

El aceite extraído de las semillas del “aguaymanto” (*Physalis peruviana* L.) podría ser considerado como fuente de aceite natural, por su alto grado de insaturación y contenido de tocoferoles y esteroides. Estos componentes bioactivos tienen propiedades antioxidantes naturales para prevenir enfermedades y promover una buena salud y cuidado de la piel. Las características nutricionales de la “torta”, podrían servir también para la elaboración de galletas, barras energéticas, entre otros (Chasquibol *et al.*, 2015).

La actividad antioxidante del jugo de uchuva fue evaluada a través de la prueba de 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH). Los fenólicos son responsables de la actividad antioxidante de jugos y vinos, mientras que el ácido ascórbico juega el papel menor en la eficacia antioxidante de los jugos (Meyer *et al.*, 1995; Rapisarda *et al.*, 1999). Miller y Rice-Evans (1997) subrayaron la importante función contributiva de los fenoles a la actividad antioxidante del jugo de naranja, incluso si la vitamina C era el antioxidante más abundante, por esta razón la presencia de una buena cantidad de fenólicos en el jugo de uchuva, podrían contribuir al incremento de la capacidad antioxidante.

2.3 ECOTIPOS DE AGUAYMANTO

Hay ecotipos comerciales de (*Physalis peruviana* L.) conocidos en Estados Unidos y Nueva Zelanda (Popova *et al.*, 2010). También en Bulgaria se han desarrollado cultivares de *Physalis peruviana* L. que se pueden dividir en ecotipos en relación con el tamaño, color y forma del fruto, forma de la flor y altura y tamaño de la planta (Panayotov *et al.*, 2002). Tres ecotipos son los más frecuentemente cultivados y tienen su origen en Colombia, Kenia y Sudáfrica. El fruto de la forma colombiana, que es más pequeño, con un peso promedio de sólo 5 g, tiene un contenido de azúcar más alto que las otras formas y una coloración más intensa. Bajo condiciones de invernadero se han registrado los siguientes valores de peso promedio del fruto: 4.2 g en Colombia ,6.6 g en Sudáfrica y 8.9 g en Kenia (Estrada y Martínez, 1999).

Sánchez (2006) afirma que *Physalis peruviana* L. es originaria de los Andes del norte de Sudamérica y hoy en día es cultivada en todos los Andes sudamericanos. El cultivo en Europa comenzó en el siglo XVIII en Inglaterra. La ocurrencia de ejemplares asilvestrados de *Physalis peruviana* L. está hoy documentada en varios países, ejemplo: Ecuador, Chile, Venezuela, Hungría, India, Australia, China, Macronesia y Sudáfrica. Fischer *et al.* (2013) mencionaron que el género *Physalis peruviana* incluye aproximadamente cien especies que se caracterizan porque sus frutos están encerrados dentro de un cáliz. *Physalis peruviana* L. es la especie más conocida, es originaria de los Andes sudamericanos y crece como planta silvestre y semisilvestre, otras especies que se han cultivado por los frutos son *P. pruinosa* y *P. ixocarpa*. El Inventario de Recursos Genéticos del Género *Physalis* en América Latina y el Caribe menciona que 11 instituciones reunían 35 entradas de *P. ixocarpa*; 75 de *Physalis peruviana* L. y 379 de *Physalis* spp. Diez de los bancos de germoplasma de *Physalis peruviana* L. reportaron 486 accesiones; los 3 situados en la zona andina conservan 74 accesiones (Colombia: 39, Ecuador: 23, Perú: 12), y Corpoica (Colombia) es la de mayores introducciones reportadas. La mayor colección por fuera del centro de origen se encuentra en la Universidad de Nijmegen, Holanda (16 accesiones). Fischer *et al.* (2013) mencionaron que en Colombia existe una colección de 98 accesiones en los bancos de germoplasma de Corpoica en los centros de investigación La Selva, en Rionegro (Antioquia), y Tibaitatá, en Mosquera (Cundinamarca); otras colecciones más pequeñas se encuentran en la Universidad de Nariño y otras instituciones de investigación y de educación. Sin embargo, la documentación de estas colecciones es escasa, reduciendo su potencial para contribuir en programas de selección y mejoramiento. Sánchez (2006) señala la presencia de seis ecotipos para la zona norte del Perú: Urquiaco (Cajamarca), Agocucho (Cajamarca), Huancayo 1 y Huancayo 2 (Junín), Cajabamba (Cajamarca) y Era (Cajamarca).

2.4 IMPORTANCIA ECONÓMICA MUNDIAL Y NACIONAL

Promperú (2018) indica que el rendimiento promedio nacional es 18,5 t/ha/año, el de los mejores productores es 25 t/ha/año, el promedio de investigación es 30 t/ha/año, lo que demuestra que se debe hacer mayor investigación, incrementar la capacitación y mejorar la asistencia técnica en algunos casos. Se calcula que en el Perú existen 720 hectáreas dedicadas al cultivo de *Physalis peruviana* L., lo que significaría una producción promedio de 5760 tn (considerando un rendimiento promedio de 8tn/ha), en el 2012. Haciendo las conversiones del caso (fresco a deshidratado) y considerando las toneladas de exportaciones realizadas en el 2012, se tiene que sólo el 6 por ciento de la fruta producida ha sido exportada.

En el 2017 los productores del distrito de Vinchos en Huamanga, Ayacucho, han encontrado en el cultivo de aguaymanto una alternativa de negocio como sustento de sus familias y desarrollo de su región. Se trata de 20 productores que integran la Asociación de Productores de Frutales y Crianza de Animales Menores en el Valle Bajo de Vinchos de los Hijos de Sion Huayllay, beneficiarios del Programa de Compensaciones para la Competitividad (AGROIDEAS) del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). En el año 2015, se cofinanció un plan de negocio (S/. 165,828.00), basado en adopción de tecnología que logró mejorar significativamente el rendimiento de la producción del fruto, pasando de producir 4 kg por planta en el 2015 a 7.5 kg en el 2017, teniendo en cuenta que el número de plantas por ha va de 2000-2500. Esto significó un balance anual de 270 toneladas en un total de 18 has aproximadamente (MINAGRI, 2018).

Adex Data Trade (2019), indica que los principales destinos de las exportaciones de aguaymanto hasta el 2019 son: Japón 43.44 por ciento, 21.05 por ciento Corea del Sur, Estados Unidos 11.13 por ciento, 10.57 por ciento México, España 4.72 por ciento y otros 9.09 por ciento Sierra Exportadora (2014) menciona que en el Perú la principal zona de producción de aguaymanto es Cajamarca, aquí es donde se inició el cultivo con una perspectiva comercial y asociativa, así mismo se han desarrollado investigaciones y se ha adaptado la tecnología para el manejo agronómico del cultivo. Sin embargo, existen otras fuentes de producción en Huánuco, Ancash, Junín (Tarma) y Ayacucho. Cajamarca que abarca más del 50

por ciento de las exportaciones en los últimos años tanto en fresco como en deshidratado y jaleas. El segundo departamento productor es cuzco, el resto de las exportaciones abarcan Lambayeque y Ayacucho. Las principales empresas que exportan este producto son: Ecoandino 47.23 por ciento, Organicrops Empresa Individual de Responsabilidad Limitada 16.48 por ciento, 7.73 por ciento CPX Perú S.A.C., 6.15 por ciento Villa Andina Sociedad Anónima Cerrada, 4.54 por ciento Glint S.A.C. y otros 17.86 por ciento (Adex Data Trade, 2019). Gastelum y Beltrán (2012) afirmaron que el cultivo de Uchuva es una alternativa de producción para la economía de muchos países, ya que presenta buenas perspectivas e interés en los mercados internacionales, lo cual se deriva de las características nutricionales y propiedades medicinales que posee el fruto. Los principales productores de *Physalis peruviana* L. a nivel mundial son: Colombia, Kenia, Zimbabwe, Australia, Nueva Zelanda, India y Ecuador. Araujo (2009) indicó que desde el 2002 Colombia es el mayor productor de *Physalis peruviana* L. en el mundo seguido por Sudáfrica, Zimbabwe y Kenia (en África); otros competidores son Ecuador, Perú, Bolivia y México. Se cultiva en menor cantidad en: Estados Unidos, Brasil, Venezuela, Bolivia, Perú, Chile, México, Belice, Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá. Los principales países que compran este producto son: Holanda, Alemania, Francia, Inglaterra, España, Bélgica, Suiza, Canadá, Estados Unidos, Reino Unido, Italia, Brasil, Rusia, Turquía y Japón.

2.5 CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS

Fischer *et al.* (2000) mencionaron que *Physalis peruviana* L. se adapta fácilmente a una amplia gama de condiciones agroecológicas. El rango de altitud más adecuada para una producción orgánica en el Perú está entre 2700 a 3000 m.s.n.m. Las condiciones agroclimáticas son muy variadas (Brito, 2002) pero se encuentran dentro de los rangos de temperatura: 8 - 20 °C, altitud: 1300 - 3500 m.s.n.m., suelo: Arcilla-arenoso, de estructura granular. El pH varía de 5-7, y una humedad de 50 – 80 por ciento y sus limitantes son las sequías, vulnerabilidad en épocas críticas del cultivo, vientos fuertes, heladas, etc.

2.5.1 Suelo

Puede crecer en suelos bien drenados, pero lo hace mejor en los limosos, arenosos o pedregosos, con pH de 5.0-6.5 (Morton, 1987; Abak *et al.*, 1994; Chia *et al.*, 1997), prefiere suelos bien drenados, profundos, sin excedentes de agua, no tolera los suelos arcillosos ya que tiene raíces superficiales y es muy susceptible a los encharcamientos. Prospera mejor en suelos ligeramente ácidos, produciendo un mayor número y diámetro de frutos por planta, también mayor contenido de pectina (MINCETUR, 2009). En cuanto a la salinidad esta puede variar de 2-4 en conductividad eléctrica, lo cual significa que es ligeramente salino, este nivel de sales no significa una limitación para el cultivo de aguaymanto, debido a que un bajo nivel de sales estimula el crecimiento de la planta (Guerrero *et al.*, 2016). El crecimiento de las plantas es muy vigoroso en los suelos aluviales fértiles, igual que en condiciones protegidas, lo que retarda la maduración de los frutos (Morton, 1987) y afecta negativamente el rendimiento y la calidad de éstos (Palme, 2002).

2.5.2 Temperatura

El cultivo se desarrolla con temperaturas mínimas de 13-15 °C y óptimas entre 27 y 30 °C, presenta susceptibilidad a temperaturas extremas mayores de 35 °C, dañan la floración y fructificación, y las temperaturas nocturnas inferiores de 10 °C impiden que la planta prospere (Chia *et al.*, 1997). Esta especie no resiste las heladas, pero tiene cierta tolerancia a bajas temperaturas y puede rebrotar después de una helada poco severa (Chia *et al.*, 1997), pero no se recupera si la temperatura es menor de - 0.75 °C (Morton, 1987).

2.6 BIOLOGÍA FLORAL

Physalis peruviana L. es predominantemente autógena (Legge, 1974), la polinización cruzada ocurre en magnitudes restringidas. Consiglio y Bourne (2001) mencionaron que el calor puede servir para atraer a los insectos hacia una flor abierta a través de la volatilización del aroma floral durante la antesis y también ayuda a mantener un período de máxima receptividad del estigma, en el 85 por ciento de las flores la primera antera fue dehiscente al día siguiente de la apertura floral y los granos de polen tuvieron 97 por ciento de viabilidad a los 35

días, en conclusión el estigma fue receptivo antes de la apertura de la flor. Lagos *et al.* (2008) observaron que en invernadero *Physalis peruviana* L. presentó polinización mixta con 54 por ciento de polinización cruzada.

Mazorra *et al.* (2006) reportaron a partir de sus observaciones de campo que la duración aproximada del estado de botón floral está entre 18 a 21 días y de flor de 2 a 3 días, contados a partir de la aparición de un primordio floral de 2 mm de longitud por 1 mm de diámetro. Durante este periodo, el botón muestra un crecimiento externo que alcanza dimensiones aproximadas a 1,4 cm de longitud por 1.0 cm de diámetro, antes de pasar al estado de post anthesis, donde se observa que la corola sobresale del cáliz.

Indudablemente, la existencia de flores hermafroditas representa una gran ventaja para superar muchos de los factores negativos citados ya que se espera la coordinación en el desarrollo de las diferentes partes de una misma flor ante las mismas condiciones ambientales. Asimismo, el hermafroditismo asegura la autogamia y la consanguinidad, las angiospermas han desarrollado una serie de mecanismos que facilitan la polinización cruzada con el fin de asegurar la diversidad (Martinez *et al.*, 2013).

2.7 CARACTERÍSTICAS DEL GRANO DE POLEN DE *Physalis Peruviana* L.

Lagos *et al.* (2005), concluyeron que la especie está en proceso de evolución y por ello se presentan diferentes números cromosómicos, encontrando estos niveles de ploidía: 24, 36 y 48 y en baja frecuencia se observaron NC = 32, 38 y 40.

Quiros (1984) reportó que el número básico de cromosomas del género *Physalis* es $x=12$ y que la mayoría de las especies son diploide. De las especies cultivadas, solamente *Physalis peruviana* L. es un tetraploide. Lagos *et al.* (2006), reportaron la variación en el número de cromosomas en algunos ecotipos de la especie, desde $2n = 24$ hasta $2n = 48$, número básico probable de $X = 12$. El ecotipo colombiano, presenta 32 cromosomas, 8 cromosomas como número básico, este ecotipo sería

tetraploide 4x. Rodríguez y Bueno (2006) y Sánchez *et al.* (2014) encontraron dotaciones cromosómicas de $2n = 4x = 48$.

Carbajal (2018), determinó el número cromosómico de tres ecotipos de *Physalis peruviana* L., encontrándose que para todos los ecotipos se reporta células con $2n = 4x = 48$, sin embargo, el porcentaje de células que presentan este número cromosómico no equivale al 100 por ciento de las células contabilizadas: San Pablo con 60 por ciento, 50 por ciento Celendín y 27 por ciento Cajabamba. El porcentaje restante de células presenta aneuploidía somática, con las siguientes variaciones: San Pablo $2n=44, 46, 50, 52$ y 82 ; Celendín $2n=24, 46, 50, 52$ y 80 ; Cajabamba $2n=26, 44, 46, 50, 52, 54$ y 62 . La información obtenida nos permite señalar que los tres ecotipos presentan un número $2n=4x=48$ cromosomas, asumiéndose tetraploide en base al número de cromosomas encontrados. Los resultados obtenidos, coinciden con lo citado por otros autores, quienes señalan que *Physalis peruviana* L. está en proceso de evolución debido a que es un cultivo que ha pasado de ser una planta silvestre a ser una planta cultivada en muy corto tiempo.

Rodríguez y Bueno (2006) comprobaron la diversidad citogenética de *Physalis peruviana* L. las diferencias cromosómicas en los ecotipos cultivados y silvestres (ancestrales) presentes en Colombia. La diversidad se constató en las variaciones relacionadas con el número superior y morfología de los cromosomas en los ecotipos estudiados. Los ecotipos silvestres La Calera, Choachí y Villa de Leyva presentaron una dotación de 24 cromosomas, mientras el ecotipo Colombia presentó 32 y Kenia 48 cromosomas. Estas variaciones genéticas repercuten en las características fenotípicas, justificando una relación directamente proporcional entre el nivel de ploidia y el tamaño o número de diversos caracteres del fruto y de la planta.

2.8 POLINIZACIÓN Y FERTILIZACIÓN

Martinez *et al.* (2013) afirmaron que la polinización se ve afectada por las características ambientales, principalmente por la temperatura y la humedad relativa. Por otro lado, Bermejo (2011) aseveró que cuando las anteras se tornan dehiscentes, los granos de polen son transferidos al estigma por los insectos o la

mano del hombre. Una vez en contacto con el estigma, los granos de polen germinan formando el tubo polínico. La velocidad de crecimiento de los tubos polínicos es de gran importancia, puesto que los óvulos maduros tienen un período de vida limitado y la fertilización que llevarán a cabo los gametos masculinos tiene que producirse a lo largo de este período para asegurar la fecundación. El desarrollo de los frutos normalmente depende de la germinación de los granos de polen en el estigma (polinización), o de la polinización junto con la fecundación posterior (Martinez *et al.*, 2013).

2.9 CITOGENÉTICA DEL GRANO DE POLEN

2.9.1. Origen del grano de polen

2.9.1.1 Microsporogénesis

El proceso de gametogénesis se lleva a cabo en el androceo de la flor y en el interior de los sacos polínicos de las anteras se encuentran localizadas las células madre del polen, microsporocitos primarios o células madre diploides (dos juegos cromosómicos) se dividen por meiosis, formando en esta primera división un par de células haploides (un juego cromosómico) o microsporocitos secundarios. La segunda división meiótica dará lugar a cuatro microsporas haploides que se mantienen juntas rodeadas por una pared de calosa constituyendo la denominada tétrada. En esta etapa de tétrada tienen lugar distintos procesos, uno de ellos es la formación de la exina (Pintos *et al.*, 2014).

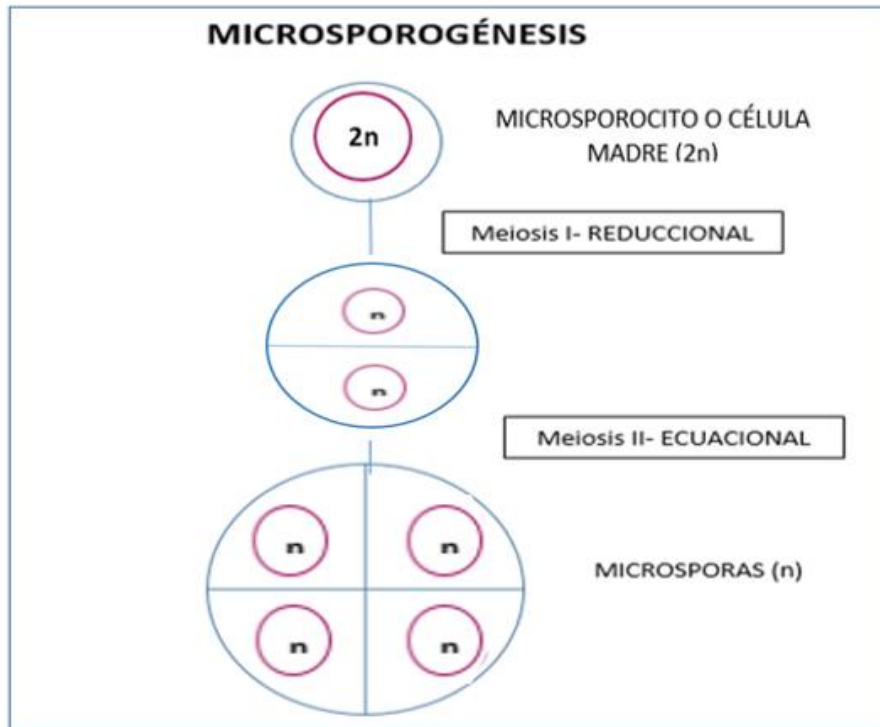


Figura 1: Microsporogénesis
Fuente: Elaboración propia

2.9.1.2 Microgametogénesis

Cada microspora haploide formada en la Microsporogénesis pasa por una división mitótica conocida como cariocinesis, ya que sólo se divide el núcleo, dando como resultado una célula con dos núcleos haploides (n) idénticos (núcleo generativo y núcleo vegetativo o tubular), generalmente en este estadio los granos de polen son esparcidos. Una vez que el tubo polínico germina, el núcleo generativo se divide en una segunda cariocinesis y forma los dos núcleos espermáticos, el otro núcleo no se divide, se mantiene como núcleo vegetativo o tubular (Wallace *et al.*,1991).

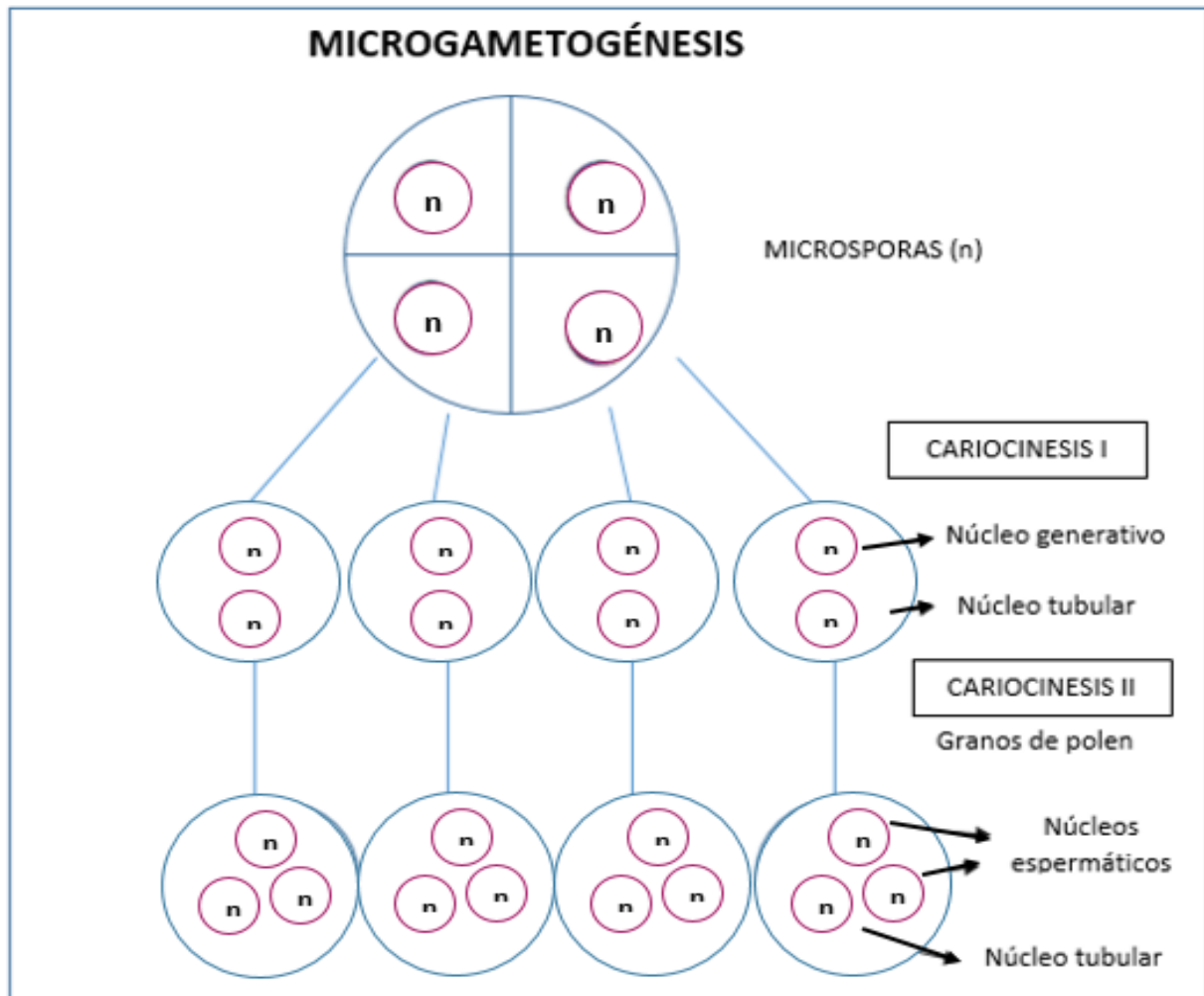


Figura 2: Microgametogénesis.
Fuente: Elaboración propia.

2.9.2. Doble fertilización

Luego de la germinación del tubo polínico, este continúa creciendo y entra al óvulo a través del micrópilo. Los dos núcleos espermáticos son entonces liberados dentro de la sinérgida. El saco embrionario contiene 8 núcleos y cada uno con una dotación haploide de cromosomas. Los dos núcleos cerca al centro del saco embrionario son referidos como núcleos polares; la célula huevo u oosfera está situada cerca al micrópilo. La doble fertilización comienza cuando un núcleo espermático (σn) entra en la oósfera ($\text{♀}n$) resultando el huevo o cigoto diploide ($2n$), que luego se desarrolla en embrión y el otro núcleo espermático (σn) se une a los dos núcleos polares ($n+n$), a este proceso se le conoce como fusión triple y da como resultado la formación del tejido nutritivo llamado endosperma ($3n$), el embrión pasa por sus primeras etapas de desarrollo mientras se encuentra dentro

del ovario de la flor, los integumentos se desarrollan en la cubierta de la semilla finalmente el ovario madura y se transforma en fruto (Bermejo, 2011).

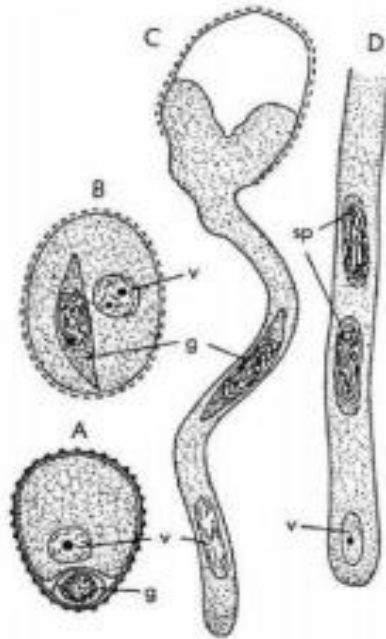


Figura 3: Germinación de un grano de polen. Célula vegetativa (con su núcleo v) y célula generativa g en el grano de polen (A-B) y en el tubo polínico C extremo del tubo polínico (D) la célula generativa se ha dividido en dos células espermáticas
Fuente: Strarburger *et al.*, 1997

2.9.3. Estructura del grano de polen

El grano de polen está formado por dos capas: la interior (intina), que limita con la célula polínica y la exterior (exina) que rodea a la intina. La exina le confiere características de resistencia, mientras que la intina forma una capa continua, no interrumpida alrededor de todo el grano de polen, pero no es muy resistente, ya que se degrada fácilmente (Bermejo, 2011).

2.9.4. Grano de polen como célula sexual

Su principal función biológica es alcanzar la parte femenina de una flor de su misma especie y hacer posible la fecundación de la ovocélula. En algunas especies (plantas autógamas) el polen puede realizar su función en la misma flor o en la misma planta que los ha formado, pero en la mayoría de las especies (plantas alógamas), el polen solo es viable si alcanza una ovocélula de otra planta de su

misma especie (Belmonte y Roure, 2010). Una vez que el polen es liberado por las anteras, se vuelve un organismo frágil y sensible a las condiciones externas, ya que la apertura de las anteras en la maduración se acompaña de una pérdida de agua por parte del grano de polen, lo cual reduce considerablemente su metabolismo, sin embargo, este metabolismo reducido favorece su dispersión y le permite sobrevivir durante el transporte hacia el estigma femenino, en el cual se rehidrata para poder germinar (Lillo *et al.*, 2006).

2.9.5. Características del grano de polen de *Physalis peruviana* L.

Las unidades del polen son las agrupaciones que se producen en el interior de los sacos polínicos durante la madurez de los mismos. La mayor parte de ellos, en su madurez forman granos solitarios o “mónadas”, pero en muchos casos los granos de polen maduros permanecen unidos en: díadas, tétradas, pseudomónadas o criptotétradas, poliadas, masulas y polinias (Camadro, 1986). Los granos de polen en *Physalis peruviana* L. mostraron un arreglo tetraedral y tricolpado, la placentación es de tipo axial, biloculada y bilobulada (Lagos *et al.*, 2005).

Lagos *et al.* (2005) determinaron que la antera es de color morada y forma oblonga con una longitud de $4,1 + 0,32$ mm. Cada antera se divide en dos tecas de $1,5 + 0,21$ mm de ancho. Cada estambre consta de un filamento de color morado claro, cilíndrico, el cual se encuentra en la base de los pétalos y posee un diámetro de $0,6 + 0,08$ mm y una longitud de $5,6 + 0,74$ mm y determinó la formación del grano de polen con 20 flores después de la apertura floral, separando cada verticilo floral para su observación al estereoscopio del androceo, en el que determinó:

Estructura de la antera joven (Figura 4): Los cortes transversales de las anteras de uchuva a los 10 días (Figura a y b) y a los 30 días (Figura c), permiten diferenciar que la antera joven está constituida por un tejido meristemático homogéneo. En la figura a, el tejido señalado corresponde a las células precursoras de las microsporas y el a3 el lado más oscuro son células del endotecio, rodeado por la protodermis (a4). El a2 corresponde al filamento, el cual termina en la antera. Durante el desarrollo de la antera, se da la especialización de las células que originarán cuatro futuros microsporangios o sacos polínicos (dos por antera, Figura b-b3). Este proceso de diferenciación de tejidos tiene lugar durante el primer estado de desarrollo del botón floral (diez días), aquí se forman los sacos polínicos tetralobulados que tienen masa de células que formarán a los granos de

polen, rodeados por una capa de tejido nutritivo llamado tapete o tapetum (b1). En este estado ya se hace notorio el opérculo (b4), por el cual sucede la dehiscencia de la antera. A los 30 días de desarrollo, la antera ya está completamente desarrollada, observándose granos de polen (Figura c-c1), rodeados por el estrato mecánico (c3) el cual en el momento de la dehiscencia se contrae y se arquea hacia fuera permitiendo la salida del polen por el punto de unión de los sacos polínicos; en la parte externa los protege la epidermis(c2).

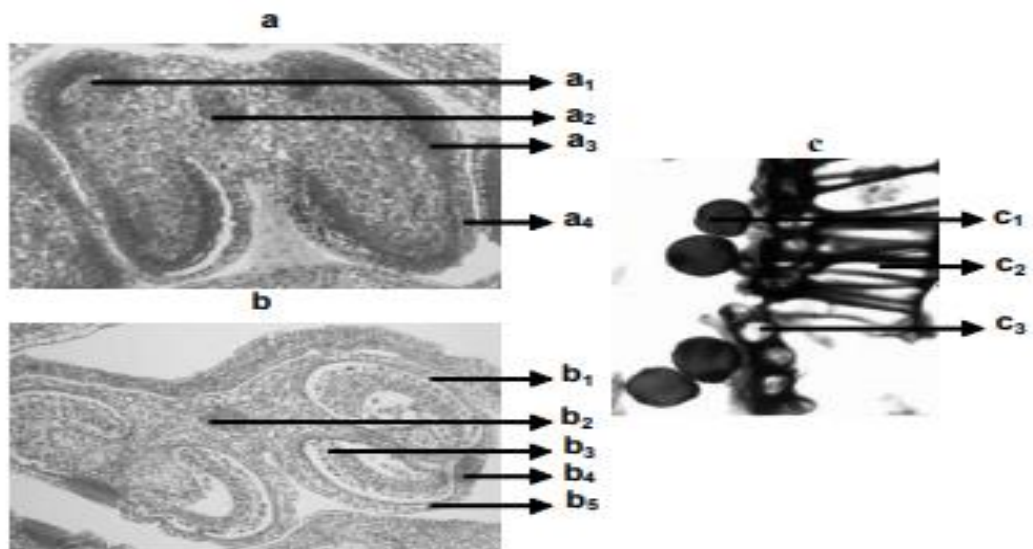


Figura 4: Anteras de *Physalis peruviana* L. en diferentes estados de desarrollo. a: Inicio de la formación de los sacos polínicos, a₁: Células precursoras de microsporas, a₂: Procambium, a₃: Células precursoras del endotecio, a₄: Protodermis. b: Antera joven con un saco polínico formado que contiene microsporas, b₁: Tapete, b₂: Haces vasculares, b₃: microsporas, b₄: Opérculo, b₅: Exotecio. c: Antera con grano de polen a los 30 días, 20X, c₁: Grano de polen, c₂: Epidermis, c₃: Estrato mecánico.

Fuente: Lagos *et al.*, 2005.

En la figura 5 se detalla la formación y desarrollo del grano de polen. Durante los primeros diez días de desarrollo se llevan a cabo la mitosis postmeiótica (figura a2) y la formación de las microsporas; 20 días después se observaron granos de polen en proceso de maduración (Figura b) y a los 30 días los granos de polen completamente formados (Figura c). En el interior del saco polínico primero se forma el tejido esporógeno, cuyas células, por sucesivas divisiones mitóticas (Figura a1) constituyen las células madres de las microsporas o microsporangios. Cada célula madre de las microsporas es diploide. Las dos divisiones meióticas dan lugar a una tétrada de microsporas (Figura a4), cada célula es haploide y

representa la primera etapa de la generación del gametofito masculino. En la segunda etapa, las microsporas de las tétradas terminan conformando los granos de polen (Figura b y c). La pared del grano tiene algunas características en su estructura como el estar provista de tres hendiduras llamadas colpos (Figura c2) propias de un polen tricolpado.

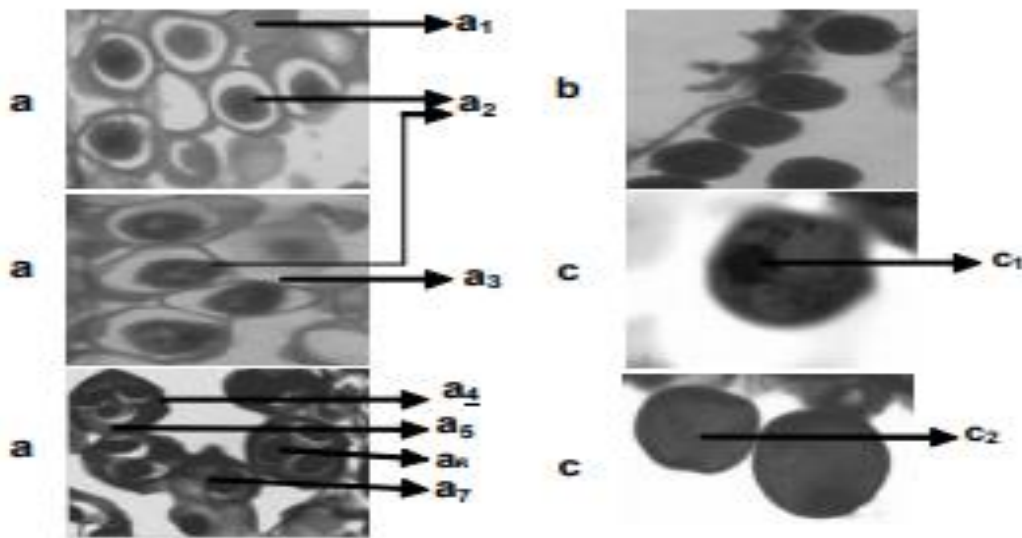


Figura 5: Génesis y estados de maduración de los granos de polen. a: Polen de 10 días, 100X, a₁: Célula madre del polen, a₂: Diferentes fases de la mitosis postmeiótica, a₃: Membrana plasmática, a₄: Arreglo tetraedral, a₅: Calosa, a₆: Microsporas con células haploides, a₇: Granos de polen estéril. b: Polen de 20 días inmaduro, 20X. c: Polen de 30 días, 40X, c₁: Grano de polen completamente formado, c₂: Polen tricolpado.

Fuente: Lagos *et al.*, 2005.

2.10 IMPORTANCIA DEL FÓSFORO EN LA PLANTA

El fósforo (P) es uno de los 17 nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Sus funciones no pueden ser ejecutadas por ningún otro nutriente y se requiere un adecuado suplemento de P para que la planta crezca y se reproduzca en forma óptima. El P se clasifica como un nutriente primario, razón por la cual es comúnmente deficiente en la producción agrícola y los cultivos lo requieren en cantidades relativamente grandes. La concentración total de P en los cultivos varía

de 0.1 - 0.5 por ciento. Las plantas absorben al P como fosfato primordialmente y se representa por la fórmula P_2O_5 .

2.10.1 Absorción y transporte de fósforo

El P penetra en la planta a través de las capas externas de las células de los pelos radiculares y de la punta de la raíz. La absorción también se produce a través de las micorrizas, que son hongos que crecen en asociación con las raíces de muchos cultivos. El P es absorbido por la planta principalmente como ion orto fosfato primario ($H_2PO_4^-$), pero también se absorbe como ion fosfato secundario (HPO_4^{2-}), la absorción de esta última forma se incrementa a medida que se sube el pH, pero es fácil que precipite con otros elementos como el Ca^{+2} , Mg^{+2} , etc. Una vez dentro de la raíz, el P puede quedarse almacenado en esta área o puede ser transportado a las partes superiores de la planta. A través de varias reacciones químicas el P se incorpora a compuestos orgánicos como ácidos nucleicos (ADN y ARN), fosfoproteínas, fosfolípidos, enzimas y compuestos fosfatados ricos en energía como la adenosina trifosfato (ATP). El P se mueve en la planta en forma de iones orto fosfato y como P incorporado en los compuestos orgánicos formados. De esta forma el P se mueve a otras partes de la planta donde estará disponible para más reacciones.

2.10.2 Reacciones de energía en la planta

El P juega un papel vital en todos los procesos que requieren transferencia de energía en la planta. Los fosfatos de alta energía, que son parte de la estructura química de la adenosina difosfato (ADP) y del ATP, son la fuente de energía que empuja una multitud de reacciones químicas dentro de la planta. La transferencia de los fosfatos de alta energía del ADP y ATP a otras moléculas (proceso denominado fosforilación), desencadena una gran cantidad de procesos esenciales para la planta.

2.10.3 Fotosíntesis

La reacción química más importante en la naturaleza es la fotosíntesis, esta reacción utiliza energía luminosa, en presencia de clorofila, para transformar el dióxido de carbono y el agua en azúcares simples. En este proceso, la energía solar es capturada en el ATP e inmediatamente este compuesto está disponible como

fuerza de energía para muchas otras reacciones dentro de la planta. Por otro lado, los azúcares formados se usan como bloques para construir otras células estructurales y compuestos para almacenamiento.

2.10.4 Transferencia genética

El P es un componente vital de las sustancias que forman los genes y cromosomas. De esta forma, este elemento es parte esencial de los procesos que transfieren el código genético de una generación a la siguiente, por lo tanto, provee el mapa genético para todos los aspectos de crecimiento y reproducción de la planta.

Además, la organización de las membranas celulares está determinada por las características de sus componentes, fundamentalmente por los lípidos fosfoglicéridos o glicerofosfolípidos, que son los lípidos más abundantes (representan más del 70 por ciento) de las membranas celulares y estructuralmente constan de tres partes: dos cadenas de ácidos grasos, glicerol, un ácido fosfato al que se unen moléculas de diversa naturaleza y que aportan gran parte de la variabilidad de estos lípidos. El glicerol hace de puente entre los ácidos grasos y la parte hidrofílica (afinidad por el agua). Este componente hidrofílico está formado por un grupo fosfato al que se pueden unir una variedad de moléculas, tales como la etanolamina, colina, serina, glicerol, inositol, el inositol 4,5-bisfosfato, etcétera. Estos componentes son los que dan nombre a los distintos tipos de glicerofosfolípidos. El tipo fosfatidilcolina representa más del 50 por ciento de los fosfoglicéridos en las membranas eucariotas (Megías *et al.*, 2017).

2.11 INFLUENCIA DEL FÓSFORO EN LA VIABILIDAD DEL GRANO DE POLEN

La viabilidad del grano de polen depende de factores medioambientales, tales como fotoperiodo, irradiación, temperatura, humedad relativa o alguna interacción entre estos factores (Cecich 1997). También, condiciones ambientales no idóneas en la planta madre, como polución, pH alto y fertilización, podrían inhibir la germinación del polen (Bellani y Paoletti 1992).

El adecuado suplemento de P es esencial para el desarrollo de nuevas células y para la transferencia del código genético de una célula a otra, a medida que se

desarrollan nuevas células. Abundante cantidad de P se acumula en las semillas y en el fruto donde es esencial para la formación y desarrollo de la semilla.

El P también forma parte de la fitina, que es la principal forma de almacenamiento de P en la semilla. Alrededor del 50 por ciento del P total en las semillas de las leguminosas y del 60 – 70 por ciento en los cereales, se almacena como fitina o compuestos muy parecidos. Un mal suplemento de P puede reducir el tamaño, número y viabilidad de las semillas (Doyle *et al.*, 1999).

El fósforo es un nutriente móvil dentro de la planta y puede ser transportado de los tejidos más viejos hacia los rebrotes. En la época de fructificación las necesidades de este nutriente ocurren principalmente por movilización de reservas en la planta (Malavolta, 2006). La concentración de P en hojas generalmente es mayor en los primeros estadios de desarrollo ya que éste se concentra en las partes vegetativas y a medida que aumenta el ciclo del cultivo, tiende a ser destinado a las partes reproductivas para promover el desarrollo de flores y frutos (Marschner, 1995). Un bajo suministro de P en la planta produce pobre floración, rendimientos bajos, maduración tardía y bajo contenido de azúcar en frutos (Thomé y Osaki, 2010).

2.12 EFECTO FÓSFORO EN LA PRODUCCIÓN DE FLORES DEL AGUAYMANTO (*Physalis peruviana* L.)

La producción comercial de frutos de tomate para industria fue incrementada con la adición de P hasta la dosis de 150 kg/ ha de P₂O₅, pero esta fertilización no influyó en la calidad de los frutos (Coutinho *et al.*, 2014). Arshad y Rashid (1999) observaron que los tratamientos con superfosfato dió mejores resultados, aumentó el número de flores de tomate, lo que podría proporcionar un mayor número de frutos por planta.

En la época de fructificación las necesidades de este nutriente ocurren principalmente por movilización de reservas en la planta (Malavolta, 2006). La concentración de P en hojas generalmente es mayor en los primeros estadios de desarrollo ya que éste se concentra en las partes vegetativas y a medida que aumenta el ciclo del cultivo tiende a ser destinado a las partes reproductivas para promover el desarrollo de flores y frutos (Marschner, 1995). Un bajo suministro

de P en la planta produce pobre floración, rendimientos bajos, maduración tardía y bajo contenido de azúcar en frutos (Thomé y Osaki, 2010).

Silva *et al.* (2015) probaron la influencia del fósforo en la producción de flores de aguaymanto, el diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar en arreglo factorial 3 x 3, con dos factores en tres niveles, el primer factor correspondió a las fuentes de fertilización: urea, superfosfato triple (SPT) y cloruro de potasio (KCl) y el segundo factor consistió en las dosis de aplicación (kg/ha): 80, 150 y 300, para un total de nueve tratamientos, en tres repeticiones y 27 unidades experimentales. Los fertilizantes fueron aplicados en dosis iguales al momento del trasplante y 30 días después, antes de la floración. La relación entre absorción de nutrientes NPK y rendimiento indicó que las dosis recomendadas para *Physalis peruviana* L. son 300 kg/ha de urea, 150 kg/ha de SPT y 300 kg/ha de KCl para las condiciones del Altiplano de Pasto tal y como se muestra en la figura 6.

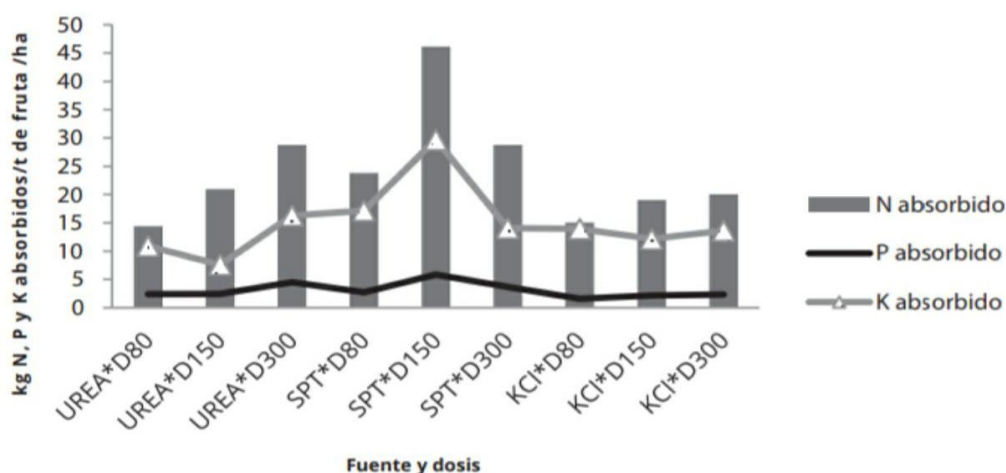


Figura 6: Niveles de nutrientes absorbidos por toneladas de frutas.
Fuente: Silva *et al.*, 2015.

Según Fischer y Almanza (1993), los requerimientos de N, P y K de *Physalis peruviana* L. pueden ser de 80 kg/ha/ año.

En la figura 7 se observa que García *et al.* (2008) encontraron respuesta favorable a la acción del KH_2PO_4 al 0,5 por ciento, ya que el porcentaje de estructuras reproductivas se incrementó empleando menor tiempo para la formación de cada una de estas estructuras, a diferencia de los otros tratamientos con fertilizantes

foliares aplicados en la inducción floral de la feijoa o goiabeira serrana (*Acca sellowiana*) como: KNO_3 (Nitrato de Potasio 13-0-46® 1, 1,5 y 2 por ciento) y KH_2PO_4 (fosfato de potasio; Cosmofoliar 0-32-43®; 0,5, 0,75 y 1,0 por ciento) y la fitohormona ethephon (Ethrel® 48 SL; 100, 150 y 200 mg L-1). Este efecto estimulante en la fase reproductiva de la feijoa se atribuye, sobre todo, a la acción del fósforo. El número alto de botones florales y una abundante fertilidad están ligados a un óptimo suministro con fosfato, por ende, la deficiencia de este elemento origina floración más escasa (Agustí, 2003).

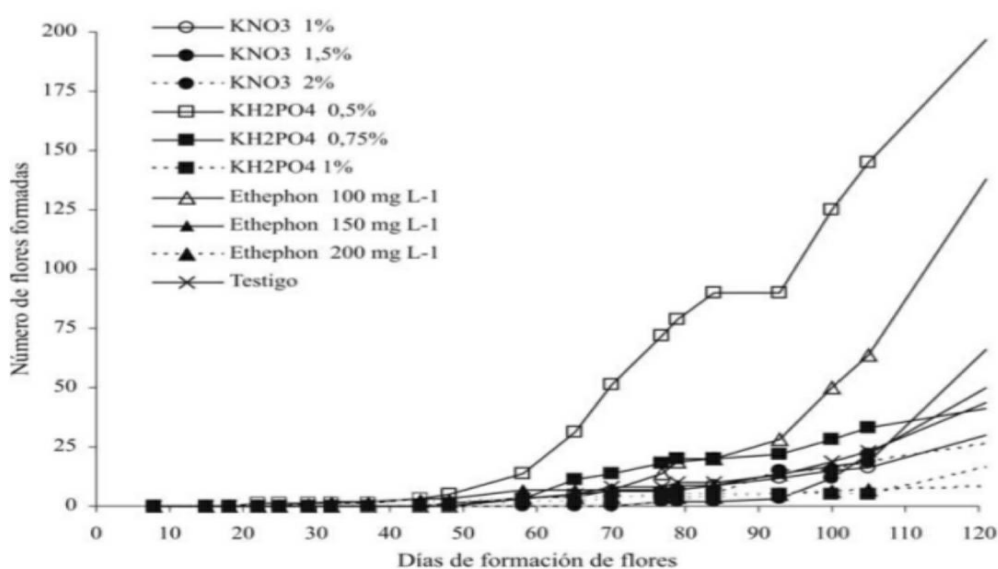


Figura 7: Número de flores formadas según fertilizante foliar utilizado.
Fuente: García *et al.*, 2008.

El balanceo adecuado de nutrientes y su disponibilidad hacen que este factor intervenga en la fecundación y cuajamiento de los frutos. El desarrollo de los frutos normalmente depende de la germinación de los granos de polen y del crecimiento del tubo polínico. La velocidad de crecimiento de los tubos polínicos es de gran importancia, ya que los óvulos maduros tienen un período de vida limitado y la fertilización que llevarán a cabo los gametos masculinos tiene que producirse a lo largo de este período para asegurar la fecundación. La polinización se ve afectada por las características ambientales, sobre todo la temperatura y la humedad relativa. Indudablemente, la existencia de flores hermafroditas representa una gran ventaja para superar muchos de los factores negativos. Por

otro lado, el hermafroditismo asegura la autogamia y la consanguinidad. Es por ello, que las angiospermas han desarrollado variaciones florales tendentes a facilitar la alogamia (polinización cruzada), con el fin de asegurar la diversidad (Martínez y Torres, 2013).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE INSTALACIÓN

La parte experimental de este trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del PIPS en cereales y granos nativos y en el Laboratorio de Análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina, ubicados en el distrito de La Molina en el departamento de Lima, altitud de 242 m.s.n.m.

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 MATERIAL VEGETAL

Se utilizaron dos ecotipos de aguaymanto, que pertenecen a la especie *Physalis peruviana* L., planta arbustiva que alcanza una altura de 1.6 m. con manejo de tutores puede llegar a más de 2 m, entrenudos cortos y hojas dentadas; su fruto es una baya de color amarillo dorado envuelto por un cáliz. Las semillas fueron obtenidas en la provincia de Celendín, de dos ecotipos comerciales: colombiano y cajamarquino.

3.2.2 FUENTES DE FÓSFORO

SUPERFOSFATOS:

Los superfosfatos, el simple tiene de 7 a 9,5 por ciento de P (16 a 22 por ciento de P_2O_5) y triple, 17 a 23 por ciento de P (44 a 52 por ciento de P_2O_5). Los superfosfatos son fertilizantes neutros y no tienen un efecto apreciable en el pH del suelo. Casi el 90 por ciento de la concentración de P del SPS, es soluble en agua y esencialmente todo es disponible para la planta, el superfosfato triple es fabricado tratando la roca fosfórica con H_3PO_4 .

FOSFATO DIAMÓNICO:

Es obtenido por un proceso de reacción húmeda del H_3PO_4 con NH_3 , contiene 18 por ciento de N y 46 por ciento de P_2O_5 . Su uso se ha incrementado significativamente debido a que la absorción del fósforo se incrementa cuando el amonio está situado junto con el fertilizante. Es granular y soluble en agua.

3.2.3 EQUIPOS DE LABORATORIO

| | |
|--|---|
| • Balanza electrónica (Marca: Mettler Toledo; Modelo: Mini Tiger 8434) | • Cámara de almacenamiento en frío a 5 °C (± 1.0 °C) |
| • Autoclave | • Microscopio |
| • Cámara germinadora | • Vibradores extractores de polen |

3.2.4 INSUMOS Y MATERIALES DE EVALUACIÓN

| | |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| • Agua destilada | • Tubos Eppendorf |
| • Acetocarmín al 2por ciento | • Etiqueta |
| • Agar | • Papel toalla |
| • Sacarosa | • Musgo esterilizado |
| • Nitrato de calcio | • Vasos precipitados 250 ml |
| • Sulfato de magnesio | • Fertilizantes |
| • Nitrato de potasio | • Placas Petri |
| • Ácido bórico | • Matraz |
| • Bolsas de papel kraft de 5 kg | • Arena fina esterilizada |
| • Bolsas de vivero de 1 kg y de 5 kg | • Sobres de papel kraft |

3.3 PROCEDIMIENTO

3.3.1 Almacigo

Se utilizó musgo autoclavado como sustrato, este fue el más adecuado por las condiciones óptimas de aireación y retención de agua que brinda para la germinación de las semillas de *Physalis peruviana* L. Las bandejas se desinfectaron con hipoclorito de sodio para eliminar cualquier estructura de propagación de patógenos. Se sembró el 20 de junio del 2018 en bandejas almacigueras de 13x8 celdas, se colocaron dos semillas por celda con el fin de

asegurar la germinación de 144 plántulas por ecotipo, y se cubrieron con plástico fino para crear mayor humedad y se mantuvieron en cámara germinadora a 25°C. Las semillas germinaron entre los 14 días y los 34 días de la siembra (Figura 9.1 y 9.2).

3.3.2 Primer trasplante a bolsas de un kg

Se llevó a cabo después de 34 días de la siembra, en el estadio de plantin, se utilizó como sustrato: arena fina de río y arena fina de ferretería, ambos sustratos se mezclaron y lavaron, dado que presentaban pH de 7.5 y conductividad eléctrica de 4.8; primero se lavó el sustrato con agua para bajar el pH a 6.5 y la conductividad eléctrica a 2.5 que es un rango adecuado para las condiciones de aguaymanto según Guerrero *et al.* (2016) , una vez que se estableció el pH y la CE se esterilizó el sustrato en el autoclave durante 45 minutos a 121°C y una atm. de presión en bolsas de papel kraft de 5 kg (Figura 8), posteriormente se colocó en bolsas de polipropileno de un kg y luego se trasplantaron los plantines con el propósito de mejorar el desarrollo de las raíces (figura 9.3).

3.3.3 Segundo trasplante definitivo, inicio del tratamiento

Se trasplantó en bolsas de polipropileno de cinco kg con arena esterilizada, se utilizó el mismo sustrato del primer trasplante y se realizó el mismo procedimiento de nivelación de pH , CE y finalmente de esterilización en la autoclave, a la profundidad de 30 cm. El segundo transplante se realizó a los 33 días del primer transplante, considerándose como el día cero, a partir del cual se dio inicio a los tratamientos. Cada tratamiento fue identificado con carteles de diferentes colores, se agruparon las cuatro repeticiones por tratamiento, dividiendo con paredes de plástico (figura 9.4 y 9.5) entre los tratamientos para evitar que el polen se combine. En total se tuvo 16 plantas por tratamiento.

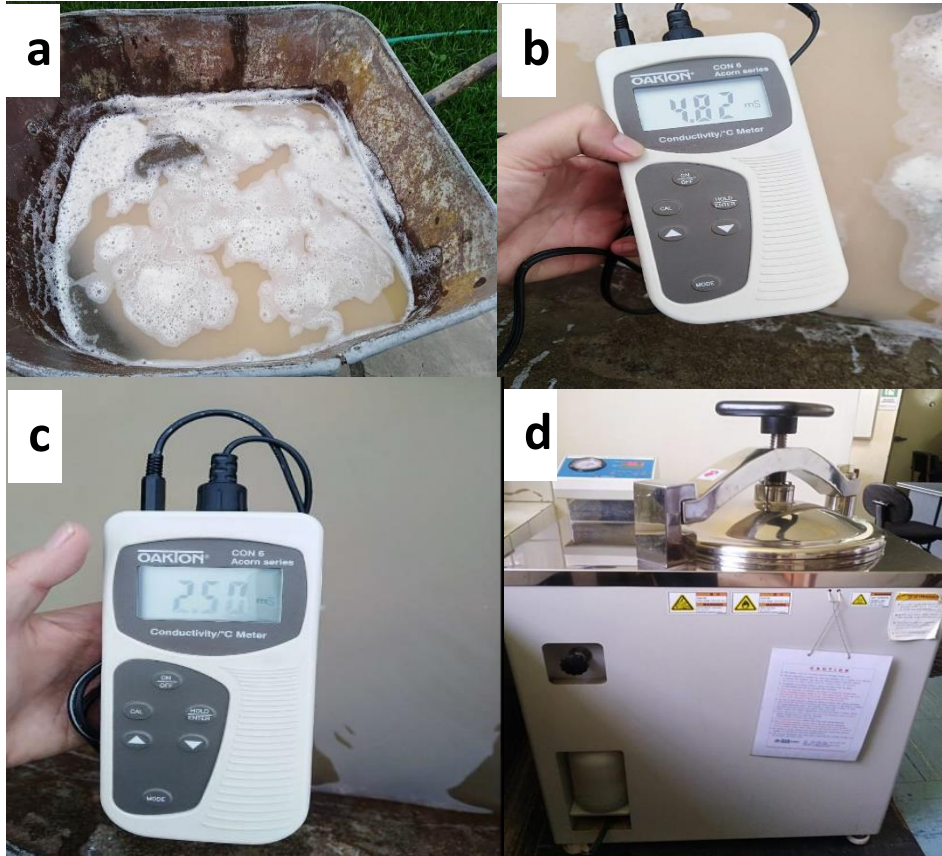


Figura 8 : Preparación del sustrato que se utilizó al momento de los trasplantes.

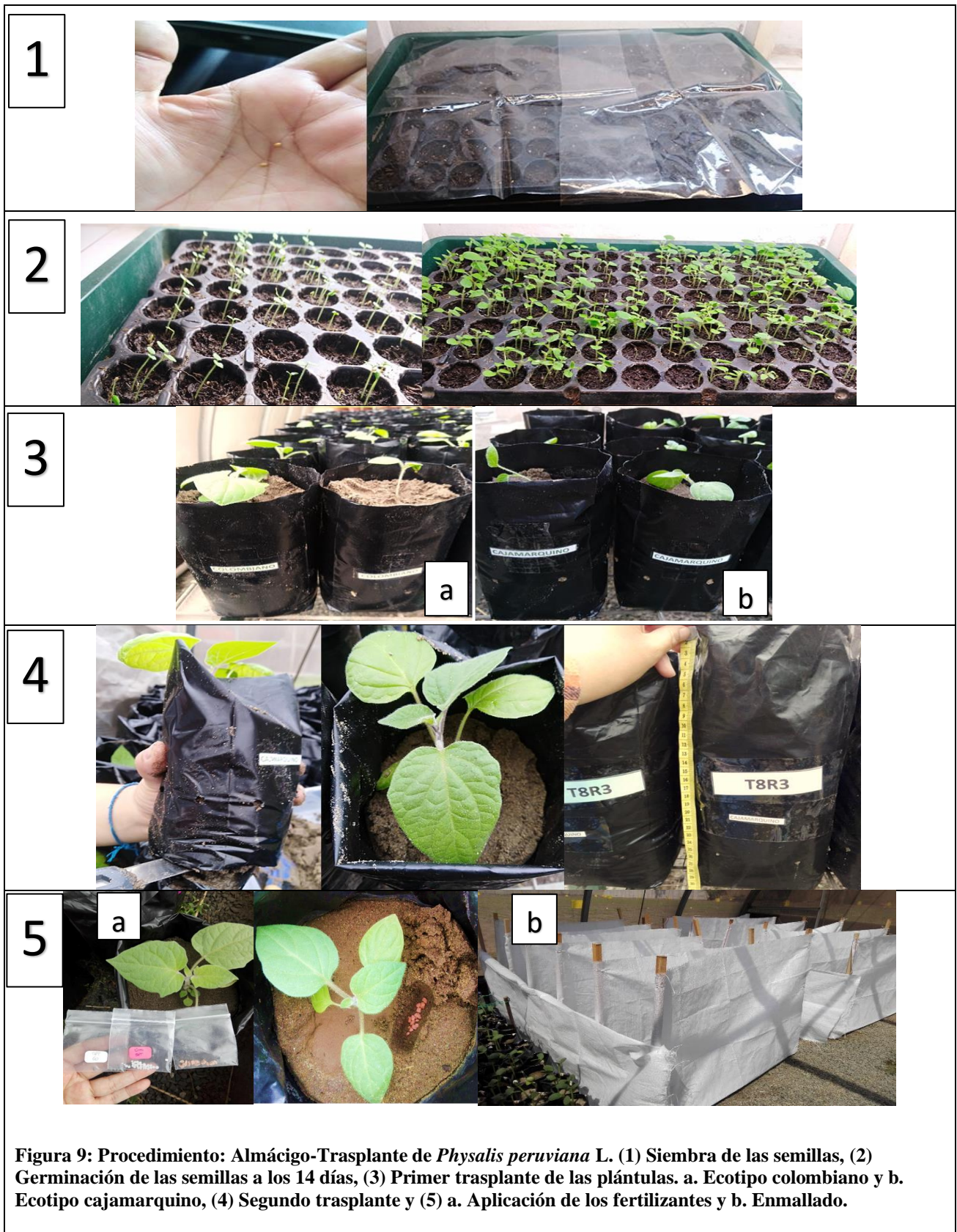


Figura 9: Procedimiento: Almacigo-Trasplante de *Physalis peruviana* L. (1) Siembra de las semillas, (2) Germinación de las semillas a los 14 días, (3) Primer trasplante de las plántulas. a. Ecotipo colombiano y b. Ecotipo cajamarquino, (4) Segundo trasplante y (5) a. Aplicación de los fertilizantes y b. Enmallado.

3.3.4 Aplicación de fertilizantes

Se fertilizó con las siguientes fórmulas de NPK: 140-0-220, 140-60-220, 140-120-220 y 140-180-220. Las fuentes de fertilizantes utilizados fueron: Urea (46 por ciento N), fosfato diamónico (18 por ciento N, 46 por ciento P₂O₅), superfosfato triple (46 por ciento P₂O₅) y cloruro de potasio (60 por ciento K₂O). Se realizó manualmente en tres momentos: la primera a los dos días después del segundo trasplante (29/08/18) aplicando 1/3 N, 1/2 P₂O₅ y 1/2 K₂O, la segunda a los 15 días después de la primera (13/09/18) con 1/3 N, 1/2 P₂O₅ y 1/2 K₂O y la tercera solamente con 1/3 de N a los 15 días después de la segunda (28/09/18), en la tabla 1 se describe la formulación NPK para los tratamientos. Los cálculos se realizaron teniendo en cuenta que la densidad aparente de la arena fina usada como sustrato es de 1,6 t/m³, el peso de capa arable se calculó en 2400 t/ha.

Tabla 1. Formulación NPK de los fertilizantes utilizados en el experimento

| Niveles | FORMULACIÓN N-P ₂ O ₅ - K ₂ O(kg/ha) | FERTILIZANTES (kg/ha) | | | | FERTILIZANTES (g/maceta) | | | |
|---------------|---|-----------------------|---------|-------|-----|--------------------------|-------|-------|--|
| | | UREA | FDA | KCl | | UREA | FDA | KCl | |
| BAJO | 140-60-220 | 253.31 | 130.435 | 366.7 | | 0.5269 | 0.271 | 0.763 | |
| NORMAL | 140-120-220 | 202.267 | 260.87 | 366.7 | | 0.4207 | 0.543 | 0.763 | |
| ALTO | 140-180-220 | 151.228 | 391.304 | 366.7 | | 0.3146 | 0.814 | 0.763 | |
| BAJO | 140-60-220 | 304.35 | 130.435 | 366.7 | SPT | 0.633 | 0.271 | 0.763 | |
| NORMAL | 140-120-220 | 304.35 | 260.87 | 366.7 | SPT | 0.633 | 0.543 | 0.763 | |
| ALTO | 140-180-220 | 304.35 | 391.304 | 366.7 | SPT | 0.633 | 0.814 | 0.763 | |

3.3.5 Evaluaciones en el laboratorio de biotecnología

En esta investigación, para evaluar la viabilidad de polen se realizó con polen recolectado del día(figura 10.2), para determinar la concentración de fósforo en el polen se tuvo que reunir mínimo 1 mg de polen , en esta variable se utilizó el método directo de colecta de polen , con la ayuda del vibrador eléctrico, el polen se extrajo directamente de las flores que se encontraban en su primer día de apertura florar depositándolos directamente en cápsulas de gelatina (Cotes, 2008) , en cápsulas el polen puede conservar su viabilidad por 20 días en nevera a 5°C (Nuñez, 2016).

3.3.5.1 Viabilidad del polen

Método de tinción (indirecto): Esta prueba mide la integridad del citoplasma: los granos de polen se colorean de color rojo cuando la membrana citoplasmática se encuentra íntegra, mientras que un citoplasma no coloreado o de color rosa indica un polen no viable o estéril (Ordoñez, 2014).

Al centro de un portaobjeto, se colocó una o dos gotas de acetocarmín, luego utilizando la punta de una aguja se extrajo el polen y se colocó en la lámina portaobjeto, el polen se mezcló con el colorante con ligeros movimientos circulares, luego se dejó reposar un minuto y lo cubrimos con la lámina cubreobjeto. Finalmente se observó en el microscopio.

Desarrollo del tubo polínico (directo)

Esta metodología nos permite observar al microscopio el porcentaje de grano de polen que desarrollan el tubo polínico después de un periodo determinado y medir la longitud del tubo polínico (figura 10.2). Los granos de polen fueron tomados de las anteras desde diferentes flores, en la etapa de antesis y fueron distribuidos en placas Petri con 35 ml de medio de cultivo (0.03 por ciento de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 0.02 por ciento de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.01 por ciento KNO_3 y 0.01 por ciento H_3BO_3), solidificado con 0.8 por ciento de agar, y con pH 7.0. Después de la inoculación, las placas fueron puestos bajo temperatura controlada ($27 \pm 1^\circ\text{C}$) en condiciones de oscuridad por 24 horas para realizar la cuenta del grano de polen germinado a través de la observación bajo el estereomicroscopio (Soares *et al.*, 2008).

3.3.5.2 Receptividad del estigma

La receptividad del estigma es la capacidad para recibir el polen, permitir que se adhiera, se hidrate y germine (Shivanna *et al.*, 1992). Esto puede determinarse mediante la evaluación de la presencia de enzimas peroxidasas (Kearns e Inouye, 1993).

Se estudió la receptividad del estigma durante el transcurso del día (10:00, 12:00, 14:00), cuando la flor estaba en apertura floral; se empleó el método de Osborn *et al.* (1988), que se basa en la reacción de la enzima peroxidasa al colocar 2-3 gotas de peróxido de hidrógeno al 40 por ciento sobre los estigmas de las flores, la producción de burbujas indica que el estigma esta receptivo (figura 10.3).



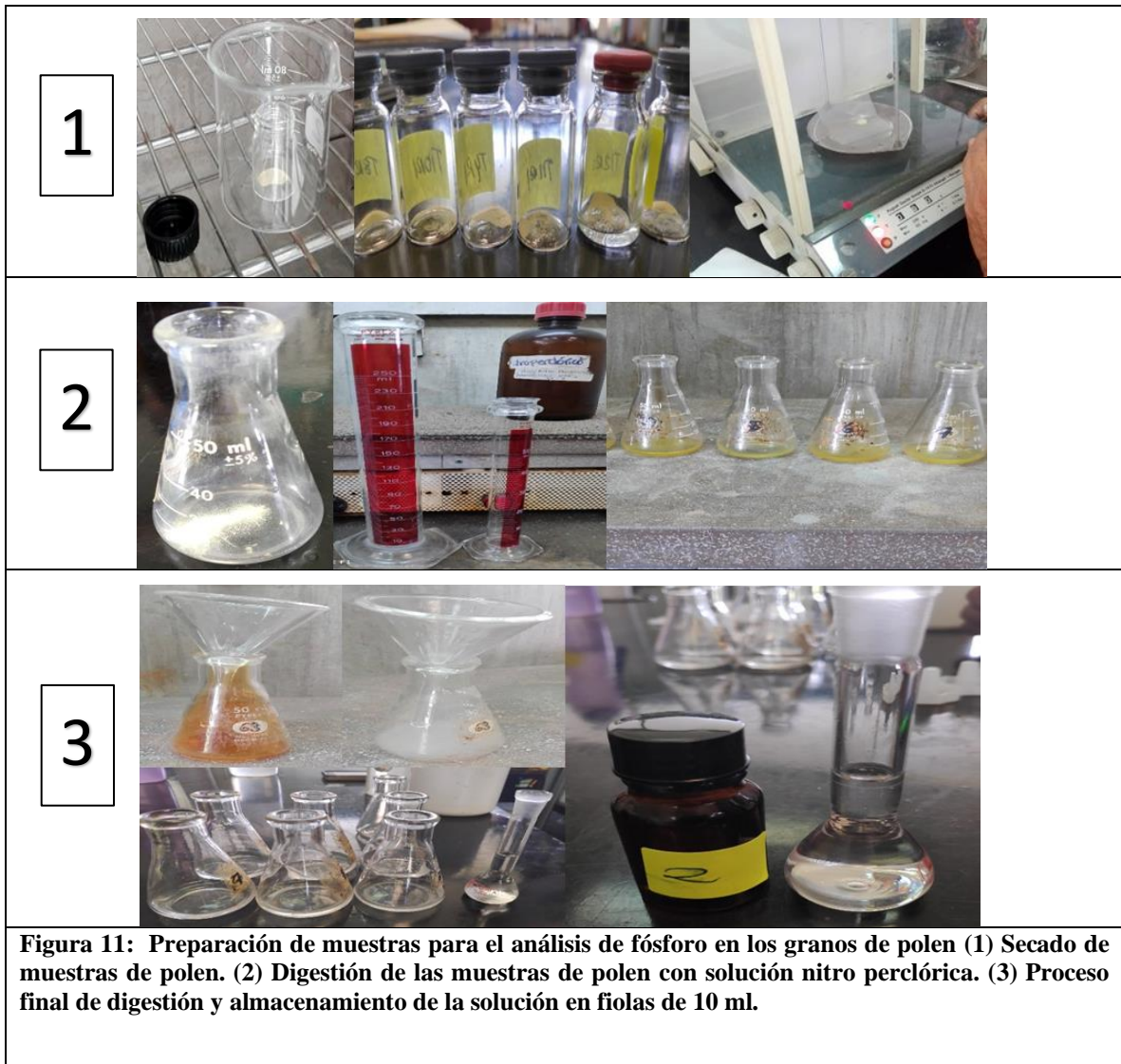
Figura 10: Evaluaciones en el laboratorio de biotecnología. (1) Procedimiento de colecta de polen. (2) Viabilidad del grano de polen método directo e indirecto. (3) Receptividad del estigma.

3.3.6 Evaluación en el laboratorio de suelos

3.3.6.1 Contenido de fósforo en el polen.

Se realizó la digestión en el Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas de la UNALM con solución nitro perclórica, primero se realizó el secado de la muestra de polen a 60°C por 24 horas, se colocaron las muestras de polen en un frasco de vidrio y luego estos fueron llevados a una estufa, posteriormente se colocaron en Erlenmeyer para luego agregar tres ml. de solución nitro perclórica, cuya concentración es cinco partes de ácido nítrico por una de ácido perclórico y fueron llevados a una estufa a 100°C hasta que la solución dentro del matraz tenga un color transparente; finalmente, se vació la solución en una fiola de 10 ml y se

enrasó con agua destilada. Luego se realizó la lectura de estas soluciones en ICP (Plasma de Acoplamiento Inductivo) por espectrometría de emisión atómica. El método sirve para la determinación de elementos totales en material sólido como alimentos, suelos, material vegetal, materia orgánica y muestras líquidas (figura 11).



3.3.7 Cosecha de frutos

Los frutos se cosecharon cuando estos presentaban un cáliz de color amarillo.

3.4 VARIABLES ESTUDIADAS

3.4.1 Viabilidad del polen

3.4.1.1 Método de tinción (indirecto): Se tomaron al azar diez campos ópticos (figura 12) en el microscopio electrónico a 400X, se contó la cantidad de granos de polen teñidos (viables) y transparentes (no viables) en un aproximado de 150 granos de polen por campo visual.



Figura 12: Tinción para determinar el polen viable-círculo verde y polen no viable-círculo negro.




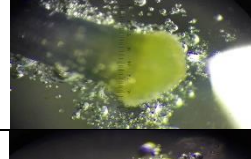

3.4.1.2 Desarrollo del tubo polínico (directo): Se tomaron al azar diez campos ópticos en el microscopio electrónico a 400X, por cada campo se midió el porcentaje de grano de polen germinado y aproximadamente había 100 unidades de grano de polen

3.4.1.2.1 Longitud del tubo polínico (directo): Se tomaron al azar cuatro campos ópticos en el microscopio electrónico a 400X, con ayuda del dinocapture se midió la longitud del tubo polínico de 25 granos de polen en cada campo y se obtuvo el promedio.

3.4.2 Receptividad del estigma

Se colectaron 5 flores recién abiertas en placas petri en tres diferentes horarios: a las 10 am, 12pm y 2 pm, luego se evaluó cada flor de la siguiente manera: se colocó en otra placa petri una flor sin pétalos y anteras, con 2-3 gotas de agua oxigenada al dos por ciento y se evaluó la formación de burbujas del uno al cinco, según la tabla 3.

Tabla 3: Descripción de intensidad de burbujeo para evaluar la receptividad del estigma

| INTESIDAD | NIVEL DE INTENSIDAD | | |
|-----------|---------------------|--|--|
| 1 | MUY BAJO | |  |
| 2 | BAJO | |  |
| 3 | MEDIO | |  |
| 4 | ALTO | |  |
| 5 | MUY ALTO | |  |

3.4.3 Contenido de fósforo en el polen.

Los datos se obtuvieron de la corrida en el ICP (Plasma de Acoplamiento Inductivo) en ppm.

3.4.4 Semillas/fruto

Se contó el número promedio de semillas de 5 frutos por planta, se cosecharon los frutos que presentaban el cáliz de color marrón (momento óptimo de cosecha), luego se cortó la fruta por la mitad y se comenzó a contar el número de semillas de cada parte.

3.4.5 Altura de planta

Se consideró la altura desde la base del tallo hasta el meristemo apical, se midió la altura de cuatro plantas por tratamiento.

3.4.6 Número de frutos/planta

Se contabilizaron los frutos de las 16 plantas por tratamiento.

3.4.7 Número de flores / planta

Se contabilizó la cantidad total de flores recién abiertas en las 16 plantas por tratamiento.

3.4.8 Variables de floración

Se registró el número de días hasta las siguientes etapas:

- Tiempo de iniciación de botones florales.
- Momento óptimo de cosecha (fruto cosechable).

3.5 DISEÑO ESTADÍSTICO EXPERIMENTAL ARIABLES ESTUDIADAS

En la presente investigación el diseño estadístico utilizado fue un DCA con arreglo factorial 4A2B2C, con cuatro repeticiones y cuatro plantas por unidad experimental (16 plantas por tratamiento), como se describe en la tabla 2. donde:

- Factor A: 4 Niveles de fósforo (0, 60, 120, 180 kg/ha)
- Factor B: 2 Fuentes fosfatadas (FDA y SPT)
- Factor C: 2 Ecotipos (colombiano y Cajamarquino)

Tabla 2: Descripción de tratamientos

| TRATAMIENTO | ECOTIPO | FUENTE DE P | NIVELES DE P (Kg/ha) |
|-------------|--------------|-------------|----------------------|
| Testigo 1 | Cajamarquino | 0 | 0 |
| Testigo 2 | Colombiano | 0 | 0 |
| T1 | Cajamarquino | FDA | 0 |
| T2 | Cajamarquino | FDA | 60 |
| T3 | Cajamarquino | FDA | 120 |
| T4 | Cajamarquino | FDA | 180 |
| T5 | Cajamarquino | SPT | 0 |
| T6 | Cajamarquino | SPT | 60 |
| T7 | Cajamarquino | SPT | 120 |
| T8 | Cajamarquino | SPT | 180 |
| T9 | Colombiano | FDA | 0 |
| T10 | Colombiano | FDA | 60 |
| T11 | Colombiano | FDA | 120 |
| T12 | Colombiano | FDA | 180 |
| T13 | Colombiano | SPT | 0 |
| T14 | Colombiano | SPT | 60 |
| T15 | Colombiano | SPT | 120 |
| T16 | Colombiano | SPT | 180 |

Análisis estadístico

El análisis de variancia se realizó cumpliendo con el supuesto de normalidad y de homogeneidad de varianzas con un alfa de 0.05 y la prueba de comparación de medias Tuckey. Para el procesamiento de los datos se utilizó el software estadístico R versión 3.6.1(R Core Team, 2019).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

La tabla 3 muestra los resultados del Análisis de Variancia (ANVA) para las diferentes variables estudiadas, donde hubo alta significación en las fuentes de variación utilizadas, lo que permite afirmar que la fertilización fosforada tuvo efecto en la viabilidad del grano de polen. De esta forma, este elemento es parte esencial de los procesos que transfieren el código genético de una generación a la siguiente, por lo tanto, el mal suplemento de P puede reducir el tamaño, número y viabilidad de las semillas (Doyle *et al.*, 1999). Niveles bajos de P en la planta produce pobre floración, rendimiento bajo, maduración tardía y bajo contenido de azúcar en los frutos (Thomé y Osaki, 2010).

Tabla 3. Resultado del análisis de variancia para las variables estudiadas en los ecotipos de aguaymanto (*Physalis peruviana*) bajo los tratamientos propuestos

| Variables | % Viabilidad | | Longitud del tubo polínico | Receptividad del estigma | | | N° días hasta botón floral | N° días hasta antesis | N° días hasta cosecha de frutos | N° de flores | N° de frutos | N° de semillas | Altura de planta | | |
|--------------------------|------------------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------|------|-----|----------------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------|--------------|----------------|------------------|-----|-----|
| | Desarrollo del tubo polínico | Grano de polen teñido | | 10am | 12pm | 2pm | | | | | | | 1° | 2° | 3° |
| Ecotipos | *** | *** | | *** | | *** | *** | *** | * | *** | *** | *** | ** | *** | *** |
| Fuente de P | *** | *** | *** | *** | | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| Niveles de P | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| Ecotipos/fuentes | | *** | *** | *** | | *** | *** | *** | | *** | *** | *** | ** | *** | *** |
| Ecotipos/niveles | *** | *** | *** | *** | | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | | *** | *** |
| Fuentes/niveles | *** | *** | * | *** | | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| Ecotipos/fuentes/niveles | ** | *** | *** | *** | | *** | *** | *** | | *** | *** | *** | . | *** | *** |

P<0.05

4.1 Viabilidad del grano de polen

4.1.1. Desarrollo del tubo polínico (método directo).

En el Anexo 1 se observa que las interacciones entre los factores fueron altamente significativas, a excepción de la interacción fuentes por ecotipos donde no hubo significancia para un $p < 0.05$, Megías *et al.* (2017) encontraron que un adecuado suplemento de P es esencial para el desarrollo de nuevas células y para la transferencia del código genético de una célula a otra, a medida que se desarrollan nuevas células. Los resultados obtenidos coinciden en que a una mayor concentración de P hay mayor porcentaje de granos de polen germinados; sin embargo, el porcentaje de desarrollo del tubo polínico también depende de otros factores como el genotipo, condiciones ambientales, madurez del polen, composición y pH del medio (Ordoñez, 2014).

a) Respuesta de los ecotipos

El porcentaje de desarrollo del tubo polínico (figura 13) en el ecotipo cajamarquino superó en 5.1 por ciento al ecotipo colombiano.

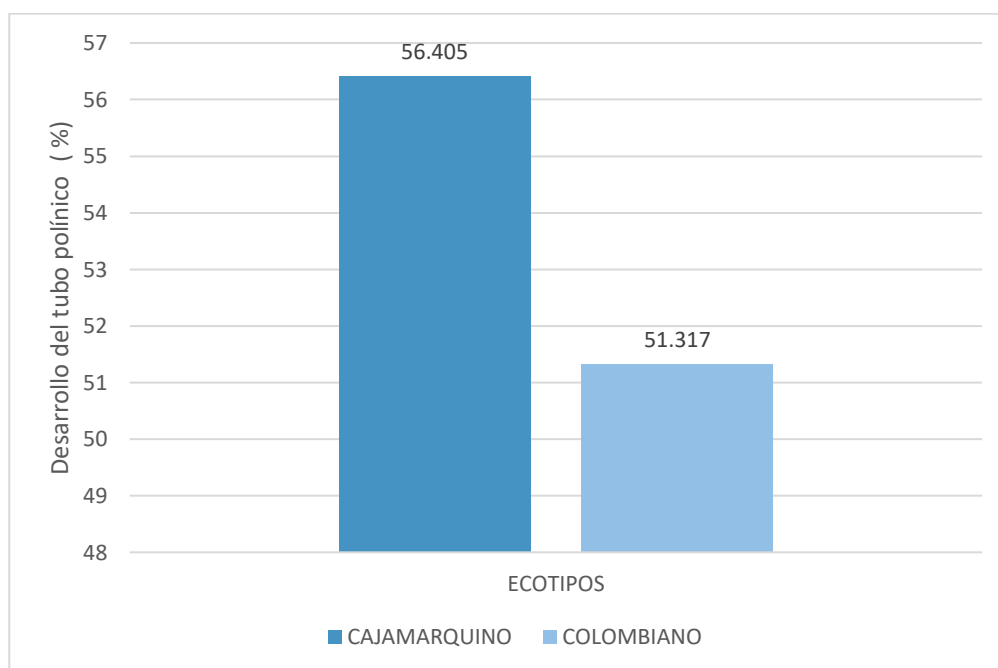


Figura 13: Respuesta de los ecotipos de *Physalis peruviana* L. al porcentaje de desarrollo del tubo polínico.

b) Interacción ecotipos x niveles

En la figura 14 se aprecia que el porcentaje de desarrollo del tubo polínico en el ecotipo cajamarquino cuando se usaron 180 kg/ha de P_2O_5 fue superior a los demás tratamientos (anexo 2) logrando 95 por ciento de desarrollo del tubo polínico. Ambos ecotipos respondieron al nivel más alto, pero de ellos el ecotipo cajamarquino fue superior, para todos los niveles hubo respuesta a la aplicación de P y se incrementó a medida que se incrementaba el nivel del P.

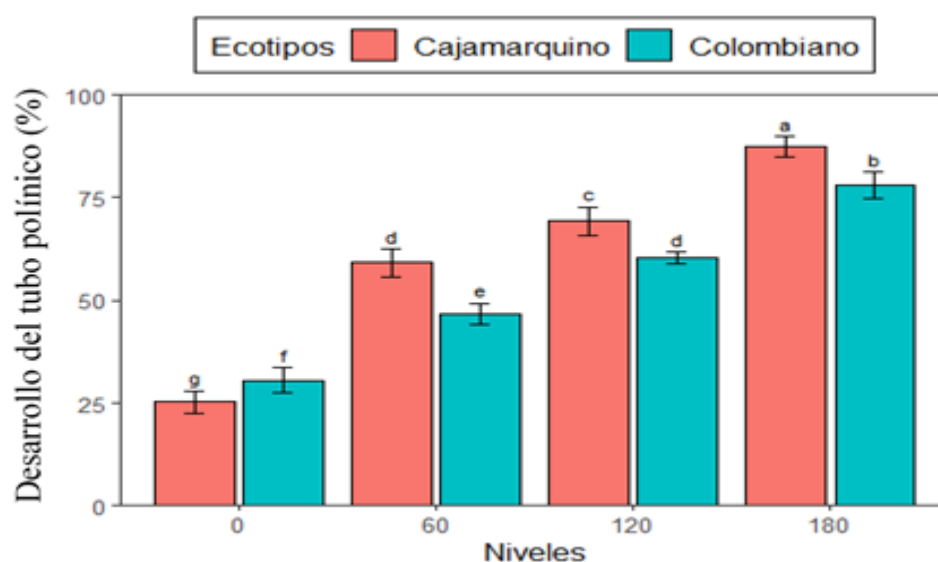


Figura 14: Porcentaje de polen viable por el método de desarrollo del tubo polínico según los ecotipos de *Physalis peruviana* L.

c) Respuesta de las fuentes de fósforo

En la figura 15 el porcentaje de desarrollo del tubo polínico con el uso de superfosfato triple superó en 13.32 por ciento al fosfato diamónico.

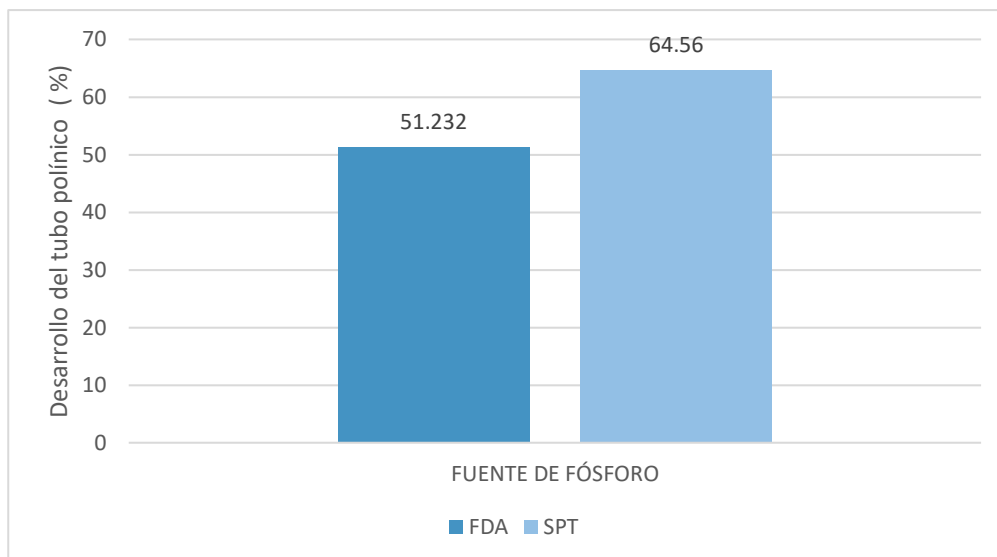


Figura 15: Respuesta de las fuentes fosforadas al porcentaje de desarrollo del tubo polínico

d) Interacción fuentes x niveles

Los resultados del anexo 2 muestran que existieron diferencias significativas entre las fuentes fosforadas utilizadas en relación a los niveles, en la figura 16 se observa que el porcentaje de desarrollo del tubo polínico en los tratamientos con SPT 180 kg/ha fue mayor a los demás tratamientos alcanzando un 95 por ciento de desarrollo del tubo polínico.

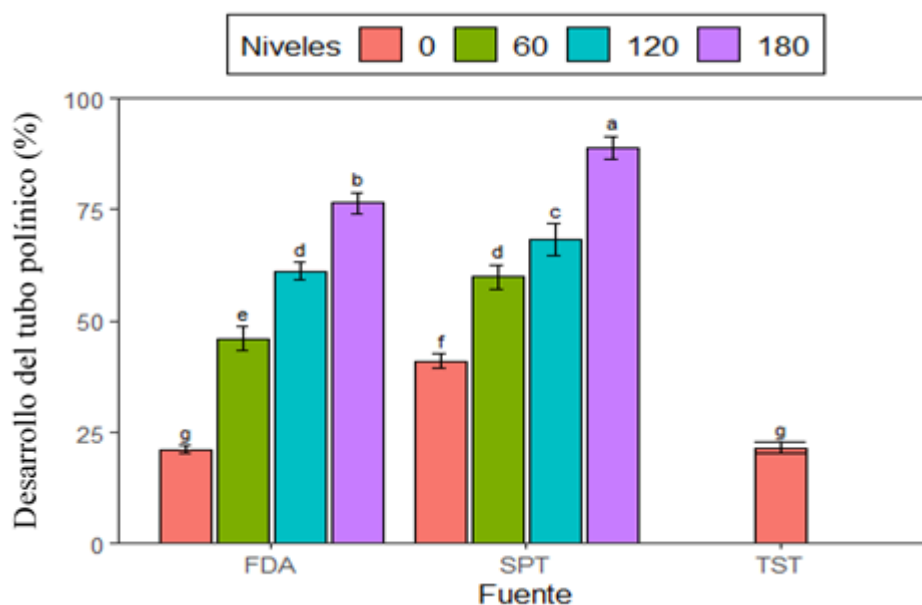


Figura 16: Porcentaje de polen viable por el método de desarrollo del tubo polínico según los niveles de fuentes fosforadas

e) Interacción ecotipos x fuentes x niveles

En la figura 17 se observa el porcentaje de desarrollo del tubo polínico en el tratamiento ecotipo cajamarquino SPT 180 kg/ha fue superior a los demás tratamientos obteniendo 95 por ciento de desarrollo del tubo polínico, seguido del tratamiento ecotipo colombiano SPT 180 kg/ha con 89.4 por ciento, se consideró como granos de polen germinados aquellos cuya longitud del tubo polínico duplicó su diámetro (Singh & Shono, 2003). Los resultados obtenidos (anexo 2) muestran un 95 por ciento en el desarrollo del tubo polínico en el tratamiento ecotipo cajamarquino SPT 180 kg/ha, estos difieren de lo expuesto por Cotes *et al.* (2010), que encontraron valores de germinación de grano de polen entre 3,70 y 53,06 por ciento para algunas de las accesiones de *Physalis peruviana* L. Asimismo, França Neto *et al.* (2010), obtuvieron un 66 por ciento de germinación de grano de polen a las 24 horas de incubación. Para evitar variaciones en la investigación todos los tratamientos del experimento fueron evaluados a las 24 horas, dado que a medida que transcurre el tiempo, se incrementa el porcentaje de germinación de los granos de polen, hasta un punto máximo, después, del cual, decrece hasta hacerse nulo, por declinación de la respiración (Karapanos *et al.* 2009).

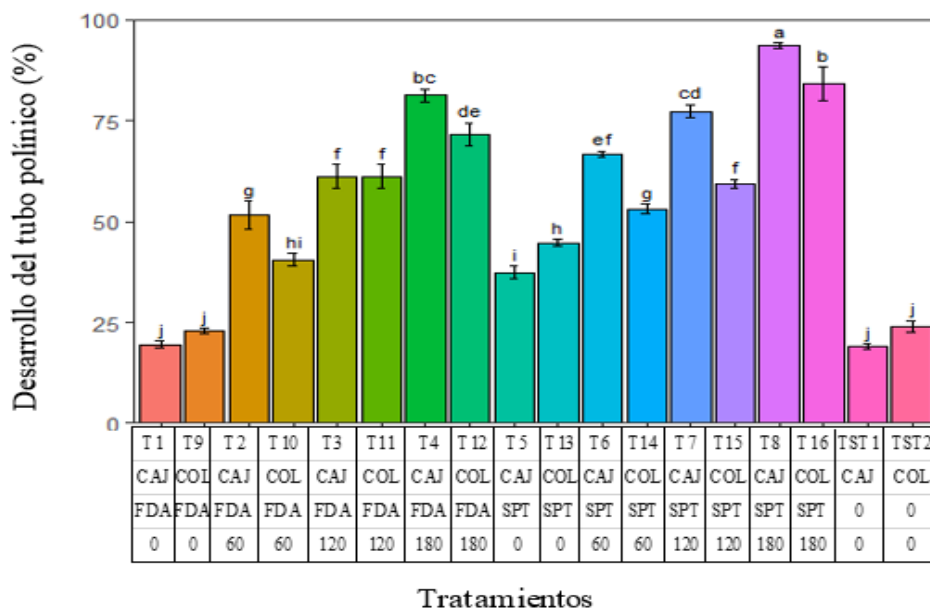


Figura 17: Porcentaje de polen viable por tratamientos con el método del desarrollo del tubo polínico

La figura 18 muestra el efecto de la interacción del nitrógeno y el fósforo en el porcentaje del desarrollo del tubo polínico, los tratamientos con 140 kg/ha de N y 180 kg/ha de P₂O₅ superaron en un 61.11 por ciento a los tratamientos sin ninguna fertilización, asimismo se observa un efecto correlativo según los niveles de fósforo utilizados en los tratamientos. Asimismo, muestra valores diferentes en los tratamientos sin aplicación de fertilizantes fosforados, a pesar de que el tratamiento 1 y tratamiento 5 con el ecotipo cajamarquino son similares, obtuvieron diferentes resultados, debido a la variabilidad de la genética del ecotipo y también a la ubicación de cada unidad experimental dentro de la casa malla, por último el sustrato no tuvo intervención en esta variabilidad, dado que fue manejado según los parámetros especificados anteriormente (figura 8).

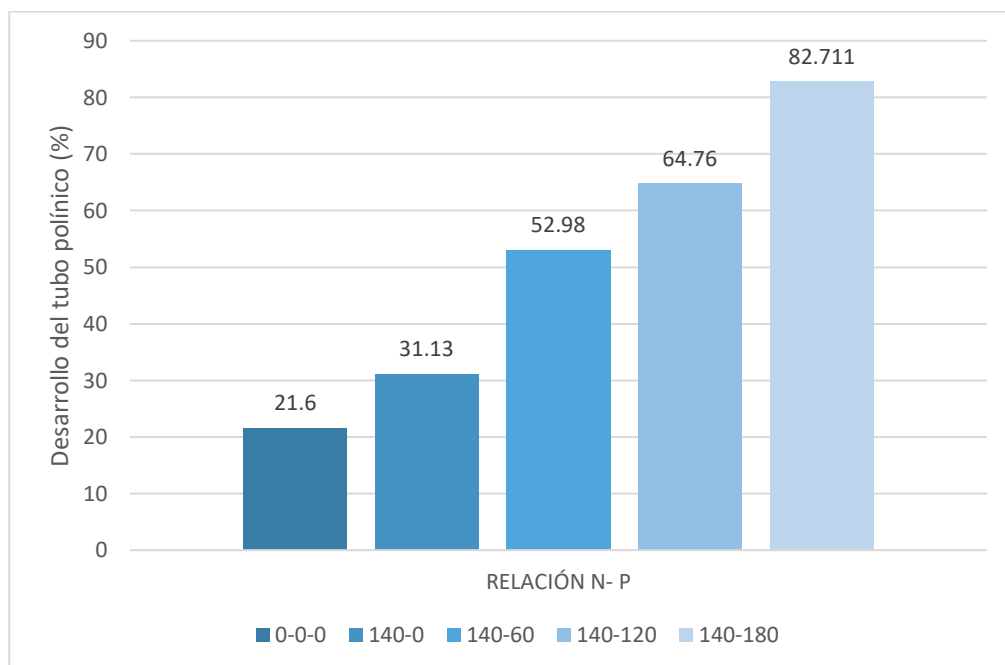


Figura 18: Efecto en el desarrollo del tubo polínico con la interacción nitrógeno – fósforo.

4.1.2 Tinción de los granos de polen (método indirecto)

En el anexo 3 se aprecia que en todas las variaciones hubo respuesta estadística altamente significativa, la media fue de 83.65 por ciento con coeficiente de

variación de 1.756. Los resultados de la figura 22 muestran al ecotipo cajamarquino con mayor porcentaje de viabilidad de polen con ambas fuentes fosforadas, siendo el porcentaje de polen viable en el tratamiento ecotipo cajamarquino SPT 180 kg/ha 99.125 por ciento y en el tratamiento ecotipo cajamarquino FDA 180 kg/ha 98.62 por ciento, esto coincide con lo expuesto por Lagos *et al.* (2005), encontraron que algunos genotipos de *Physalis peruviana* L. no tienen problemas de esterilidad y presentaban una viabilidad del polen de 89 a 93 por ciento .

a) Respuesta de los ecotipos

La viabilidad del polen en los ecotipos como respuesta a la aplicación del fósforo fue alta; el porcentaje de viabilidad del grano de polen (figura 19) en los ecotipos de *Physalis peruviana* L. fueron altos, el ecotipo colombiano superó 5.96 por ciento al ecotipo cajamarquino.

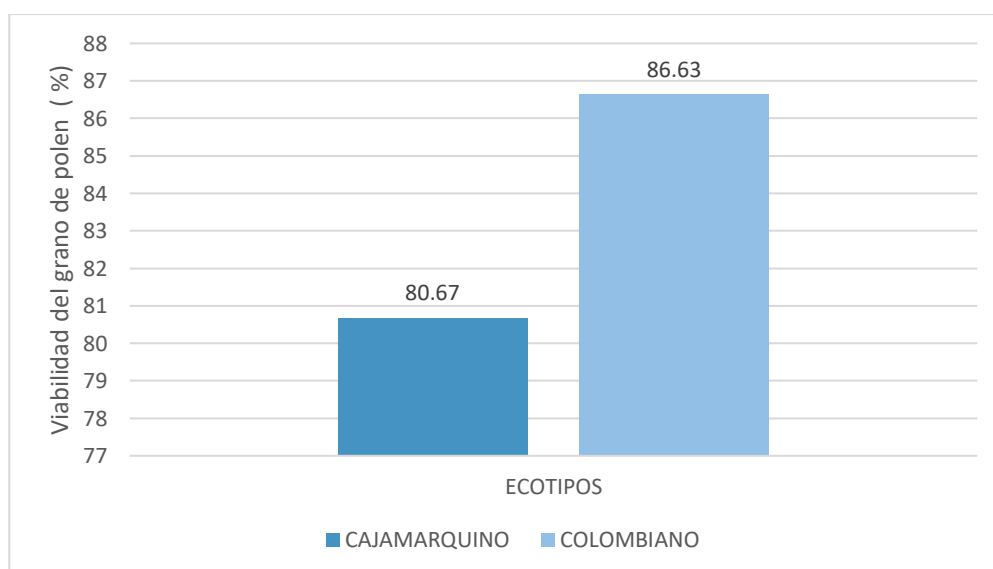


Figura 19: Respuesta de los ecotipos de *Physalis peruviana* L. en la variable viabilidad del grano de polen

b) Interacción ecotipos x niveles

En la figura 20 se muestra que el porcentaje de viabilidad del grano de polen en el ecotipo cajamarquino cuando se usó 180 kg/ha de P_2O_5 fue 99.47 por ciento, superando a los demás tratamientos (anexo 4) y el porcentaje de viabilidad del

grano de polen para los tratamientos sin fertilización fue 78.124 por ciento en el ecotipo colombiano y 50.4 por ciento en el ecotipo cajamarquino. Tal y como lo expuso Lagos *et al.* (2005) las variedades de aguaymanto no tienen problemas de viabilidad del polen, en esta investigación el ecotipo cajamarquino presentó una mayor viabilidad del grano de polen según los niveles de fuentes fosforadas y se adapta muy bien a las diferentes condiciones ambientales.

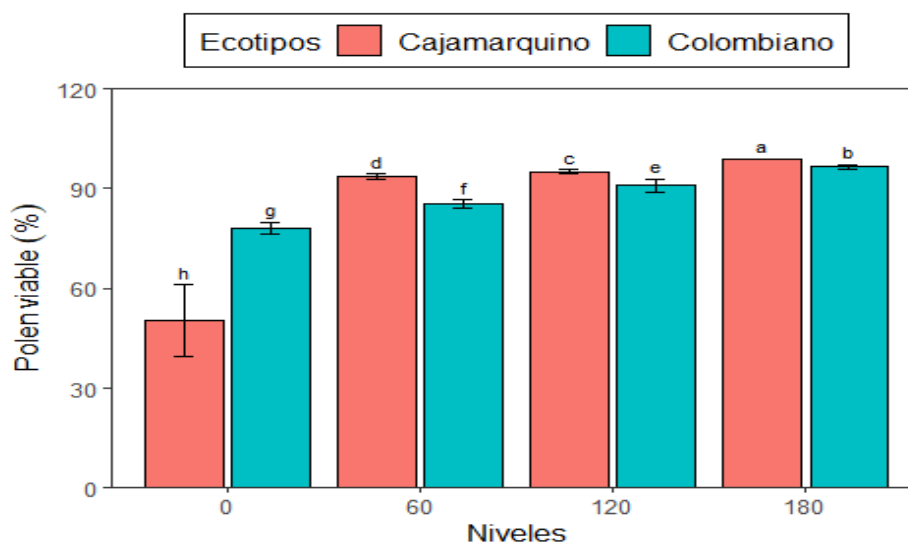


Figura 20: Porcentaje de polen viable según los ecotipos de *Physalis peruviana* L.

c) Respuesta de las fuentes de fósforo

El porcentaje de viabilidad del grano tuvo una mejor respuesta con el fosfato diamónico que superó en un 1.77 por ciento al superfosfato triple (figura 21).

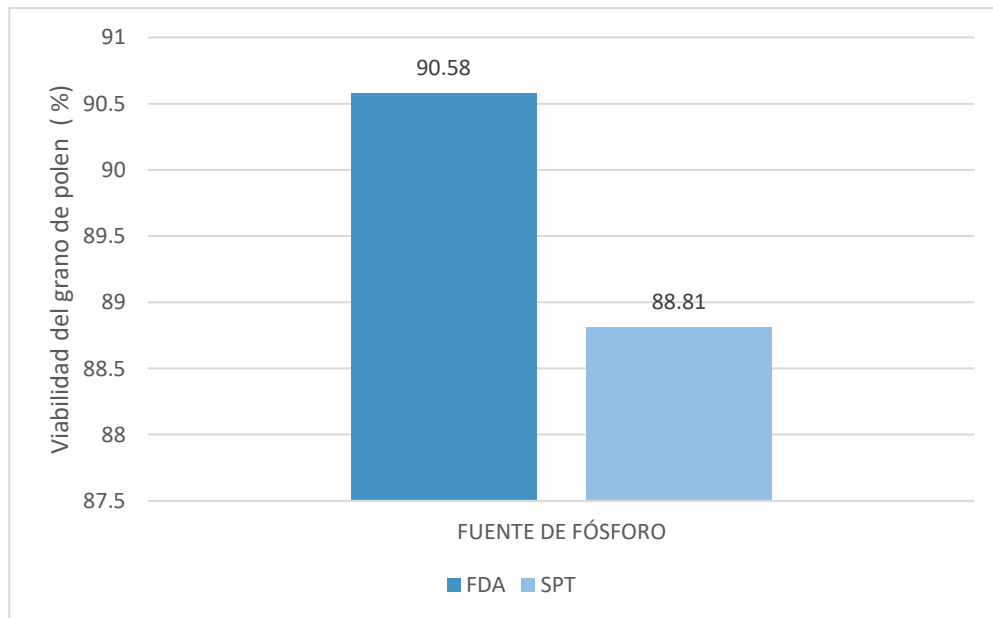


Figura 21: Respuesta de las fuentes de fósforo en la variable viabilidad del grano de polen

d) Interacción fuentes x niveles

El porcentaje de viabilidad del grano de polen fue mayor en el tratamiento ecotipo cajamarquino FDA 180 kg/ha fue 98.429 por ciento (figura 22), por otro lado, los tratamientos que no tenían fertilización fosforada presentaron los porcentajes más bajos de viabilidad del grano de polen (anexo 4) y esto se debe a que el P está íntimamente involucrado en la bioenergética celular y en la regulación metabólica. Es un componente estructural de los ácidos nucleicos (ADN y ARN), fosfoproteínas y fosfolípidos, como las lecitinas; almacena y transfiere energía (ATP y ADP), y es constituyente de las membranas citoplasmáticas, así como de las enzimas y proteínas (Ratjen y Gerendás, 2009; Molina y Rodríguez, 2012).

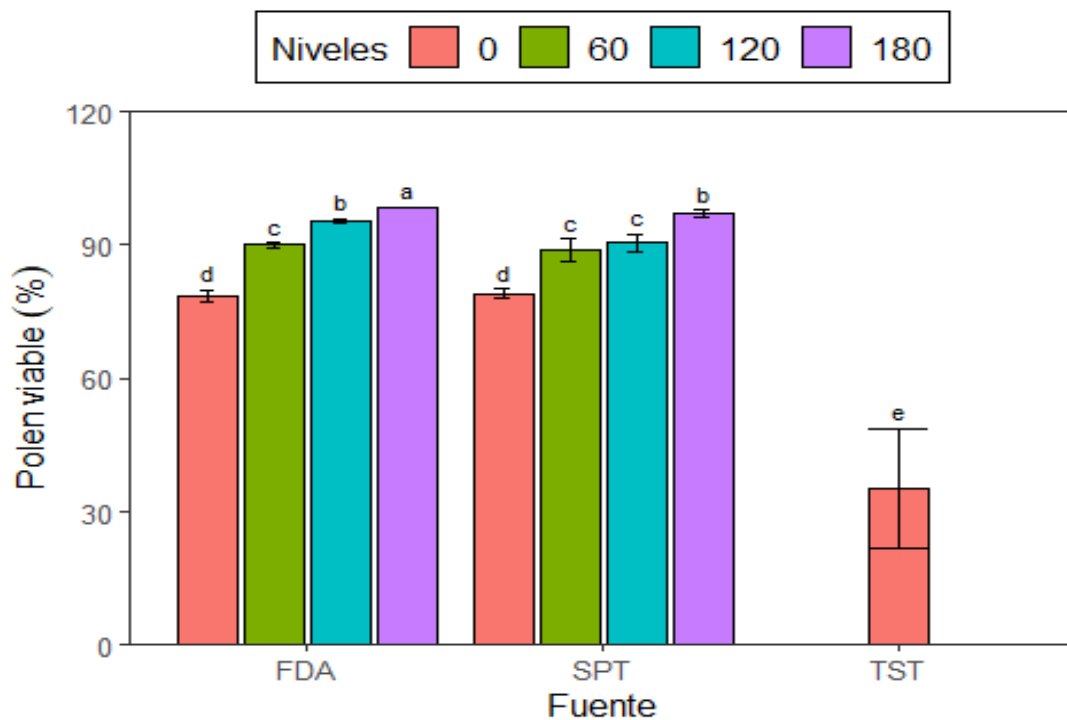


Figura 22: Porcentaje de polen viable según los niveles de fuentes fosforadas.

e) **Interacción ecotipos x fuentes x niveles.**

En el anexo 4 se observa que para el porcentaje de viabilidad del grano de polen los mejores resultados fueron de los tratamientos ecotipo cajamarquino SPT 180 kg/ha con 99.125 por ciento seguido del 98.237 por ciento del tratamiento ecotipo colombiano FDA 180 kg/ha (figura 23). Esto tiene correlación con lo dicho por Megías *et al.* (2017) expusieron que el P juega un rol importante en todos los procesos que requieren transferencia de energía en la planta y el adecuado suplemento de P es esencial para el desarrollo de nuevas células, es por esto que está involucrado en la formación de granos de polen, dado que durante los primeros diez días de desarrollo se llevan a cabo la mitosis postmeiótica y la formación de las microsporas; posteriormente, a los 20 días ya se observan granos de polen en proceso de maduración y a los 30 días los granos de polen están completamente formados. En el interior del saco polínico primero se forma el tejido esporógeno, cuyas células, por sucesivas divisiones mitóticas constituyen las células madres de las microsporas o microsporangios. Cada célula madre de

las microsporas es diploide. Las dos divisiones meióticas dan lugar a una tétrada de microsporas. Cada una de estas células es haploide y representan la primera etapa de la generación del gametofito masculino. Posteriormente, en una segunda etapa, las microsporas de las tétradas terminan conformando los granos de polen. La pared del grano tiene algunas características en su estructura como el estar provista de tres hendiduras llamadas colpos propias de un polen tricolpado. Las unidades del polen son las agrupaciones, que se producen en muchos granos de polen durante la madurez de los mismos, en el interior de los sacos polínicos. La mayor parte de ellos, en su madurez, forman granos solitarios o “mónadas”, pero en muchos casos los granos de polen maduros permanecen unidos en: díadas, tétradas, pseudomónadas o criptotétradas, poliadas, masulas y polinias (Camadro, 1986). Los granos de polen en *Physalis peruviana* L. mostraron un arreglo tetraedral y tricolpado, la placentación es de tipo axial, biloculada y bilobulada (Lagos *et al.*, 2005).

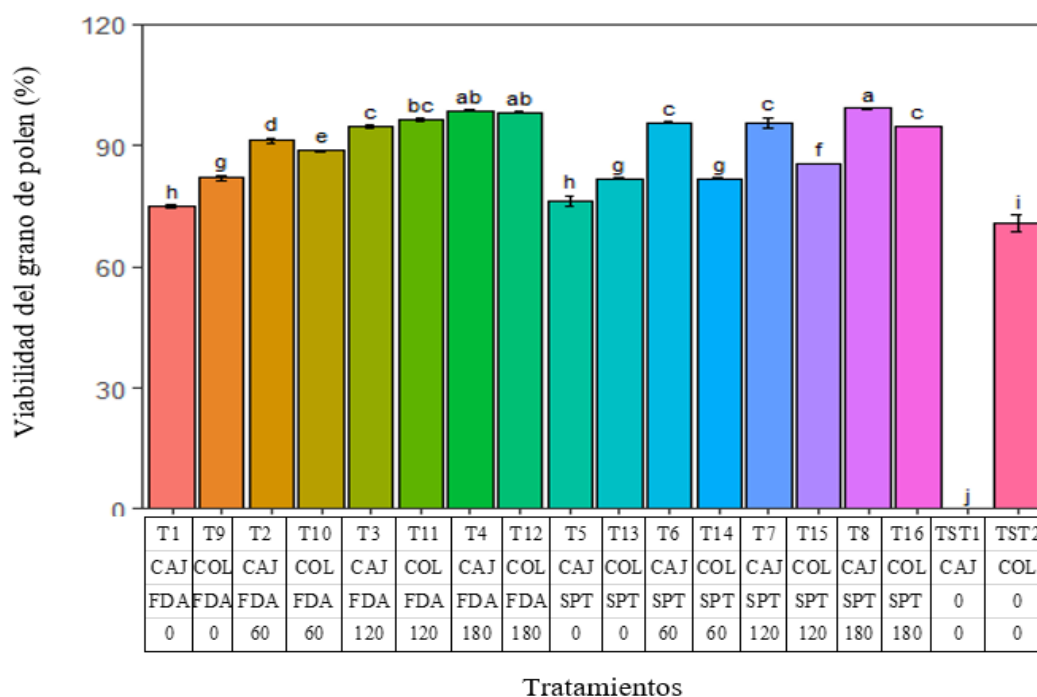


Figura 23: Porcentaje de polen viable por tratamientos

En la figura 24 se observa que el porcentaje de viabilidad del grano de polen de los tratamientos que usaron 140 kg/ha de nitrógeno superaron en 43.4 por ciento a los tratamientos sin fertilización y los tratamientos con la interacción nitrógeno y fósforo superaron a los tratamientos sin fósforo con 10.6 por ciento, 14.23 por ciento y 18.9 por ciento, en los niveles de 60 kg/ha de P_2O_5 , 120 kg/ha de P_2O_5 y 180 kg/ha de P_2O_5 respectivamente.

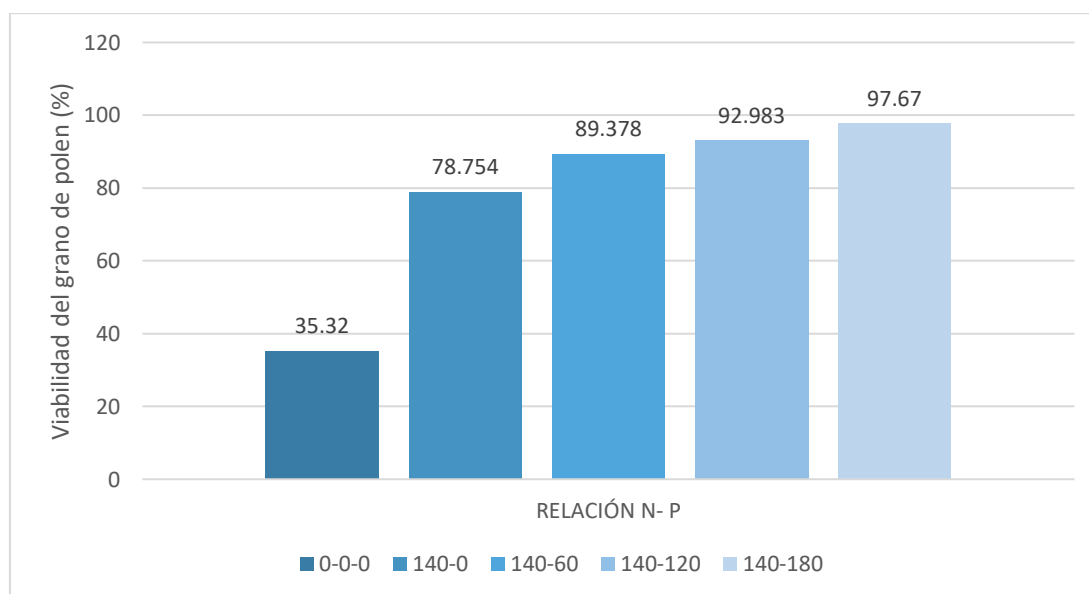


Figura 24: Efecto en la viabilidad del grano de polen con la interacción nitrógeno - fósforo

4.2 Longitud del tubo polínico.

El anexo 5 muestra que la media de la longitud del tubo polínico fue de 0.1485 mm y el coeficiente de variación de 12.53, los tratamientos con niveles altos de fósforo presentaron una mayor longitud del tubo polínico, lo que coincide con Malavolta (2006), de que el fósforo es un nutriente móvil dentro de la planta y puede ser transportado de los tejidos más viejos hacia los rebrotes, ya que en la época de fructificación las necesidades de este nutriente ocurren principalmente por movilización de reservas en la planta, también forma parte del ATP, energía necesaria para desarrollar los procesos fisiológicos. El crecimiento del tubo polínico es de suma importancia, dado que el éxito de la fecundación depende de este, puesto que en vivo debe elongarse hasta alcanzar el óvulo y este tiene un periodo de vida limitado (Martínez y Torres, 2013).

a) Respuesta de los ecotipos

La longitud del tubo polínico (mm) en el ecotipo colombiano superó en 2.4 por ciento al ecotipo cajamarquino (figura 25).

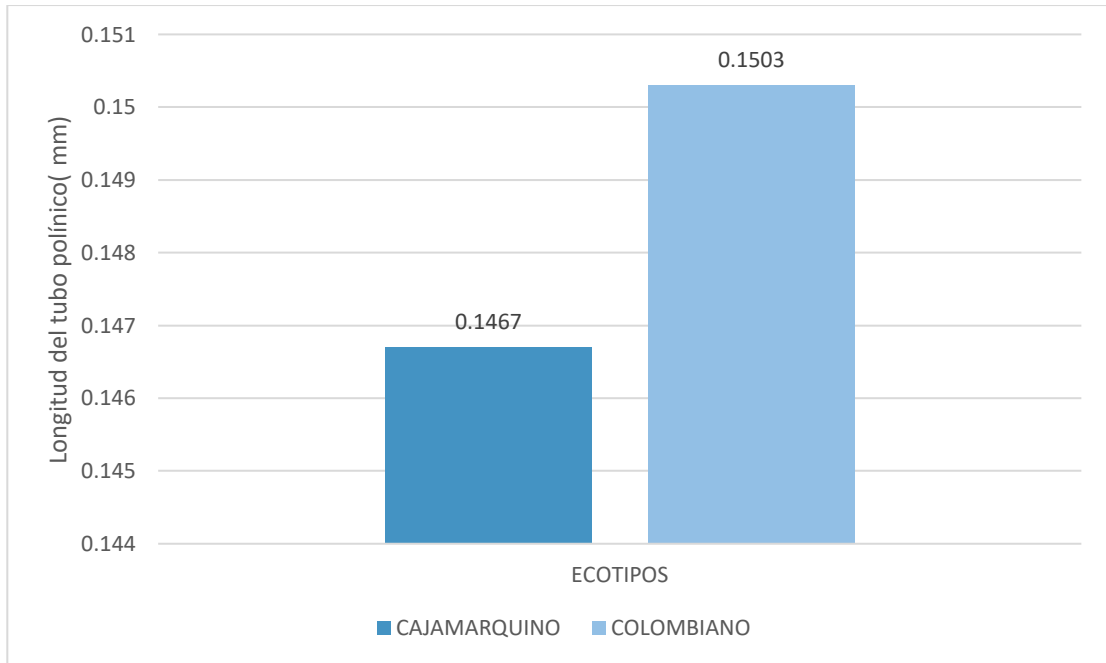


Figura 25: Respuesta de los ecotipos de *Physalis peruviana* L. en la variable longitud del tubo polínico del grano de polen (mm)

b) Interacción ecotipos x niveles

La longitud del tubo polínico en el ecotipo colombiano cuando se usaron 180 kg/ha de P_2O_5 , logró una longitud de 0.037mm (figura 26), superando a los demás tratamientos, la longitud del tubo polínico se regula por los componentes del medio ambiente y por el metabolismo del polen (Martínez y Torres, 2013), asimismo el crecimiento de la longitud del tubo polínico está determinado por un conjunto de reacciones bioquímicas que requieren energía en forma de ATP, formado por tres grupos fosfato, asimismo el fósforo promueve la formación de nuevas células para que se desarrollen los diferentes procesos en la planta, la longitud del tubo polínico también se regula por la madurez del polen; la composición y el pH del medio, por lo que es necesario determinar las condiciones óptimas para la germinación del polen (Rodríguez y Dafni, 2000).

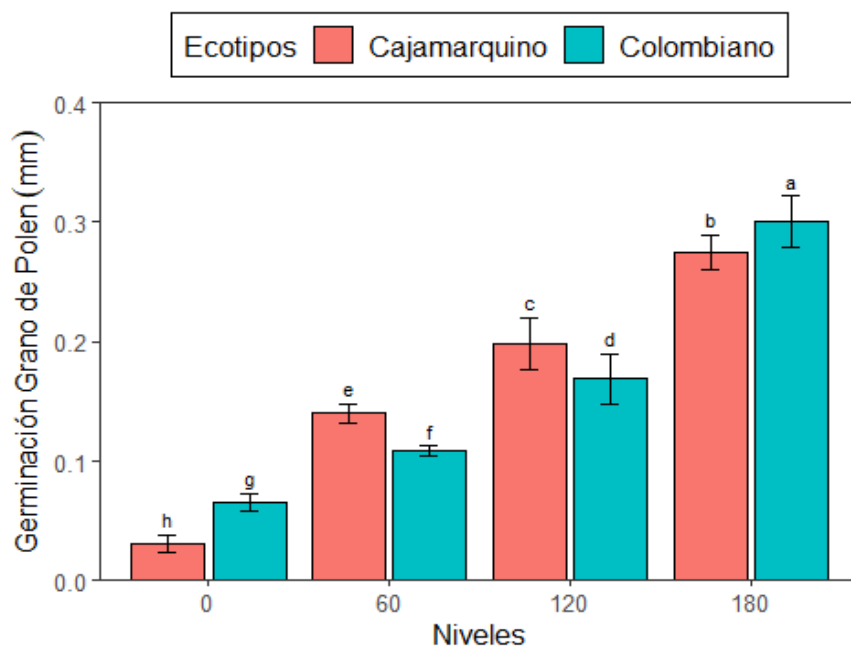


Figura 26: Longitud del tubo polínico del grano de polen (mm) de dos ecotipos de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) bajo el tratamiento de diferentes niveles de fertilización fosforada.

c) Respuesta de las fuentes de fosforo

La longitud del tubo polínico (mm) con el uso de fosfato diamónico superó en 1.36 por ciento al super fosfato triple (figura 27).

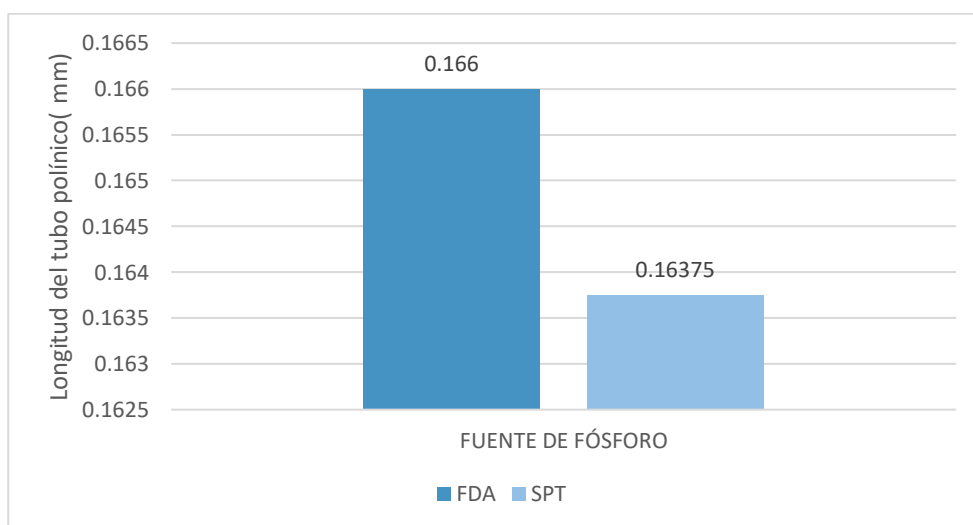


Figura 27: Respuesta de las fuentes de fósforo en la variable longitud de tubo polínico (mm)

d) Interacción fuentes x niveles

En el anexo 5 se aprecia para el ANVA correspondiente que existieron diferencias significativas entre las fuentes fosforadas utilizadas en relación a los niveles, en la figura 28 se observa que la longitud del tubo polínico fue mayor en el tratamiento con FDA 180 kg/ha de P_2O_5 con 0.37 mm de longitud del tubo polínico de 0.37 mm, superando a los demás tratamientos.

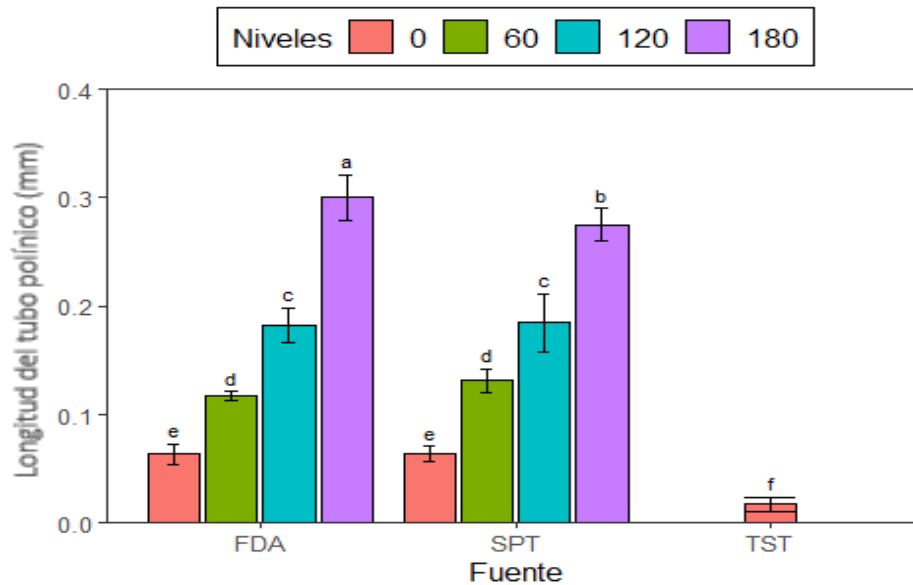


Figura 28: Promedios de la longitud del tubo polínico (mm) bajo el tratamiento de diferentes niveles de fertilización fosforada y diferentes fuentes fosforadas.

e) Interacción ecotipos x fuentes x niveles

En la figura 29 se observa que la longitud del tubo polínico en el tratamiento ecotipo colombiano FDA 180 kg/ha de P_2O_5 llegó a 0.37 mm seguido del tratamiento ecotipo cajamarquino SPT 180 kg/ha de P_2O_5 con 0.33 mm (anexo 6) estos resultados concuerdan con Doyle *et al.*, (1999), resaltaron que el adecuado suplemento de P es esencial para el desarrollo de nuevas células, transferencia del código genético de una célula a otra y en el incremento de la tasa de respiración que está involucrado en el crecimiento de los tubos polínicos y su rápida llegada al estigma, para alcanzar la ovocélula y producirse la fecundación (Burke *et al.*, 2004).

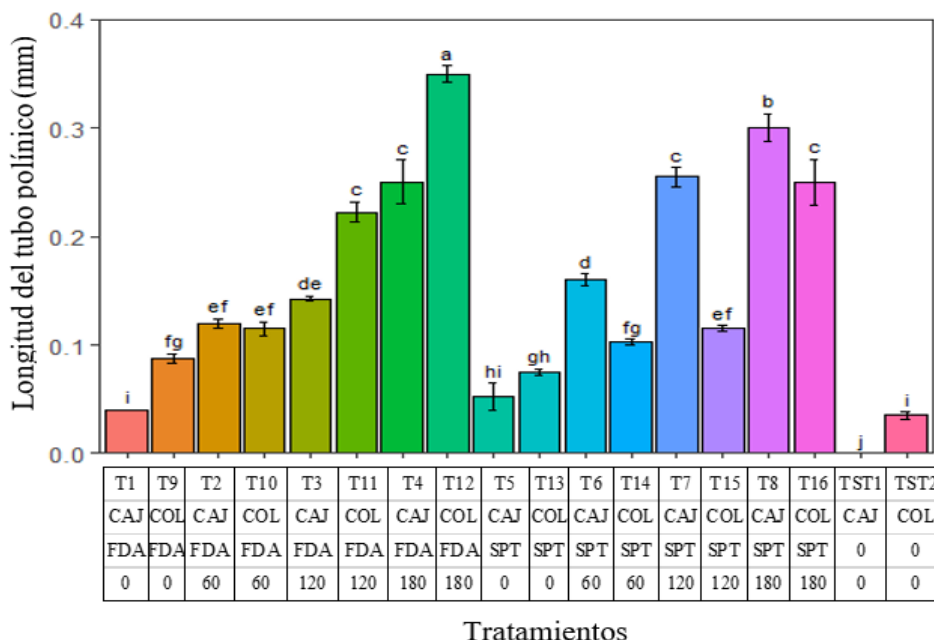


Figura 29: Promedios de la longitud del tubo polínico (mm) por tratamientos.

En la figura 30 se observa que la longitud del tubo polínico fue mínima en los tratamientos que no presentaron fertilización, los tratamientos que usaron 140 kg/ha de nitrógeno superaron en 72.6 por ciento al tratamientos sin ninguna fertilización, asimismo la longitud del tubo polínico se fue incrementado a medida que los niveles de fósforo aumentaban, estos resultados se observaron en los tratamientos que presentaron fuentes nitrogenadas y fosforadas.

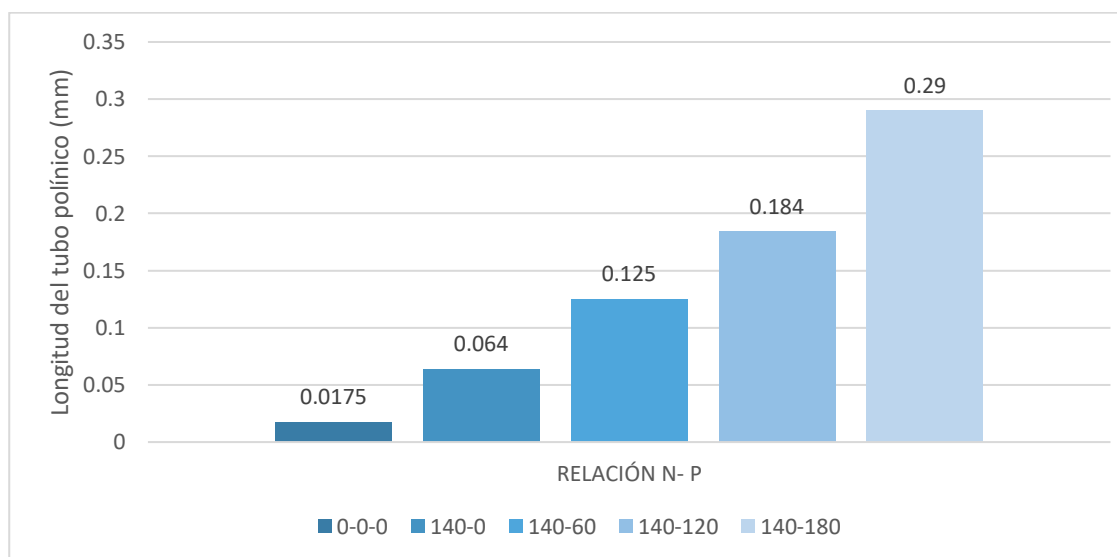
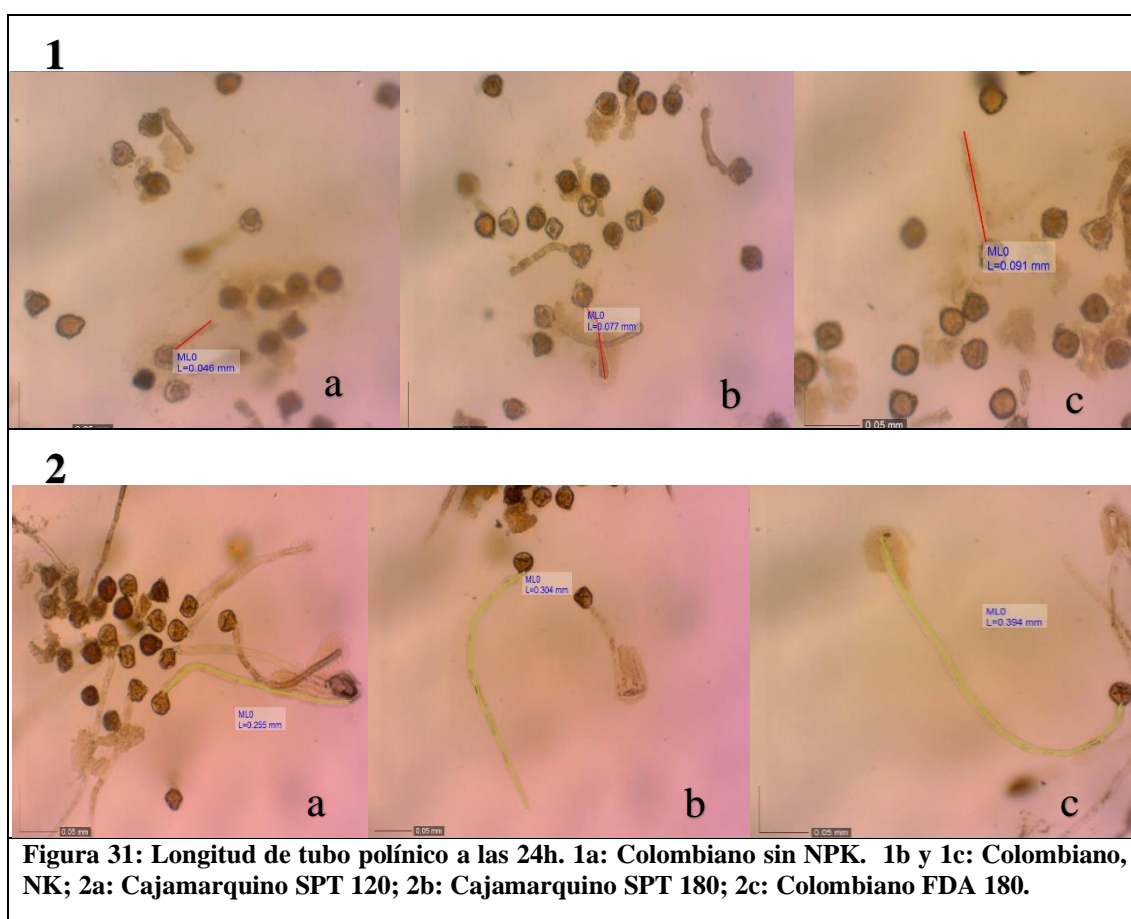


Figura 30: Efecto en la longitud del tubo polínico (mm) con la interacción nitrógeno - fósforo

La figura 31 muestra lo siguiente : las fotos de 1 corresponden a las más bajas longitudes de tubo polínico con los siguientes tratamientos: 1a)ecotipo colombiano sin fertilización de NPK ,1b) y 1c)ecotipo colombiano sin fósforo; las fotos de 2 muestran un mayor desarrollo del tubo polínico en los tratamientos: 2a) Cajamarquino SPT 120 kg/ha de P₂O₅; 2b) Cajamarquino SPT 180 kg/ha de P₂O₅ ; 2c) Colombiano FDA 180 kg/ha de P₂O₅.En esta figura se puede ver el efecto del P y se concluye que el ecotipo colombiano fue el que obtuvo los resultados más bajos de longitud.



4.3 Receptividad del estigma

a) Interacción ecotipos x fuentes x niveles

La figura 32 muestra que el tratamiento ecotipo colombiano FDA 180 kg/ha de P₂O₅ fue el que presentó una mayor receptividad del estigma, en el anexo 8 se observa que a las 10 am no es el momento óptimo de polinización, dado que la receptividad del estigma implica recibir el polen, permitir que se adhiera, se hidrate y germine (Shivanna *et al.*, 1992), la baja receptividad de los demás tratamientos tendría como causa principal a la temperatura, puesto que para que el proceso de la polinización ocurra, la transferencia del polen al estigma debe suceder durante el periodo en que el estigma se encuentre receptivo, en caso contrario, el polen no puede adherirse y no puede germinar (Kearns e Inouye, 1993).

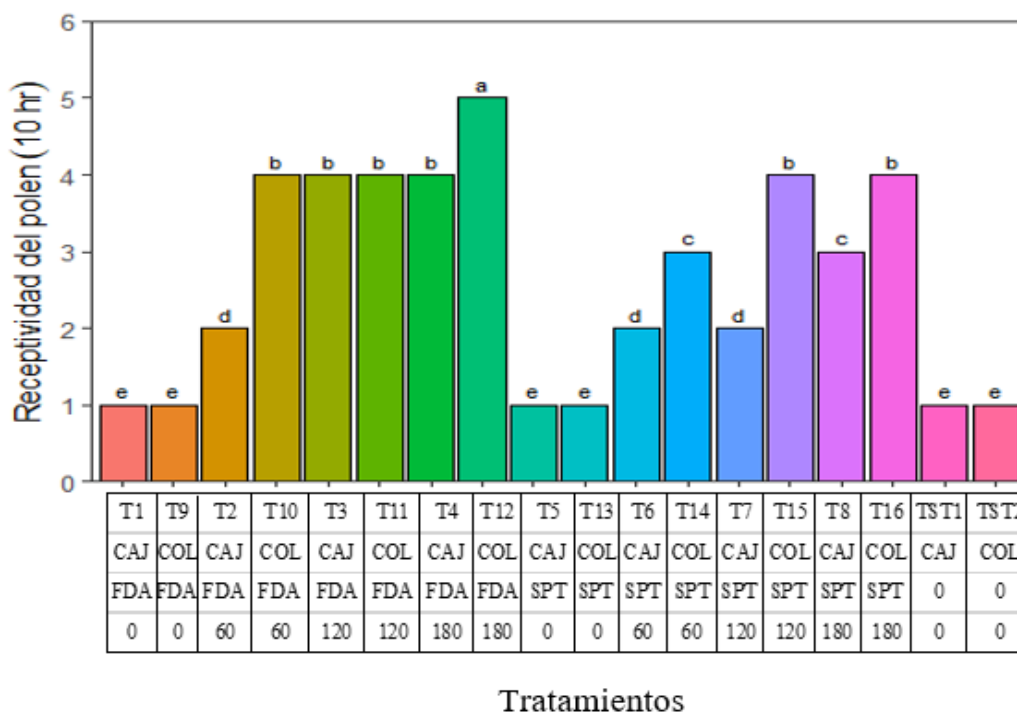
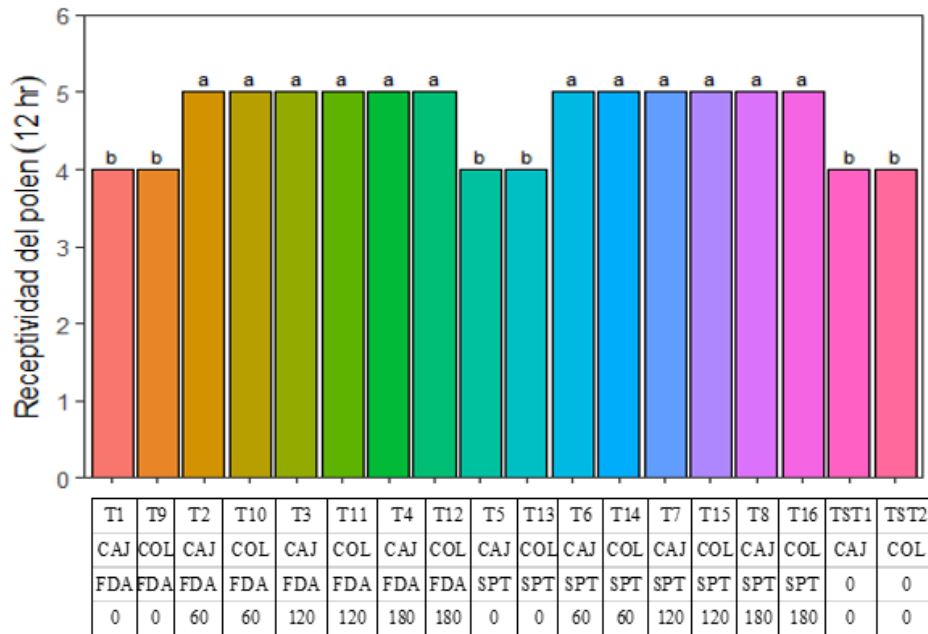


Figura 32: Medida de la receptividad del estigma a las 10 am en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” por tratamientos

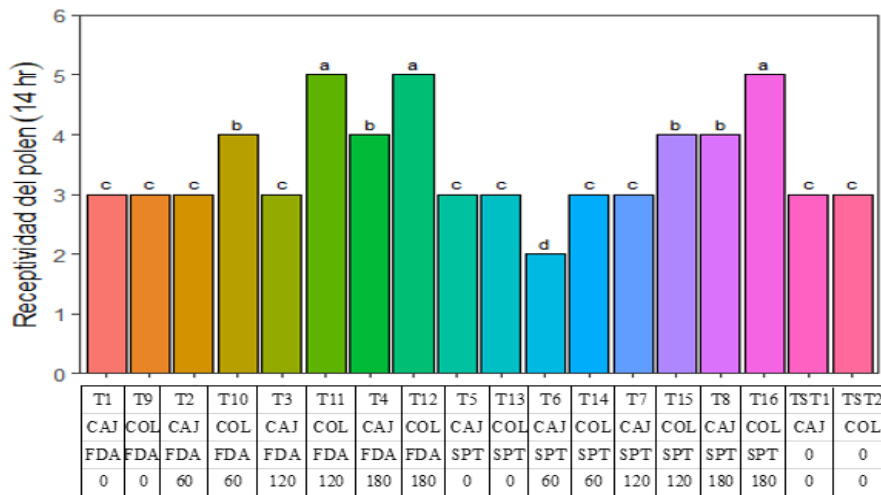
En la figura 33 se observa pocas diferencias significativas entre los tratamientos a las 12 pm (anexo 9).



Tratamientos

Figura 33: Medida de la receptividad del estigma a las 12 pm en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” por tratamientos

La receptividad del estigma en el anexo 10 muestra diferencias altamente significativas entre los tratamientos, observándose que los mejores tratamientos fueron: ecotipo colombiano FDA 120 kg/ha de P₂O₅, ecotipo colombiano FDA 180 kg/ha de P₂O₅ y el ecotipo colombiano SPT 180 kg/ha de P₂O₅ (figura 34).



Tratamientos

Figura 34: Medida de la receptividad del estigma a las 2 pm en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” por tratamientos

La figura 35 muestra que receptividad del estigma presentó niveles altos de burbujeo a las 12 pm, superando a las evaluaciones de las 10 am y 2 pm. Estos resultados coinciden con Consiglio y Bourne (2001), hallaron que el calor ayuda a mantener un período de máxima receptividad del estigma. A las 10:00 hubo el menor porcentaje de estigmas receptivos, en la figura 36 se puede observar un burbujeo mínimo y de baja duración, anexo 11.

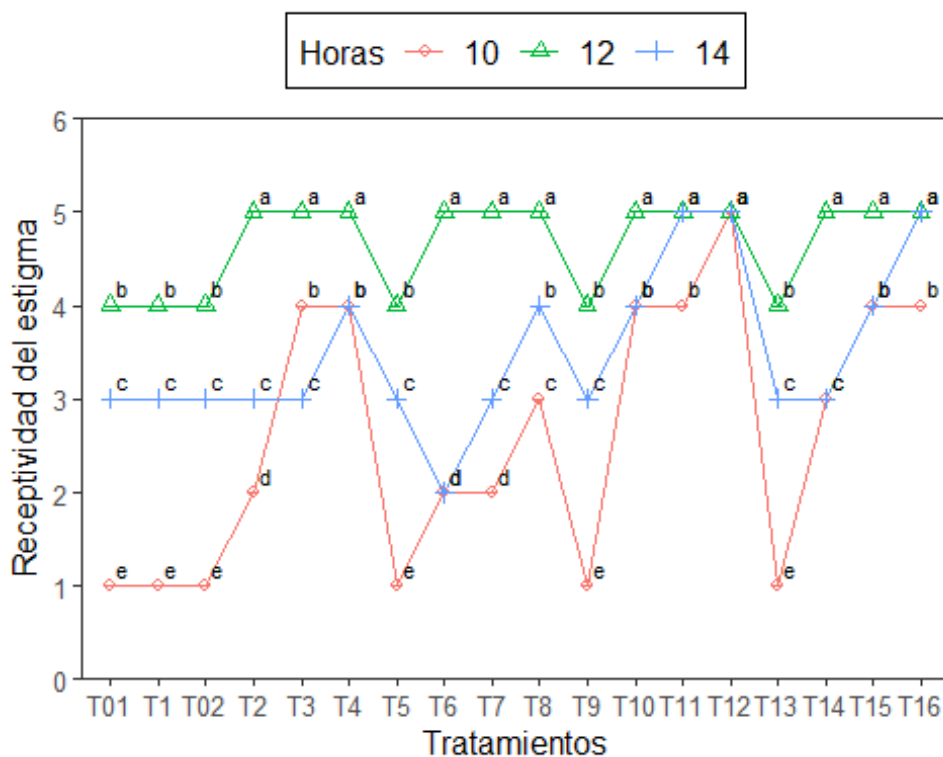


Figura 35: Evolución de la receptividad del estigma a las 10am, 12pm y 2 pm por tratamientos

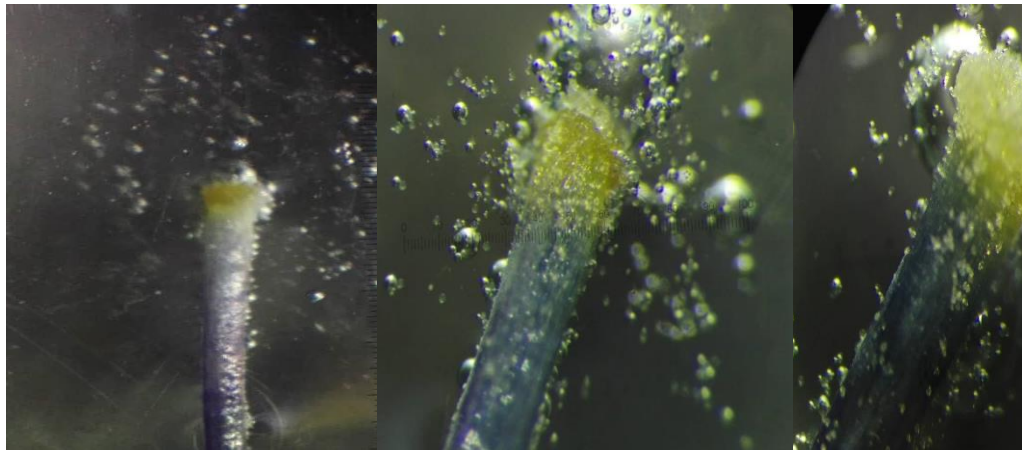


Figura 36: Reacción del estigma con el agua oxigenada. Imagen-izquierda: Receptividad a las 10 am; imagen-central: receptividad a las 12pm; imagen-derecha: receptividad a las 2pm

En los resultados se precisa que el ecotipo colombiano presentó diferencias significativas en la receptividad del estigma. El tratamiento 4 FDA 180 kg/ha de P_2O_5 presentó una alta receptividad a las 10am, 12pm, 2pm y el testigo presentó solo una buena receptividad a las 12 pm, presentando la mayoría de los tratamientos una mayor receptividad del estigma a las 12 pm.

La polinización se ve influenciada por las características ambientales, sobre todo la temperatura (Martínez *et al.*,2013), por esta razón se observa un pico más alto en cuanto a la intensidad de la receptividad del estigma desde las 12 pm hasta las 2 pm. En los programas de mejoramiento genético, el conocimiento de la viabilidad del polen es un factor esencial cuando se desea utilizar la técnica de la hibridación artificial como mecanismo en la producción de semilla híbrida, dado que la relación polen estigma depende de la viabilidad del polen, por esta razón la receptividad del estigma y la interacción genética entre el polen y el estigma es también importante , ya que existen mecanismos de incompatibilidad que afectan la producción de semilla después de la fertilización (Weller *et al.*, 2007).

4.4 Características de floración

4.4.1 Promedio del número de días hasta la aparición del botón floral

a) Efecto en el número de días hasta la aparición del botón floral

En el anexo 12 se puede apreciar que la media de todos los tratamientos es 121.5 días con un coeficiente de variación de 0.4487. Molina (2002) indica que el fósforo es constituyente de los del ATP, ácidos nucleicos, fosfolípidos y ciertas enzimas, este elemento cumple una función importante en el sistema de transferencia de energía dentro de la planta, que le permite intervenir en los procesos de las plantas. Así mismo, es esencial para el crecimiento radical, en el proceso de floración y en la formación de frutas y semillas (Molina, 2002). Guerrero *et al.* (2016) no reportaron diferencias entre los días aparición de botón floral en ambos ecotipos.

b) Interacción ecotipos x niveles

El número de días hasta la aparición del botón floral fue menor en el ecotipo cajamarquino. El tratamiento de ecotipo cajamarquino nivel de 180 kg/ha de P₂O₅ tuvo la menor cantidad de número de días para la aparición del botón floral (figura 37), es decir tuvo un desarrollo más acelerado en comparación al ecotipo colombiano que tardó más días en formar botones florales, estos resultados coinciden con lo prescrito por Rodríguez *et al.* (2000), quienes expresaron que concentraciones altas de fósforo promueve un crecimiento vigoroso y una floración temprana. En los tratamientos de la variedad cajamarquina se pudo observar un desarrollo más acelerado en comparación de la variedad colombiano que tardó más días en formar botones florales.

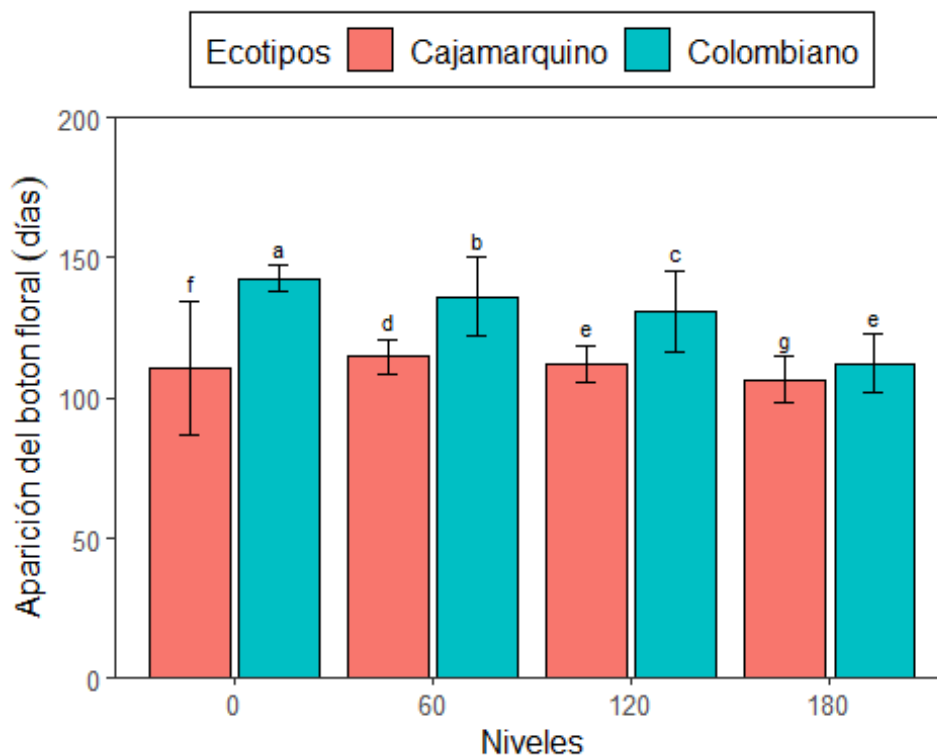


Figura 37: Promedios del número de días hasta la aparición del botón floral en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano”

c) Interacción fuentes x niveles

En el anexo 13 se muestra que los número de días hasta la aparición de botón floral fue menor en el tratamiento con FDA 180 kg/ha de P_2O_5 (figura 38), superando a los tratamiento de super fosfato triple, debido a que la fuente fosforada de fosfato diamónico contiene N más disponible para la planta, obteniéndose una mejor eficiencia, dado que al absorber las plantas el nitrógeno en forma de amonio acidifica el entorno radicular, facilitando de esta manera la disolución y liberación del fosfato del fertilizante, y así la interacción entre estos nutrientes promueve la solubilidad de los compuestos de fósforo en suelos alcalinos como consecuencia de los procesos de nitrificación; en este sentido, tienen mayor efecto las sales de amonio que las de nitrato (Fernández, 2007), dando como resultado un crecimiento vigoroso de hojas y que estas realizarán fotosíntesis y podrán formar ATP dentro de sus estructuras.

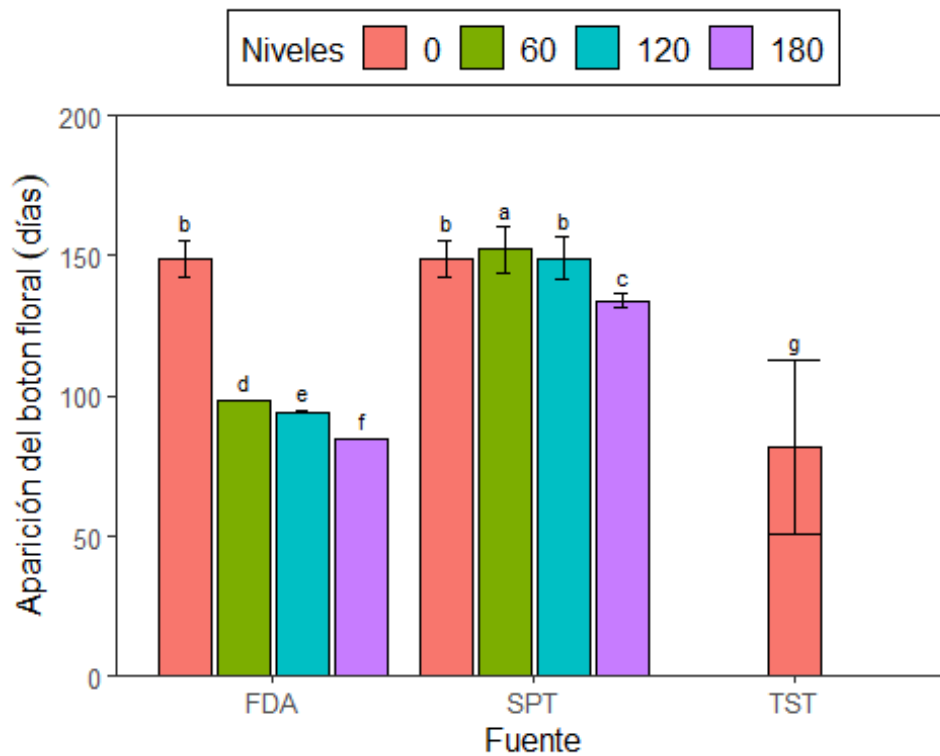


Figura 38: Promedios del número de días hasta la aparición del botón floral en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano”, según los niveles de fuentes fosforadas

d) Interacción ecotipos x fuentes x niveles

En la figura 39 se aprecia que el tratamiento ecotipo colombiano FDA 180 kg/ha de P_2O_5 presentó el menor promedio de número de días hasta la aparición de botón floral con 84.595 días (anexo 13). El fósforo es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. (IFA, 1992), lo que coincide con los resultados, a un mayor nivel de fósforo menos días hasta la aparición del botón floral.

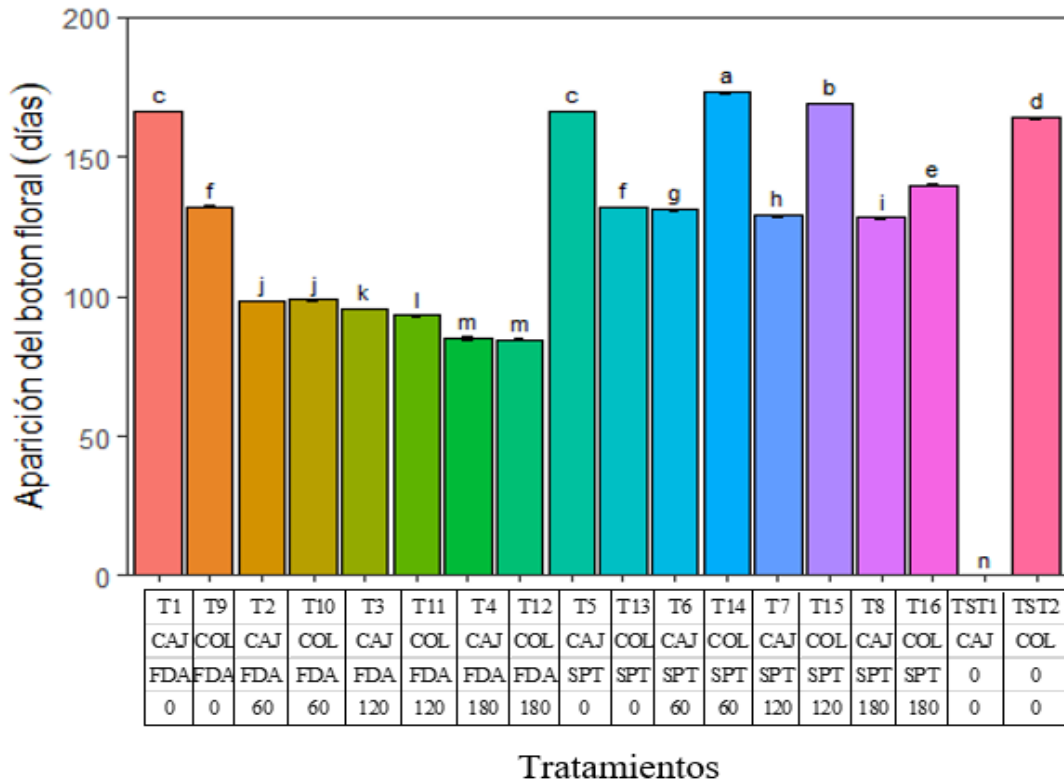


Figura 39: Promedios del número de días hasta la aparición del botón floral en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” por tratamientos

En la figura 39 se aprecia que los tratamientos con FDA tuvieron una aparición más rápida de los botones florales a diferencia de los tratamientos con SPT, el número de días hasta la aparición del botón floral fue mayor en el tratamiento con SPT 60 kg/ha de P_2O_5 con 173.16 días, seguido de 169.16 días del tratamiento SPT 120 kg/ha de P_2O_5 y el testigo 2 con 163.88 días, caso contrario el tratamiento FDA 180 kg/ha de P_2O_5 con 84.59 días presentó botones florales en menos días, seguido del FDA 120 kg/ha de P_2O_5 con 93.09 días, siendo el ecotipo colombiano el que presentó menos días hasta la aparición del botón floral. En el ecotipo cajamarquino los tratamientos con SPT presentaron mayor cantidad de números de días en relación con los tratamientos con FDA que obtuvo 85 días en promedio para la aparición del botón (anexo 13). El número alto de botones florales y una abundante fertilidad están ligados a un óptimo suministro con fósforo; la deficiencia de este elemento origina floración más escasa (Agustí, 2003).

4.4.2 Promedio del número de días hasta fruto cosechable

a) Efecto en el número de días hasta fruto cosechable

En el anexo 14 se observa que la media de todos los tratamientos es 172.5 días con un coeficiente de variación de 0.6048. Asimismo, el número de días hasta fruto cosechable fue menor en los tratamientos con niveles altos de fósforo, lo que coincide con Marschner (2002) quien señala que la deficiencia de fósforo tiende a retardar los procesos de maduración del fruto. Según A.I.D. (1968) los síntomas de una planta que le falta fósforo son: retraso en la madurez y falta de desarrollo de frutos y semillas.

b) Interacción ecotipos x niveles

En la figura 40 se aprecia que el ecotipo colombiano con un nivel de 180 kg/ha de P_2O_5 presentó un menor número de días hasta la etapa de fruto cosechable con 167.345 días seguido de 168.315 días del tratamiento con ecotipo colombiano con un nivel de 120 kg/ha de P_2O_5 .

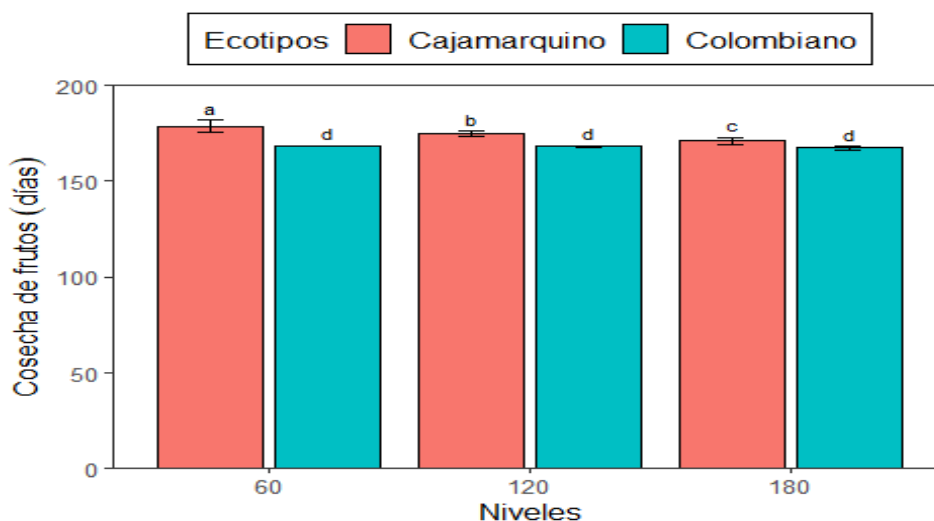


Figura 40: Promedios del número de días hasta etapa de fruto cosechable en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano”

c) Interacción fuentes x niveles

En la figura 41 se muestran los números de días hasta fruto cosechable en el tratamiento con FDA 180 kg/ha de P_2O_5 fue 166.345 días, presentando el desarrollo más acelerado de todos los tratamientos (anexo 15). Estos resultados coinciden con Fernández (2007) quien menciona que el FDA contiene N disponible para la planta que crean condiciones óptimas para la absorción del ión ortofosfato primario ($H_2PO_4^-$), o como ortofosfato secundario (HPO_4^-), el pH influye enormemente en la proporción con la que son absorbidos por la planta. Así, cuando se tienen valores de pH básicos o alcalinos en el suelo, se puede reducir la disponibilidad del ($H_2PO_4^-$) porque puede haber precipitación de sales de fósforo al reaccionar con cationes como el calcio (Ca^{2+}) o magnesio (Mg^{2+}) y formarse fosfatos poco solubles con estos elementos, por el contrario, cuando existen valores de pH ácidos en el suelo, se podrán formar otros compuestos fijando (HPO_4^-) con cationes como el hierro(Fe^{2+}), aluminio (Al^{3+}) y manganeso (Mn^{2+}), los cuales aumentan su solubilidad a medida que disminuye el pH (pH más ácido).

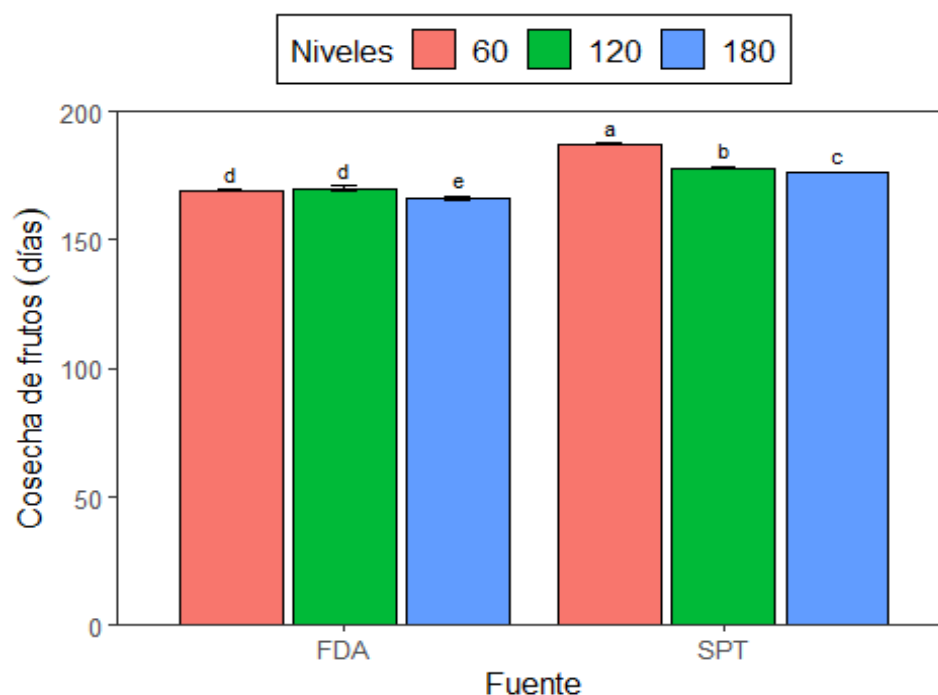


Figura 41: Promedios del número de días hasta etapa de fruto cosechable en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano”, según los niveles de fuentes fosforadas

d) **Interacción ecotipos x fuentes x niveles**

La figura 42 muestra que el tratamiento ecotipo cajamarquino FDA 180 kg/ha de P_2O_5 tuvo un menor promedio de número de días hasta la etapa de fruto cosechable con 165.345 días, en el gráfico no se muestran los otros tratamientos ya que excedieron los números de días de la etapa experimental y se puso en los datos como NA es por esta razón es que algunas interacciones no aparecen en la figura 48 (anexo 15).

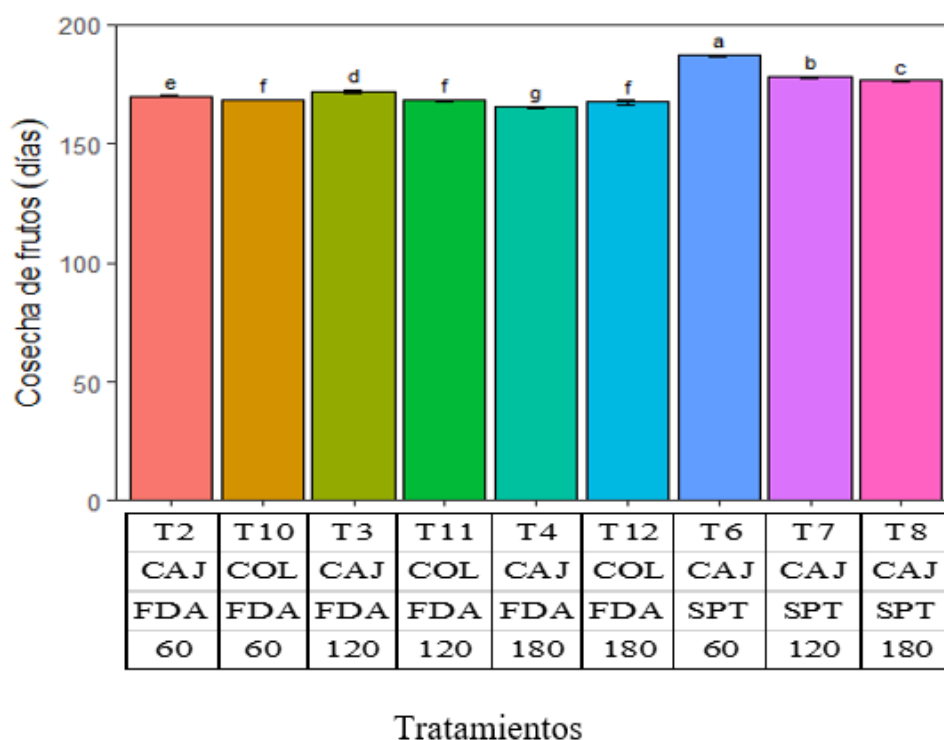


Figura 42: Promedios del número de días hasta etapa de fruto cosechable en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” por tratamientos

El tratamiento ecotipo cajamarquino FDA 180 kg/ha de P_2O_5 presentó 165.34 días, en general el ecotipo cajamarquino mostró menos días hasta la etapa de fruto; entre ambos fertilizantes los tratamientos con FDA alcanzaron mejores resultados a diferencia de los tratamientos con SPT que llegaron a más de 180 días hasta la etapa de fruto cosechable, tal y como se muestra en el anexo 11 las diferencias fueron altamente significativas. Estos resultados coinciden con Thomé y Osaki,

(2010) que reportaron a un bajo suministro de P en la planta produce pobre floración, rendimientos bajos, maduración tardía y bajo contenido de azúcar en frutos. La deficiencia de fósforo en la planta hace que se retarde la madurez del cultivo y también disminuye la resistencia de plantas a las enfermedades (Doyle *et al.*, 1999). Si no se le agrega la cantidad de fósforo suficiente a la planta, ésta no expresará su máximo potencial en rendimiento, ya que el P es muy importante en el almacenamiento y transferencia de energía en las células vegetales (Fageria, 2008). El fosfato acelera la maduración (Estrada *et al.*, 2011).

4.5 Número de flores por planta

a) Efecto en el número de flores por planta

En el anexo 16 se observa que la media de todos los tratamientos es 12.42 flores por planta con un coeficiente de variación de 15.14. Los resultados muestran que, a un mayor nivel de fósforo, mayor número de flores por planta, debido a que en la etapa de crecimiento el 75 por ciento del fósforo que se encuentra en forma iónica libre en las plantas está en las vacuolas, el 25 por ciento restantes en el citoplasma y organelos (González, 2014). Según Huamán (2016) durante la época de crecimiento el fósforo se encuentra en máxima concentración en los puntos de crecimiento de la planta, pero a medida que se acerca la madurez se acumula preferentemente en la porción reproductora.

b) Interacción ecotipos x niveles

El número de flores por planta en el ecotipo cajamarquino cuando se usaron 180 kg/ha de P₂O₅ fue superior a los demás tratamientos, logrando 33.094 flores (figura 43). En esta investigación el ecotipo cajamarquino presentó una mayor producción de flores por planta, esto quiere decir que la producción de flores también se ve influenciada por el ecotipo y el ambiente.

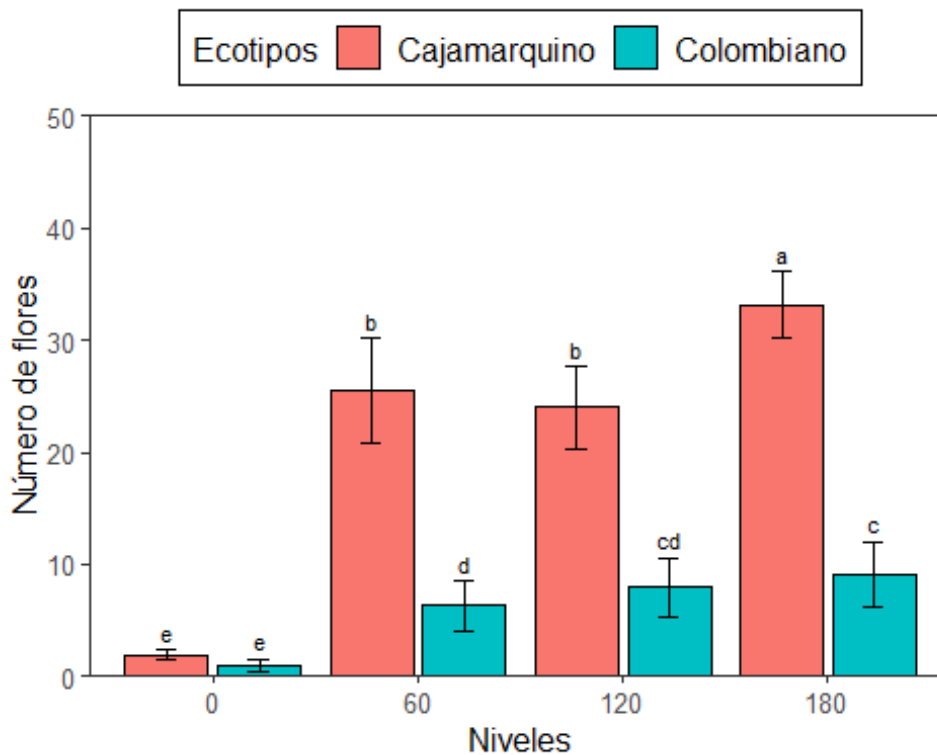


Figura 43: Promedios del número de flores por planta en los ecotipos de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) “cajamarquino” y “colombiano”

c) Interacción fuentes x niveles

En la figura 44 se encontró un mayor número de flores por planta en los tratamientos con SPT, el tratamiento que mostró mejores resultados fueron: el SPT 180 kg/ha de P_2O_5 logrando 21.156 flores, seguido de 21.094 flores del tratamiento FDA 180 kg/ha de P_2O_5 (anexo 16), en la figura 43 se aprecia que los números altos de botones florales y una abundante fertilidad están ligados a un óptimo suministro con fósforo, la deficiencia de este elemento promueve la floración más escasa (Agustí, 2003).

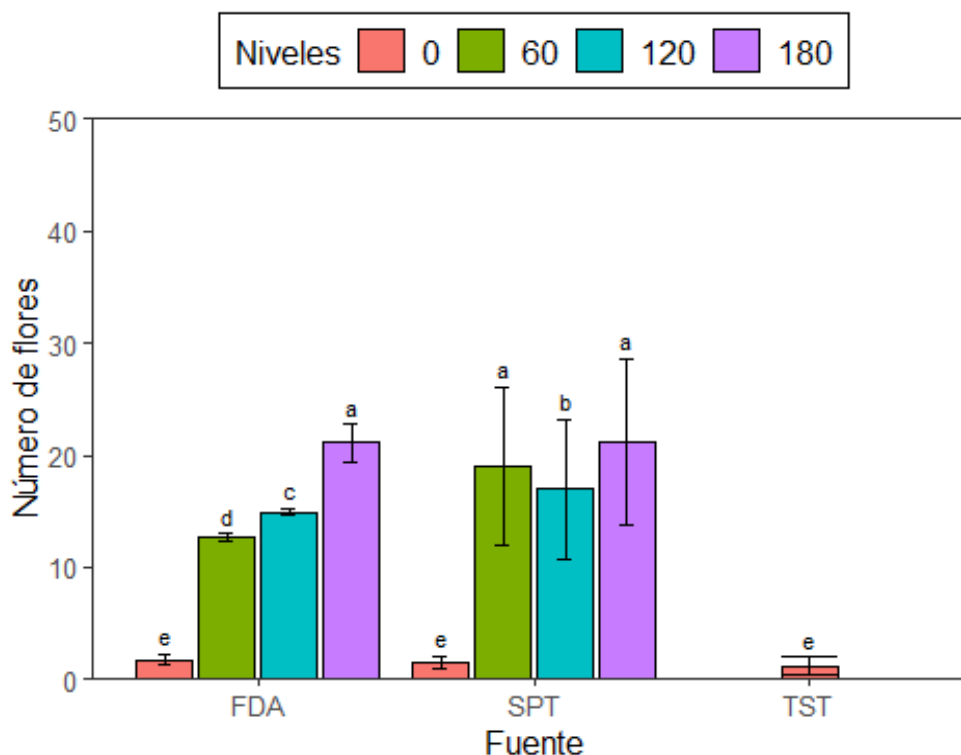


Figura 44: Promedios del número de flores por planta en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” según los niveles de fuentes fosforadas

d) Interacción ecotipos x fuentes x niveles

La figura 45 muestra que el tratamiento ecotipo cajamarquino SPT 180 kg/ha de P_2O_5 presentó un mayor número de flores por planta con 40.75 flores, seguido del ecotipo cajamarquino SPT 60 kg/ha de P_2O_5 ecotipo cajamarquino con 37.625 flores (anexo 17). Silva *et al.* (2015), probaron la influencia del fósforo en la producción de flores de aguaymanto. La relación entre absorción de nutrientes NPK y rendimiento indicó que las dosis recomendadas para *P. peruviana* L. son 300 kg/ha de urea, 150 kg/ha de SPT y 300 kg/ha de KCl para las condiciones del Altiplano de Pasto, dado que incrementó el número de flores/planta, los tratamientos que no tuvieron P en su fertilización presentaron valores muy bajos, , inclusive más bajos que el tratamiento testigo, lo que coincide con los resultados de la figura 45 , los tratamientos sin fertilización fosforada (pero con fertilización nitrogenada y potásica) para el ecotipo colombiano FDA 0 kg/ha de P_2O_5 y SPT

0 kg/ha de P₂O₅, presentaron valores más bajos que el tratamiento testigo sin fertilización NPK para el ecotipo colombiano. El testigo sin fertilización NPK para el ecotipo cajamarquino no tuvo una cantidad significativa de flores, por esa razón el promedio sale 0, en cambio el testigo sin fertilización NPK para el ecotipo colombiano alcanzó sólo 2.4 flores por planta.

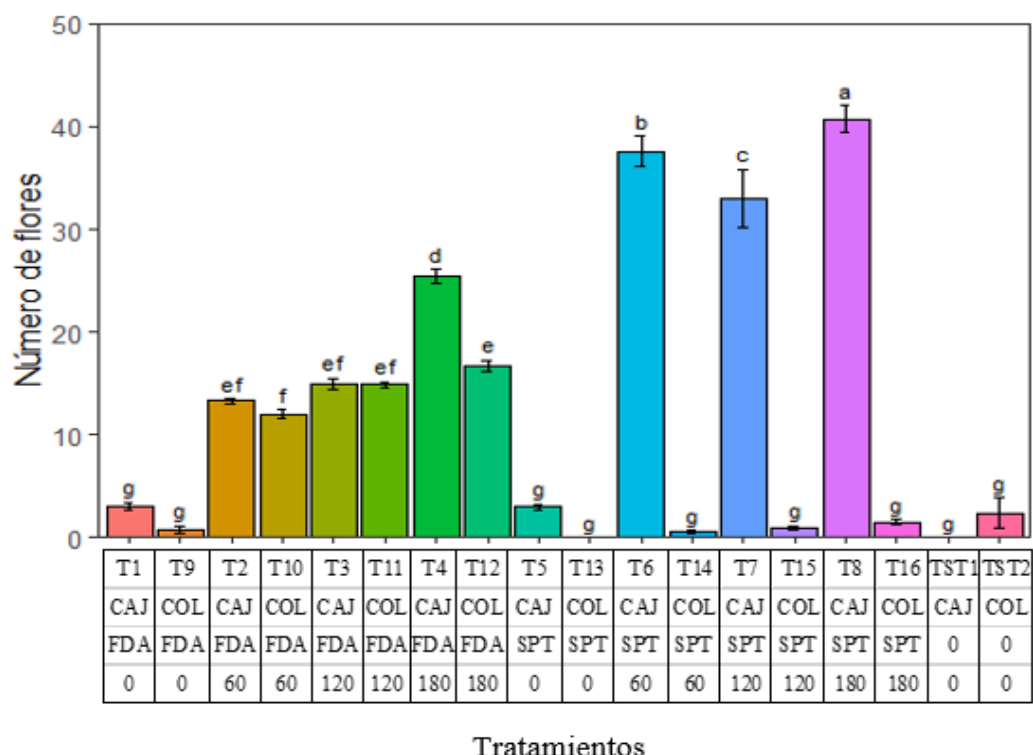


Figura 45: Promedios del número de flores por planta en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” por tratamientos

El fósforo se encuentra en mayor proporción en las hojas jóvenes, flores y semillas en desarrollo (Salisbury *et al.*,1992).

Arshad y Rashid (1999), demostraron en un ensayo de tomate que el tratamiento con superfosfato dió mejores resultados, aumentó el número de flores de tomate, lo que podría proporcionar un mayor número de frutos por planta. En cambio, García *et al.* (2008) probaron el “Efecto del nitrato de potasio, fosfato de potasio y ethephon en la inducción floral de la feijoa o goiabeira serrana (Acca

sellowiana)”, utilizando fertilizantes foliares KNO_3 , KH_2PO_4 y la fitohormona ethephon, comparando los tres productos aplicados, el KH_2PO_4 obtuvo una respuesta favorable en la relación y el porcentaje de estructuras reproductivas, empleando menor tiempo para la formación de cada una de estas estructuras. Este efecto estimulante en la fase reproductiva de la feijoa se atribuye, sobre todo, a la acción del fósforo.

4.6 Número de frutos por planta

a) Efecto en el número de frutos por planta

El anexo 18 muestra que los tratamientos aplicados han tenido algún tipo de efecto en el promedio del número frutos por planta. Se observa que la media de todos los tratamientos es de 6.476 con un coeficiente de variación de 17.32.

b) Interacción ecotipos x niveles

El ecotipo cajamarquino presentó un mayor número de frutos con un nivel de 180 de fuentes fosforadas con 18.938 frutos en promedio por planta, en cambio el ecotipo colombiano 180 presentó solo 6 frutos por planta como máximo (anexo 19). El desarrollo de los frutos normalmente depende de la germinación de los granos de polen y del crecimiento del tubo polínico (Martínez *et al.*, 2013), lo que coincide con los resultados obtenidos en la figura 13 y figura 46 en que el ecotipo cajamarquino presentó un mayor porcentaje de desarrollo del tubo polínico y por ende una mayor cantidad de frutos por planta. Guerrero *et al.* (2016) demostraron que el ecotipo cajamarquino tiene mejor rendimiento que el ecotipo colombiano.

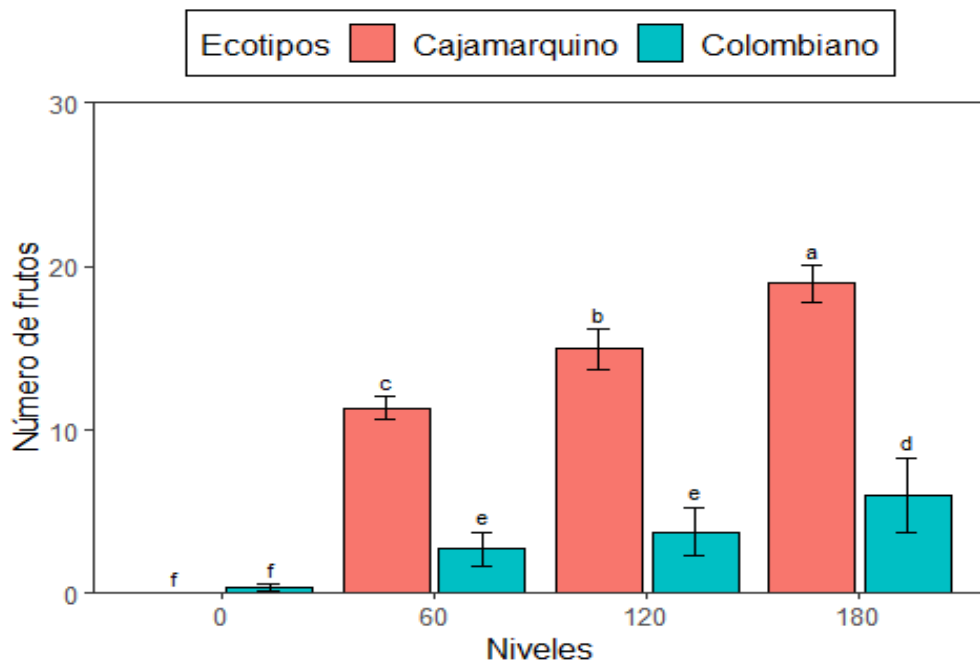


Figura 46: Promedios del número de frutos por planta en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano”

c) Interacción fuentes x niveles

En el anexo 18 se detalla que el número de frutos por planta con el uso de FDA 180 kg/ha de P_2O_5 alcanzó 14.094 frutos por planta, seguido del tratamiento SPT 180 kg/ha de P_2O_5 con 10.844 frutos por planta (figura 47). El desarrollo de los frutos normalmente depende de la germinación de los granos de polen en el estigma (polinización) junto con la fecundación posterior, se puede apreciar que los resultados de la figura 47 coinciden con la figura 17, donde se observa que los valores altos en porcentaje de desarrollo del tubo polínico fueron de los tratamientos con niveles de 180 kg/ha de P_2O_5 , tanto en FDA como en SPT. Concluyendo que a un mayor nivel de fósforo se obtiene mayor número de frutos por planta, lo que coincide con Martínez *et al.* (2013), el balanceo adecuado de nutrientes y su disponibilidad hacen que este factor intervenga en la fecundación y cuajamiento de los frutos (Martínez *et al.*, 2013).

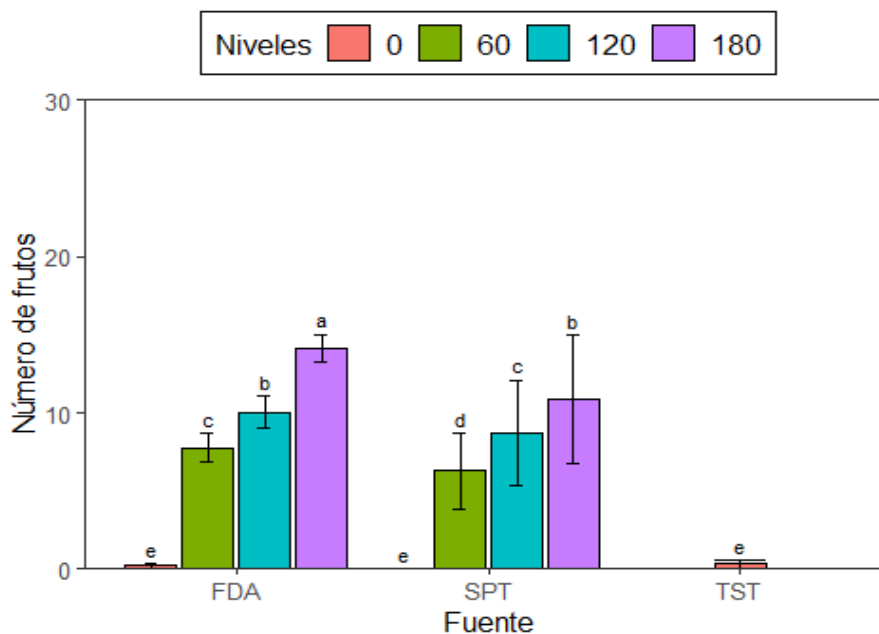


Figura 47: Promedios del número de frutos por planta en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” según los niveles de fuentes fosforadas

d) Interacción ecotipos x fuentes x niveles

La figura 48 describe que el tratamiento ecotipo cajamarquino SPT 180 kg/ha de P_2O_5 presentó 21.69 frutos por planta, superando los 17.38 frutos por planta del tratamiento ecotipo cajamarquino SPT 120 kg/ha de P_2O_5 seguido del tratamiento ecotipo cajamarquino FDA 180 kg/ha de P_2O_5 , los tratamientos con la variedad colombiano presentaron los promedio más bajos del número de frutos por planta, los tratamientos con ecotipo colombiano SPT con los siguientes niveles: 0 kg/ha de P_2O_5 , 60 kg/ha de P_2O_5 y 180 kg/ha de P_2O_5 , no tuvieron resultados, dado que durante la producción de flores se presentó un quemado de la parte apical de la planta (anexo 30).

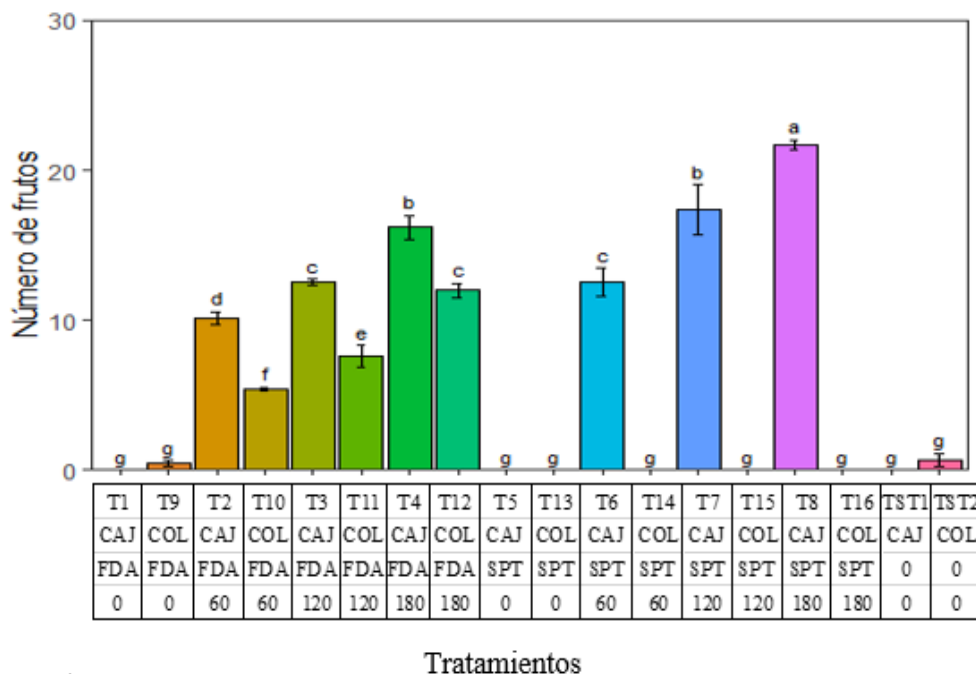


Figura 48: Promedios del número de frutos por planta en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” por tratamientos

El fósforo (P) es un nutriente móvil dentro de la planta y puede ser transportado de los tejidos más viejos hacia los rebrotes. En la época de fructificación las necesidades de este nutriente ocurren principalmente por la movilización de las reservas en la planta (Malavolta, 2006), en la figura 47 observamos que los resultados de los tratamientos en la variedad cajamarquino con SPT 180 kg/ha de P₂O₅ seguido del SPT 120 kg/ha de P₂O₅ superaron a lo demás tratamientos, ya que concentraron P en sus partes vegetativas en los primeros estadios de desarrollo y a medida que aumenta el ciclo del cultivo, tiende a ser destinado a las partes reproductivas para promover el desarrollo de flores (Marschner, 1995). Sin embargo, también depende de la variedad y las condiciones medioambientales, tal y como se muestra en los tratamientos con SPT que no presentaron frutos, puesto que la planta presentaba quemaduras en la parte apical y los botones florales se pasaban (anexo 30).

En la figura 17 el tratamiento que presentó un mayor porcentaje de desarrollo del tubo polínico fue el tratamiento ecotipo cajamarquino SPT 180 kg/ha de P₂O₅ seguido de los tratamientos ecotipo colombiano SPT 180 kg/ha de P₂O₅ y ecotipo cajamarquino FDA 180 kg/ha de P₂O₅, estos resultados coinciden con la figura 48

en que el número de frutos por planta en el ecotipo cajamarquino con SPT 180 kg/ha de P_2O_5 presentó el mayor número de frutos por planta. También se puede observar que los tratamientos con SPT no presentaron resultados, dado que presentaron un quemado apical de la planta y no había un buen cuajado de frutos.

4.7 Número de semillas por fruto

a) Efecto en el número de semillas por fruto

En el anexo 20 se observa que la media de todos los tratamientos es 85.64 semillas por fruto con un coeficiente de variación de 8.461. Un adecuado suplemento de P es esencial para el desarrollo de nuevas células y para la transferencia del código genético de una célula a otra, forma parte de los genes y cromosomas y es esencial en el proceso de transferencia del código genético de una generación a la otra a medida que se van desarrollando nuevas células (Salisbury y Ross, 1992). Abundante cantidad de P se acumula en las semillas, asimismo es esencial para la formación y desarrollo de la semilla (Doyle *et al.*, 1999).

b) Interacción ecotipos x niveles

En la figura 49 se aprecia que el ecotipo cajamarquino presentó diferencias significativas frente al ecotipo colombiano y que el nivel 180 kg/ha de P_2O_5 presentó un promedio de 195.52 semillas por fruto superando a los demás tratamientos.

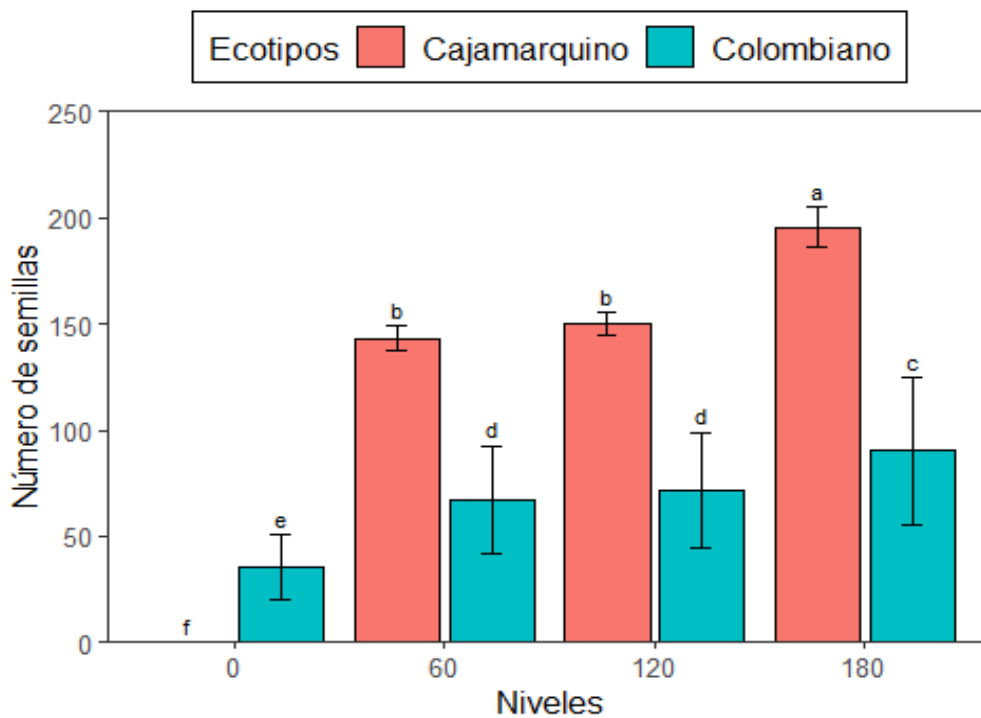


Figura 49: Promedios del número semillas por fruto en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano”

c) Interacción fuentes x niveles

El anexo 20 detalla que el mayor número de semillas por fruto se obtuvo con el uso de FDA, los mejores tratamientos fueron: FDA 180 kg/ha de P_2O_5 con 176.236 semillas por fruto, FDA 120 kg/ha de P_2O_5 con 140.191 semillas por fruto y 131.269 semillas por fruto del tratamiento FDA kg/ha de P_2O_5 . Los resultados coinciden con Estrada *et al.* (2011) que determinaron que el fosfato acelera la maduración y promueve la producción de semillas ; incluso es parte importante de numerosos compuestos fundamentales en el metabolismo vegetal, tales como biosíntesis de glúcidos, biosíntesis de lípidos, síntesis de clorofilas y carotenoides, glucólisis y metabolismo de los ácidos orgánicos , debido a que el contiene amonio , este crea un ambiente adecuado para que la planta pueda absorber el ión ortofosfato de manera eficiente (figura 50).

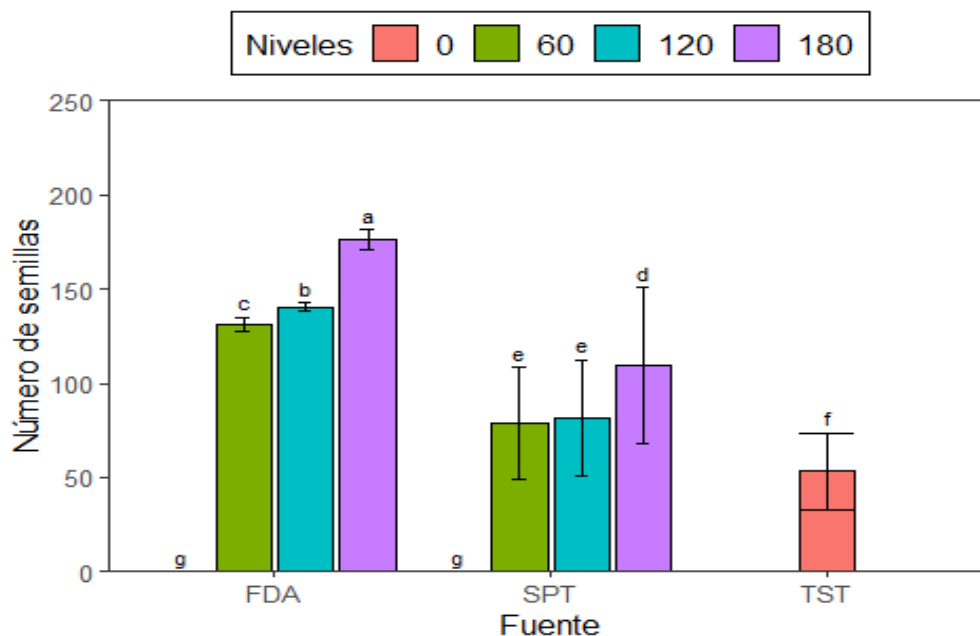


Figura 50: Promedios del número semillas/fruto en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” según los niveles de fuentes fosforadas

d) Interacción ecotipos x fuentes x niveles

La figura 51 indica que el número de semillas por fruto que usaron SPT 180 kg/ha de P₂O₅ en el ecotipo cajamarquino resultaron 218.782 semillas por fruto, superando a los otros tratamientos, el tratamiento ecotipo colombiano FDA 180 kg/ha de P₂O₅ le sigue con 180.22 semillas por fruto, luego el tratamiento ecotipo cajamarquino FDA 180 kg/ha de P₂O₅ con 172.25 semillas por fruto, los tratamientos que presentaron una mínima cantidad fueron: testigo sin fertilización NPK ecotipo colombiano presentaron 106.88 semillas por fruto, ecotipo cajamarquino FDA kg/ha de P₂O₅ presentaron 128.44 semillas por fruto y ecotipo colombiano FDA 60 kg/ha de P₂O₅ 1134.097 semillas por fruto (anexo 21).

Los tratamientos sin fertilización fosforada no presentaron resultados ya que su desarrollo fue muy lento y no se llegó hasta la etapa de producción de fruto, a excepción de los tratamientos con ecotipo colombiano SPT 60 kg/ha de P₂O₅, ecotipo colombiano SPT 120 kg/ha de P₂O₅ y ecotipo colombiano SPT 180 kg/ha de P₂O₅ que presentaron quemaduras en la parte apical de la planta (anexo 30) por esta razón no se obtuvo datos, los tratamientos con FDA no presentaron problemas de quemado en la parte apical de la planta .

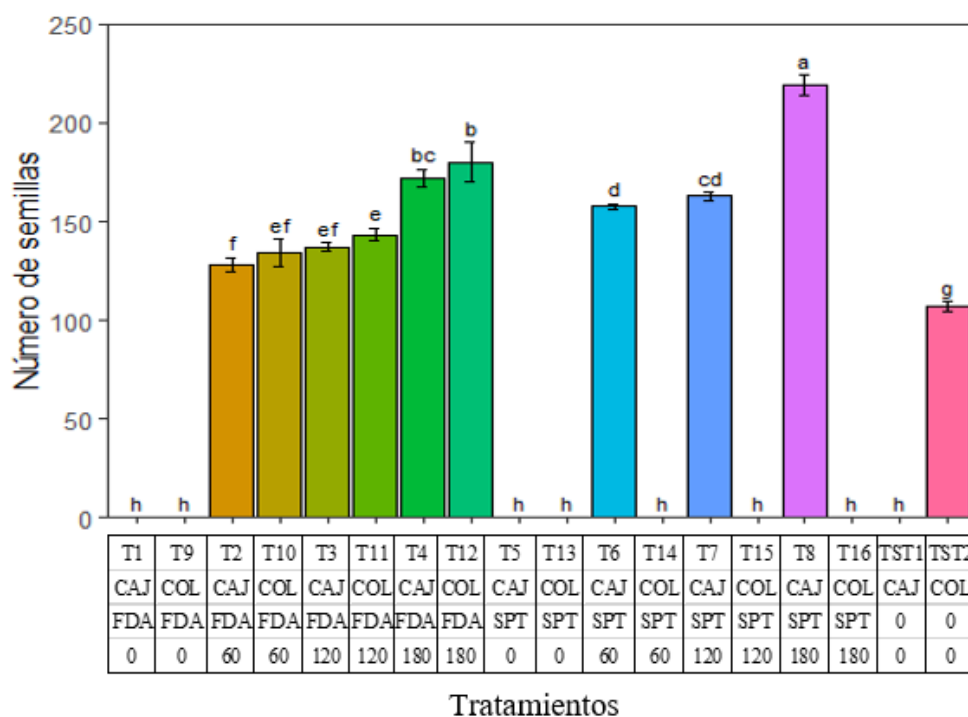


Figura 51: Promedios del número semillas/fruto en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” por tratamientos

El P es también parte de la fitina, que es la principal forma de almacenamiento de P en la semilla. Alrededor del 50 por ciento del P total en las semillas de las leguminosas se almacena como fitina y del 60 al 70 por ciento en los cereales. Un mal suplemento de P puede reducir el tamaño, número y viabilidad de las semillas (Doyle *et al.*, 1999). Esto coincide los resultados de la figura 48 en que los tratamientos con altos niveles de fósforo presentaron mayor número de semillas por fruto en particular el tratamiento ecotipo cajamarquino SPT 180 kg/ha de P₂O₅.

4.8 Altura de planta

4.8.1 A los 90 días del trasplante definitivo

a) Efecto en la altura de planta a los 90 días

En el anexo 22 se observa que la media de todos los tratamientos es 21.15 con un coeficiente de variación de 16.68. Fernández (2007) expresó que la falta de fósforo repercute en el alargamiento del tallo de las plantas, produciendo plantas enanas.

b) Interacción ecotipos x fuentes x niveles

En el anexo 23 se aprecia que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos en la medida de la altura en los primeros 90 días de la medida de la altura, sólo hubo variaciones en la altura de los tratamientos con FDA, también indica que en los 90 primeros días el tratamiento ecotipo cajamarquino FDA 180 kg/ha de P₂O₅ alcanzó una altura de 52.18 cm superando a los demás tratamientos, seguido del tratamiento ecotipo colombiano FDA 180 kg/ha de P₂O₅ con 41.19 cm, en cambio los tratamientos con SPT no presentaron variaciones en su altura, mostraron resultados similares a los tratamientos testigo. Por lo tanto, podemos decir que los tratamientos con FDA presentaron una respuesta más rápida de crecimiento (figura 52).

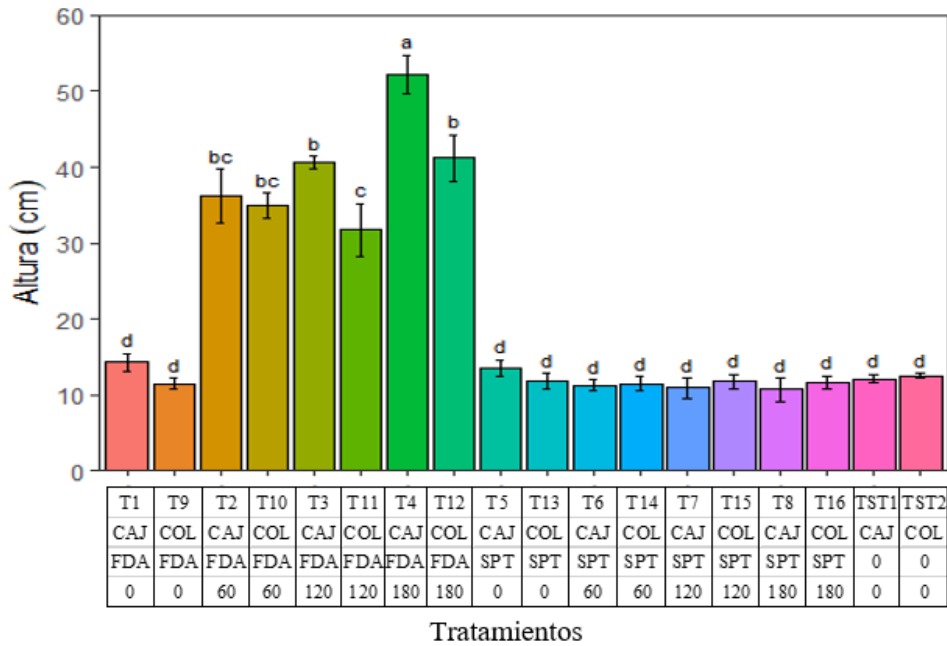


Figura 52: Promedios de la primera medida de la altura de planta en cm en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” por tratamientos

Los cultivos que presentan deficiencias de P muestran un crecimiento inicial lento (Rodríguez *et al.*, 2000). En la figura 49 podemos observar un crecimiento acelerado de los tratamientos con FDA, dado que al realizarse la disolución de gránulos de FDA se libera amonio, debido a que las plantas absorben el nitrógeno en forma de amonio se acidifica el entorno radicular, facilitando la disolución y

liberación del fosfato del fertilizante, en cambio el superfosfato no presenta un medio óptimo para la liberación de los fosfatos, puesto que el P es uno de los principales macronutrientes esenciales requeridos por todos los organismos vivos, pero también es uno de los elementos menos disponibles de la rizosfera, debido a que las reacciones que ocurren alrededor del fertilizante con constituyentes del suelo y con compuestos del fertilizante disminuyen la concentración de P en la solución, resultando fosfatos menos solubles, el fenómeno involucrado es la fijación, absorción o retención de P y comprende procesos de adsorción, precipitación e inmovilización biológica (Sims & Pierzynski, 2005). Estos procesos son los responsables de que sólo entre el 10 por ciento y 30 por ciento del fósforo aplicado al suelo como fertilizante sea absorbido por las plantas durante la primera estación de crecimiento, quedando el resto como productos de la reacción fertilizante-suelo, y quedando potencialmente disponible para los próximos cultivos (Rubio & Álvarez, 2010), esto coincide con los resultados de la figura 49, ya que el SPT todavía no está disponible para las plantas de *Physalis peruviana* L. y por eso no se muestran diferencias en la altura .

Además, fosfato diamónico es un producto con alta solubilidad en agua, lo que asegura una rápida respuesta a la fertilización, el nitrógeno incluido permite cubrir parte de las necesidades del cultivo durante el primer periodo de crecimiento de la planta, es por esta razón que vemos diferencias altamente significativas en los tratamientos con FDA.

4.8.2 A los 130 días del trasplante definitivo

a) Efecto en la altura de planta a los 130 días

En anexo 24 muestra que la media de todos los tratamientos es 65.98 días con un coeficiente de variación de 3.853.

b) Interacción ecotipos x fuentes x niveles

En la figura 53 se aprecia que para la medida de la altura a los 130 días el tratamiento con FDA 180 kg/ha de P₂O₅ ecotipo colombiano alcanzó 128.92 cm de altura (anexo 24), superando a los demás tratamientos.

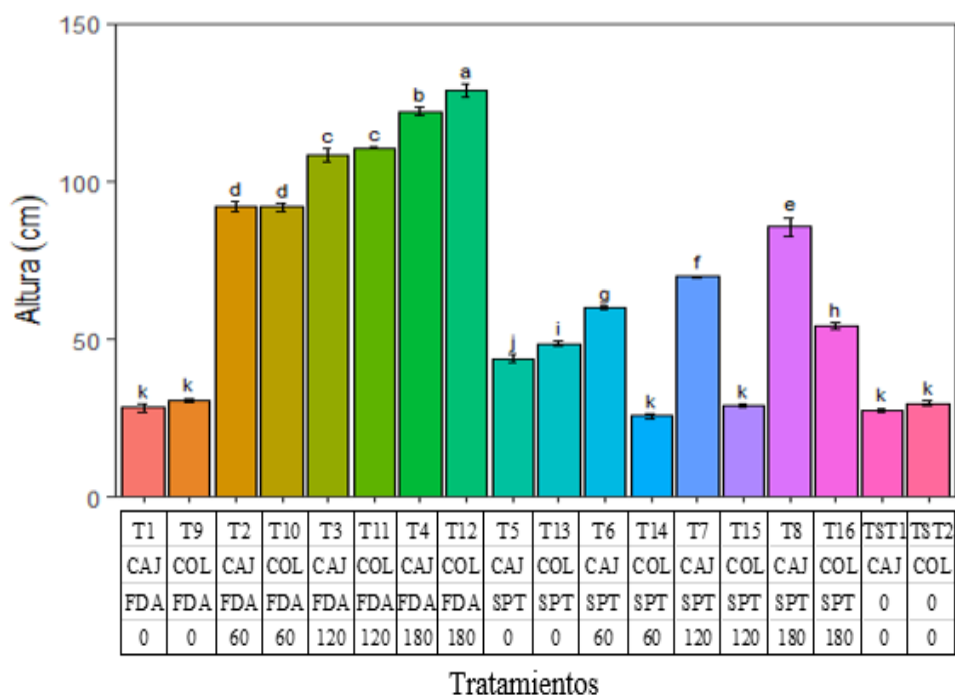


Figura 53: Promedios de la segunda medida de la altura de planta en cm en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” por tratamientos

Los tratamientos con el ecotipo colombiano fertilizados con SPT mostraron los valores de altura de planta más bajos. En ambos ecotipo los tratamientos fertilizados con FDA presentaron diferencias altamente significativas con respecto a la fertilización con SPT.

4.8.3 A los 180 días después del trasplante

a) Efecto en la altura de planta a los 180 días

En la figura 54 que los tratamientos con SPT presentaron mejores resultados de altura en el ecotipo cajamarquino y con la fuente FDA fue en el ecotipo colombiano muestra que el ecotipo cajamarquino presentó mejores resultados a comparación del ecotipo colombiano, sin embargo, el tratamiento ecotipo cajamarquino SPT 180 kg/ha alcanzó la mayor altura, lo que coincide con Guerrero *et al.* (2016) que determinaron que el cajamarquino llega a tener mejor altura que el colombiano.

b) Interacción ecotipos x fuentes x niveles

La figura 54, indica que los tratamientos que presentaron una mayor altura en la última medida fueron: el ecotipo cajamarquino SPT 180 kg/ha de P₂O₅ con 177.885 cm de altura seguido del tratamiento ecotipo colombiano FDA 180 kg/ha 168.522 cm (anexo 27).

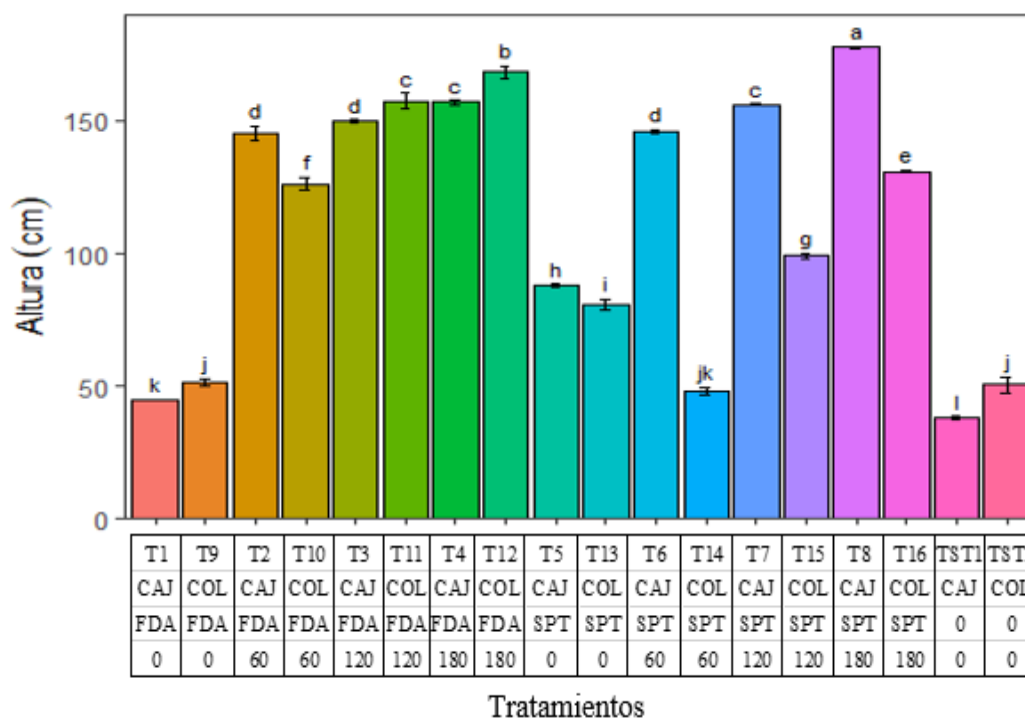


Figura 54: Promedios de la tercera medida de la altura de planta en cm en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano” por tratamientos

La figura 55 nos muestra que los tratamientos con FDA en ambos ecotipos, fueron superados por los tratamientos con SPT en el ecotipo cajamarquino y los tratamientos con SPT en el ecotipo colombiano presentaron valores bajos en la altura de planta, cercanos a los tratamientos sin fertilización fosforada y los tratamientos testigo, debido a que ocurrió la quemadura apical (anexo 30). También observamos que en la primera medida de la altura no hubo una respuesta rápida de los tratamientos con SPT, recién a partir de la segunda y tercera medida se observa los efectos de los tratamientos con SPT en relación a la altura.

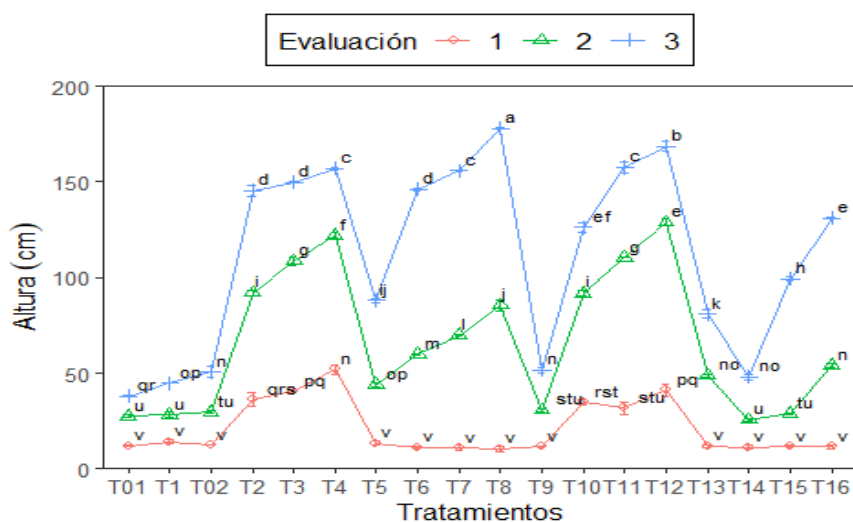


Figura 55: Evolución de la altura en la 1°, 2° y 3° medida por tratamientos.

Después del nitrógeno, el P es el nutriente más limitante para el crecimiento de las plantas (Gebrim *et al.*, 2010; Hernández *et al.*, 2007) y esto se observa en la figura 54, los tratamientos que solo tenían nitrógeno y potasio alcanzaron las siguientes medidas: ecotipo cajamarquino FDA alcanzó una altura de 44.875 cm , ecotipo colombiano FDA 51.685 cm , ecotipo cajamarquino SPT 87.945 cm y ecotipo colombiano SPT 81.002 cm de altura, esto se debe a la baja velocidad de difusión y a la alta velocidad de absorción del fosfato en las plantas, situaciones que rápidamente crean una zona de agotamiento libre de fosfato, alrededor de la raíz (Estrada *et al.*, 2011). En la figura 52 se observa un crecimiento acelerado en los tratamientos que tienen FDA y esto es consecuencia de que al tener nitrógeno en forma de amonio hace que el entorno radicular se acidifique, dado que, en el proceso de nitrificación al convertir el amonio en nitrato, se liberan iones de H^+ , facilitando de esta manera la disolución y liberación de fosfatos del fertilizante. El fósforo puede ser absorbido y asimilado por las plantas en forma de fosfato ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} o PO_4^{3-}); sin embargo, las plantas pueden desprender grupos de fosfatos de los compuestos orgánicos, a través de sus enzimas y posteriormente absorberlos (Ticconi *et al.*, 2001). En unos ensayos con fresa Castro *et al.* (2005) encontraron diferencias estadísticas significativas en área foliar y en peso de biomasa seca de raíces entre plantas que crecían en condiciones normales de

abastecimiento de P (testigo) y plantas con deficiencia de este nutrimento. Estas últimas tuvieron un peso de materia seca de raíces menor en 68 por ciento respecto al testigo, debido a que la condición de deficiencia extrema de P afecta los puntos de crecimiento, lo que a su vez causa una reducción de crecimiento de todas las partes de la planta. El P influye en muchos procesos de las plantas, así que la adquisición de nutrientes de lenta movilidad, como sucede con P, está fuertemente influenciada por la morfología de la raíz y sus propiedades fisiológicas: las raíces liberan de ácidos orgánicos (citrato), liberan fosfatasa y, por lo tanto, provocan el aumento de su actividad en la rizosfera (Sánchez *et al.*, 2009).

4.9 Concentración de mg de P por mg de polen

En el anexo 29 se aprecia que el tratamiento con el ecotipo cajamarquino SPT 120 kg/ha de P_2O_5 presentó la mayor concentración de mg de P por mg de polen con 0.0149 mg de P por mg de polen, seguido del tratamiento ecotipo cajamarquino SPT 180 kg/ha de P_2O_5 con 0.01348 mg de P por mg de polen, el tratamiento ecotipo cajamarquino FDA 120 kg/ha de P_2O_5 presentó 0.01341 mg de P por mg de polen, es decir los mejores resultados se obtuvieron en el ecotipo cajamarquino, el tratamiento ecotipo colombiano FDA 0 kg/ha de P_2O_5 presentó la menor concentración debido a que solo tenía fuentes nitrogenada y potásica. El testigo 1 cajamarquino no presentó resultados, puesto que no tuvo producción de flores hasta el final de la etapa experimental, sin embargo, el testigo 2 a pesar de no tener ninguna fertilización presentó solo 0.004 mg de P por mg de polen (figura 56).

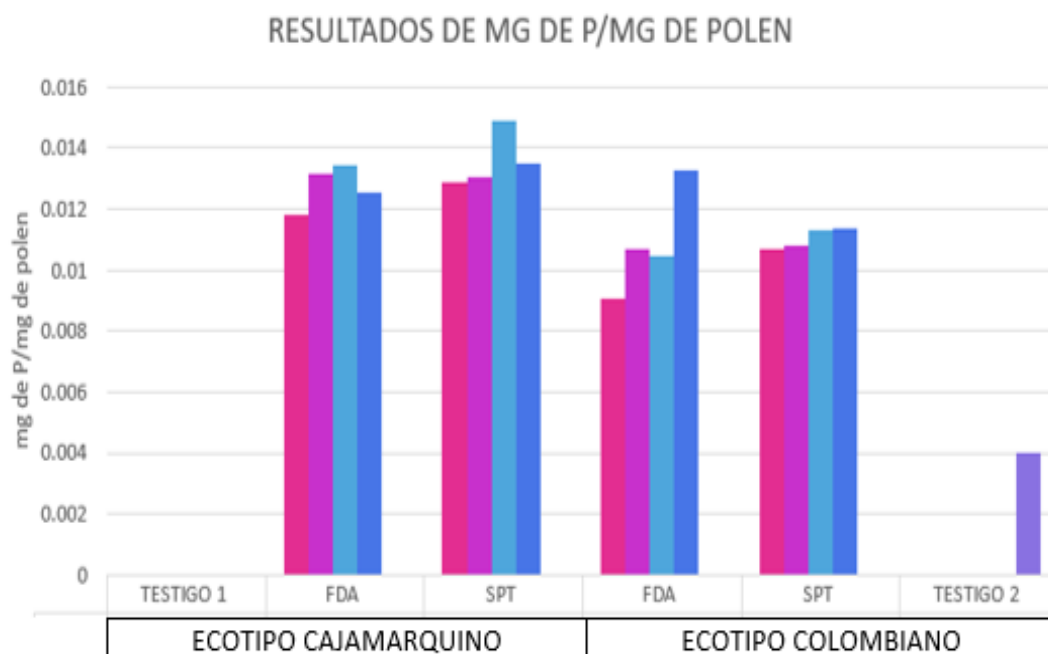


Figura 56: Concentración de mg de P por mg de polen en los ecotipos de aguaymanto “cajamarquino” y “colombiano”

Según Álvarez *et al.* (2001), en muchas regiones agrícolas es común aplicar el fertilizante fosfatado después de que la plántula ha emergido, tras aplicar P en cantidades de 81 y 54 mg·kg⁻¹ de suelo (para papa y maíz, respectivamente) usando como fuente el superfosfato triple, indican que hubo mayor acumulación de materia seca de P en los distintos órganos de la planta, en la figura 53 se muestra que el tratamiento ecotipo cajamarquino SPT 120 kg/ha de P₂O₅ presentó mayor concentración de fósforo, inclusive fue mayor que el tratamiento ecotipo cajamarquino SPT 180 kg/ha de P₂O₅, a pesar que este macro elemento sea aplicado en mayor cantidad viene a ser el más limitante para el crecimiento de las plantas (Schachtman *et al.*, 1998), debido a la baja disponibilidad de P, que normalmente no excede de 10 µM en la solución del suelo (Raghothama, 1999). Su baja difusión en los suelos y a un alto valor de pH en los suelos, generalmente no favorece la solubilidad del P (Havlin *et al.*, 1999). El tercer tratamiento que presentó un alto contenido de mg de P por mg de polen fue el ecotipo cajamarquino FDA 120 kg/ha de P₂O₅, superando al tratamiento ecotipo cajamarquino FDA 180 kg/ha de P₂O₅ y esto se debe a que la fijación limita la disponibilidad del P (Raghothama, 2000).

El P que absorben las plantas es el que se encuentra en la solución del suelo en forma de fosfato mono y di ácido. Su concentración en la solución es muy baja, variando ampliamente entre suelos, siendo en general menor al 1 por ciento del P total, por lo que para satisfacer la demanda de los vegetales el P debe ser repuesto a la solución del suelo varias veces durante el ciclo del cultivo (Pierzynski, 2005). La remoción de P desde la solución del suelo luego de la adición de fertilizantes fosfatados es más probablemente un continuo de procesos, desde la adsorción a la precipitación, que resultan en un continuo de estados químicos (Fixen & Grove, 1990).

V. CONCLUSIONES

- El fósforo tuvo efecto en la viabilidad del grano de polen, encontrándose diferencias significativas en las respuestas para los ecotipos, fuentes y niveles.
- El ecotipo cajamarquino respondió mejor a la aplicación de fósforo en las variables: viabilidad del grano de polen, flores por planta, frutos por planta, semillas por fruto, altura de planta y mg de fósforo por mg de polen.
- El fósforo afectó a la producción de las semillas en ambos ecotipos, el ecotipo cajamarquino produjo mejor que el ecotipo colombiano.
- El fósforo también tuvo efecto en la receptividad del estigma, número de días hasta la aparición de botón floral y frutos cosechables, número de flores por planta, número de frutos por planta, número de semillas por fruto y altura de planta.
- De acuerdo con los resultados de este trabajo, se puede concluir que para mejorar la viabilidad del polen es importante tener en cuenta la cantidad de fósforo en la fertilización.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir realizando investigaciones de los requerimientos nutricionales de los nuevos ecotipos de *Physalis peruviana* L. de origen peruano para evaluar su rendimiento, calidad y su adaptación a los diferentes ambientes de producción.
- Realizar estudios sobre la respuesta del fósforo en la producción de flores con el manejo de poda en aguaymanto.
- Se recomienda utilizar SPT a 180 kg/ha de P₂O₅ para una producción acelerada de flores y un buen rendimiento en *Physalis peruviana* L. de la variedad cajamarquino.

BIBLIOGRAFÍA

- Abak, K.; Guller, H.Y.; Sari, N.; Paksoy, M. (1994). Earlines and yield of *Physalis* (*P. ixocarpa* Brot. and *P. peruviana* L.) in greenhouse, low tunnel and open field. *Acta Hort.* 366: 301-306
- Adex Data Trade, 2019. Estadísticas del producto. Informe anual 2019. ADEX , Lima, Perú; Octubre . Consultado 18 de Diciembre del 2019. Disponible en <http://www.adexdatatrade.com/Members/EstadisticaProducto.aspx?partida=0810905000>.
- AGENCIA PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL, A.I.D. (1968). Manual de Fertilizantes. México. 236p.
- Agustí, M. (2003). Citricultura. 2nd. ed. Madrid: Mundi-Prensa. 422p.
Chasquibol Silva, N; Yácono Llanos, JC.2015. composición fitoquímica del aceite de las semillas del fruto del “aguaymanto”, *Physalis peruviana* L. *Revista Sociedad Química Perú.* 81(4):312-317.
- Álvarez, S.; Etchevers, J.; Ortiz, C.; Núñez, E.; Martínez, G.; Castellano, J. (2001). Nutrición con fósforo de plántulas de maíz y papa. *Terra* 19 (1):55-65.
- Araujo, G.E. (2009). El cultivo de Aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) VI parte. Cajamarca, Perú. Recuperado de <http://aguaymanto.blog.galeon.com/1240245660/cultivo-de-aguaymanto-physalisperuviana-vi-parte/>.
- Arshad, M.; Rashid, A. (1999). Yield comparison between two varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) under the influence of NPK. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 2: 635 - 636.
- Belmonte, J.; Roure, J. (2010). *Aerobiología*. España: Universidad Autónoma de Barcelona.

- Bermejo, D. (2011). Evolución y situación actual de los estudios del polen atmosférico referencia a la polinización en Zaragoza. España: Academia de Farmacia Reino de Aragón.
- Brito, D. (2002). Producción de uvilla para exportación. Fundación Ecuatoriana de Tecnología Aprobada (FEDETA).
- Burke, J.J.;Velten,J.;Oliver, M.(2004). In vitro analysis of cotton pollen germination. *Agronomy Journal* 96(2): 359-368.
- Carbajal, Y. (2018). Caracterización citogenética de tres ecotipos de *Physalis peruviana* L. “Aguaymanto” provenientes del departamento de Cajamarca: Diversidad y evolución. Tesis para optar al título de Biólogo. Universidad Mayor de San Marcos. Facultad de Ciencias Biológicas.
- Castro, G.; Rodríguez, A.; Hoyos, M. (2005). Marginal mineral nutrition of strawberry (*Fragaria x ananassa*) plants grown hydroponically. *Acta Horticultura* 697: 321-327.
- Chasquibol, N.; Yácono, J.C. (2015). Composición fitoquímica del aceite de las semillas del fruto del “aguaymanto”, *Physalis peruviana* L. *Revista Sociedad Química Perú*. 81(4):312-317.
- Chautá, A.; Campbell, S.A.; Bonilla, M.A.; Thaler, J.S.; Poveda, K. (2012). Effects of natural and artificial pollination on fruit and offspring quality. *Basic and Applied Ecology*. 13, 524-532.
- Chia, C.L.; Nishima, M.S.; Evans, D.O. (1997). Poha. CTAHR FactSheet. Horticultural Commodity No. 3. University of Hawai.Manoa. 2 p.
- Consiglio, T. K. and Bourne, G. R. (2001). Pollination and breeding system of a neotropical palm *Astrocaryum vulgare* in Guyana: a test of the predictability of syndromes. *J. Trop. Ecol* 17:577-592.
- Cotes, J.M.; Grisales, N.Y.; Orozco, L.F.; Trillos, O. (2010). Pollen fertility studies in accessions of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). ISSN.Volumen 6 N°1.P 42-51.
- Coutinho, E.; Orioli, J.; Silva, E.; Coutinho, N.A.; Cardoso, S. (2014). Nutrición, producción y calidad de frutos de tomate para procesamiento en función de la fertilización con fósforo y potasio. *Agrociencia Uruguay* 18(2):40-46.

- Doyle, W.; Sultenfuss, J. (1999). Phosphorus for agriculture. Functions of Phosphorus in Plants. International Plant Nutrition Institute. Better crops 83(1):6-7
- Erdtman, G. (1966). Pollen Morphology and plant Taxonomy. Angiosperms. Suecia: Almqvist and Wiksell.
- Estrada, E.; Martínez, M. (1999). *Physalis peruviana* L. (Solanoideae; Solaneae) and allied genera: I. A morphology-based cladistic analysis. In: Nee M, Symon DE, Lester RN, Jessop JP ed(s). Solanaceae IV: advances in biology and utilization. Kew: The Royal Botanic Gardens, Kew, pp.139-159.
- Estrada, E.; Trejo, L.I.; Gómez, F.C.; Núñez, R.; Sandoval, M. (2011). Respuestas bioquímicas en fresa al suministro de fósforo en forma de fosfito. Revista Chapingo Serie Horticultura 17 (3): 129-138.
- Fageria, N. K. (2008). The use of nutrients in crop plants. CRC Press. Boca Raton, FL, USA. 430 p.
- Fernández, M.T. (2007). Fósforo: amigo o enemigo ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. Ciudad de La Habana, Cuba. vol. XLI, núm. 2, 2007, pp. 51-57.
- Fischer, G. y Almanza, P.J. (1993). Nuevas tecnologías en el cultivo de la uchuva, *Physalis peruviana* L. Rev. Agrodesarrollo 4: 290-294.
- Fischer, G. (2000). Crecimiento y desarrollo. In: Flórez, V.J.; Fischer, H.; SORA, A.D. (Ed.). Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. p.9-26.
- Fischer, G.; Flores, V. y Sara, A. (2000). Producción, Postcosecha y Exportación de la Uchuva. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Sede Bogotá, Pago. 166.
- Fischer, G.; Miranda, D. (2012). Uchuva (*Physalis peruviana* L.). In: Fischer, G. (Ed.). Manual para el cultivo de frutales en el trópico. Bogotá: Produmedios. p.851-873.

- Fischer, G.; Melgarejo, L.M. (2013). Eco fisiología de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). In: Duarte, A.; Villalobos, R.; Moreno, D.A.; Gil, Á.; Ferreres, F.; García, C.; Heinzen, H.; Cesio, V.; Pássaro, C.; Osorio, J.; Londoño, J. (Ed.). *Physalis peruviana* L.: fruta andina para el mundo: cultivo, recurso genético, agroindustria, normativa y mercado. Madrid: Editorial Académica Española.
- Fixen, P. and Grove, J. (1990). Testing soils for phosphorus. Pp 141-180. In westerman, R.(Ed.) Soil testing and plant analysis. Third edition. SSSA Book series.
- França , L.V.; Nascimento, W.; Carmona , R. (2010). Tolerância à dessecação de pólen de berinjela. Rev. Bras. Sementes. 32(1):53-59.
- Galvis, J.A.; Fischer, G.; Gordillo, O.P. (2005). Cosecha y pos cosecha de la uchuva. In: Fischer, G.; Miranda, D.; Piedrahíta, W.; Romero, J. (Ed.). Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. p.165-190.
- García, O; Dueñez, E; Fischer, G; Chaves, B; Quintero, O. (2008). Efecto del nitrato de potasio, fosfato de potasio y ethephon en la inducción floral de la feijoa o goiabeira serrana (*Acca sellowiana*). Revista Brasileira Frutícola 30(3):577-584.
- Gastelum, D. (2012). Demanda nutrimental y manejo agronómico de *Physalis peruvianum* L. Texcoco: Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas.
- Gebrim, F.; Novais, R.; Silva, I.; Schulthais, F.; Vergütz, L.; Procópio, L.; Jesús, G. (2010). Mobility of inorganic and organic phosphorus forms under different levels of phosphate and poultry litter fertilization in soils. Revista Brasileira de Ciência do Solo 34(4): 1195-1205.
- González, C.; Durán, M.; Morales; Martínez, S. (2014). Fósforo en la planta. Departamento de edafología. Universidad Autónoma de Baja California.
- González, M. (2016). Microgametogenesis. Botánica morfológica. Morfología de Plantas Vasculares. Argentina: Universidad Nacional del Nordeste.

- Grisales, N.Y.; Trillo, O.; Cotes, J.; Orozco. (2008). Estudios de viabilidad y fertilidad de polen en 49 accesiones de uchuva (*Physalis peruviana* L.). en Rionegro, Antioquia Colombia. Revista Facultad de Agronomía (Sometido). Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.
- Guerrero, LA. (2016). Adaptación y rendimiento de cinco ecotipos de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) en la parte media del Valle Chancay, Lambayeque. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo.
- Gupta; S. K. Y Roy; S. K. 1981. The floral biology of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L. Solanaceae). Indian journal of agricultural science 51(5):353 – 355.
- Havlin, J. L.; Beaton, J.D.; Tisdale, S. L. and Nelson, W.L. (1999). Soil Fertility and Fertilizers. 6th Ed. Prentice Hall, Inc. New Jersey, U.S.A. 499 p
- Hernández, G.; Ramírez, M.; Valdés, O.; Tesfaye, M.; Graham, M. Czechowski, T.; Vance, C. (2007). Phosphorus stress in common bean: root transcript and metabolic responses. Plant Physiology 144 (2): 752-767.
- Huamán, J.C. 2016. Fertilización fosforada del cultivo de soya (*Glycine max* L.) en un suelo Dystropept de Tingo María. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la selva.
- IFA, Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (1992). World Fertilizer use Manual, 1992, IFA, París, 632p. Página Web <http://www.fertilizer.org>, también disponible en versión CD.
- INIAP, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2016). Galería de Imágenes Tesis viabilidad de polen de dos solanáceas en condiciones de laboratorio. Tumbaco Ecuador.
- INKANAT,2018. Aguaymanto andino: el antioxidante por excelencia. INKANAT, España;26 de abril. Consultado el 28 de abril del. Consultado el 28 de abril del 2018.Disponible en <http://www.inkanat.com/es/arti.asp?ref=aguaymanto-andinoantioxidante>.
- Ipinza, R. (1998). Importancia del Mejoramiento Genético a Nivel Mundial. Curso de Mejora Genética. Chile: Universidad Austral de Chile, 1, pp. 1-25.

- Karapanos, I.C.; Akoumianakis, K.A.; Olympios, C.M.; PASSAM, H.C. 2009. The effect of substrate, ADP and uncoupler on the respiration of tomato pollen during incubation in vitro at moderately high temperature. *Sexual Plant Reprod.* 22(3):133-140.
- Kearns, C. A.; and Inouye, D. W. (1993). *Techniques for pollination biologist.* University press of Colorado. Niwot, Colorado. 583 p.
- Lagos, T.C.; Vallejo, F.A. y Caetano, C.M. (2005). Comportamiento Meiótico de Algunos Genotipos de *Physalis peruviana* L. En: *Revista Fitotecnia Colombiana.* Volumen 5 N° 1, enero-junio de 2005, p 1-12.
- Lagos, T.C.; Vallejo, F.A.; Criollo, E.H.; Muñoz, F.J. (2008). Biología reproductiva de la uchuva. *Acta Agron (Palmira).* 57(2). P 81-87.
- Legge, A.P. (1974). Notes on the history, cultivation and uses of *Physalis peruviana* L. *J. Roy. Hort. Soc.* 99(7): 310-314.
- Leiva-Brondo, M.; Prohens, J. y Nuez, F. (2001) Los análisis genéticos indican la superioridad del rendimiento de los híbridos de Cabo Gooseberry (*Physalis peruviana* L.), *Journal of New Seeds*, 3: 3, 71-84
- Ligarreto, G. A.; Lobo, M. y Correa, A. (2005). Recursos genéticos del género *Physalis* en Colombia. In: Fischer, G. et al. *Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva *Physalis peruviana* L. en Colombia.* Primera Edición, Santa Fe de Bogotá, Colombia, p. 221.
- Lillo, A.; José, M. (2006). Evaluación de métodos de conservación de polen sometidos a distintos tiempos de almacenaje en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). México: s.n.
- Malavolta, E. (2006). *Manual de nutrición mineral de plantas/Eurípides Malavolta.* São Paulo (SP): Agronómica Ceres. 631 p.
- Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants.* 2. ed. Nueva York: Academic Press. 889 p.
- Marschner, H. 2002. *Mineral nutrition of higher plants.* Academic Press, Londres. 889 p.
- Martínez, P.; Gradziel, T.M.; Ortega, E. and Dicenta, F. (2000). Short-term storage of almond pollen. *Hortscience* 35(6): 1151-1152.

- Martínez, D.; Torres, J. (2013). Manual teórico: fisiología vegetal. Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México; 24 de septiembre. Consultado 14 de mayo del 2018. Disponible en <http://www.biologia.buap.mx/FISIO2014.pdf>.
- Mazorra, M.F. y Quintana, A.P. (2006). Aspectos Anatómicos de la Formación y Crecimiento del Fruto de Uchuva *Physalis peruviana* (Solanaceae). Acta Biológica Colombiana, vol 11 N° 1. P 69-81.
- McCain, R. (1993). Goldenberry, passionfruit and white sapote: Potential fruits for cool subtropical areas. In J. Janick, & J. E. Simon (Eds.), New Crops (pp. 479–486). New York: Wiley and Sons.
- Medina, A.; G. A.; Bolívar, R.; J. L. (1993). Análisis de crecimiento y acumulación de nutrientes de *Gypsophila paniculata* L. cv perfecta bajo condiciones de invernadero en la sabana de Bogotá. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 163 p.
- Megías, M.; Molist, P.; Pomba, M.; (2017). La célula: Membrana celular. Atlas de histología Animal y vegetal. Universidad de Vigo. Facultad de Biología. Vigo. España. Julio 2017.pp 4-10.Extraído el 16 de mayo de <https://mmegias.webs.uvigo.es/descargas/atlas-celula-03-membrana-celular.pdf>.
- Mengel, K.; Kirby, E. (1982). Principles of plants nutrition, 3rd edn. International Ptash Institute, Worblaufen-Bern.
- Meyer, A.S.; Yi, O.S.; Pearson, D.A.; Waterhouse, A.L.; & Frankel, E. N. (1995). Inhibition of human low-density lipoprotein oxidation in relation to composition of phenolic antioxidants in grapes (*Vitis vinifera*). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45, 1638–1643.
- Miller, N. J. & Rice-Evans, C. A. (1997). The relative contributions of ascorbic acid and phenolic antioxidants to the total antioxidant activity of orange and apple fruit juices and blackcurrant drink. Food Chemistry, 60, 331–337.
- MINAGRI (2018). MINAGRI impulsa producción de aguaymanto en Ayacucho para conquistar mercados externos. Consultado el 6 de agosto del 2019. Disponible en <https://www.minagri.gob.pe/portal/publicaciones-y->

prensa/noticias-2018/21377-minagri-impulsa-produccion-de-aguaymanto-en-ayacucho-para-conquistar-mercados-externos.

- MINCETUR (2009). Estudio para la selección de 10 nuevos productos, su adaptabilidad al territorio nacional, su viabilidad en Europa e identificar potenciales clientes. Consultado el 23 de diciembre del 2019. Disponible en https://www.mincetur.gob.pe/wpcontent/uploads/documentos/comercio_exterior/Sites/ueperu/licitacion/pdfs/Informes/104.pdf
- Molina, E. 2002. Fuentes de fertilizantes foliares. Seminario de Fertilización foliar: Principios y Aplicaciones. Laboratorio de Suelos y Foliares en colaboración con la Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. Costa Rica. p. 26 – 35.
- Molina, E.; Rodríguez, J.H. (2012). Fertilización con N, P, K y S, y curvas de absorción de nutrimentos en arroz var. CFX 18 en Guanacaste. *Agronomía costarricense* 36 (1): 39-51.
- Morton, F.; J. (1987). Cape Gooseberry, pp. 430-434. In: *Fruits of Warm Climates*. (Edit). University of Miami. Media Incorporated. Miami, FL.
- Nacional Research Council. 1989. Goldenberry (Cape gooseberry). En *Lost crops of the Incas*. National Academy Press. Washington, D.C. p. 241 – 251.
- Nuñez, S.A. (2018). Evaluación de tres métodos de cruzamientos en dos genotipos diploides de papa (*Solanum phureja*) para la obtención de segregantes. Tesis para optar al título de Ingeniera Agrónoma. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito - Ecuador.
- Ordoñez, B. (2014). Determinación de la Viabilidad y Fertilidad del Polen. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú. 8p.
- Osborn, M.; Kevan, P. and Meredith, A. (1988). Pollination biology of *Opuntia polyacantha* and *Opuntia phaeacantha* (Cactaceae) in southern Colorado. *Plant. Syst. Evol.* 159:139-144.
- Palme, W. (2002). New cultivation systems for *Physalis peruviana* L.; Effects on quality, physiology, productivity and storage. *HBLVA für Gartenbau*, pp. 340-343. In: *Forschungsprojekt. Versuchsjahre 2000-2002*. Wien, Germany.

- Panayotov, N.; Tsorlianis, S. (2002). The Effect of the Type of Seedling and of the Planting Scheme on Productivity and Quality of Tomatillo (*Physalis peruviana* L.) grown under Bulgarian Conditions. *Acta Hort. (ISHS)* 579:37337
- Pierzynski, G.; McDowell, R. and Sims, T. (2005). Chemistry, cycling, and potencial movement of organic phosphorus in soils.P.53-86.
- Pinto, B.; Martín, L.; Gómez, A. (2014). Embriogénesis del polen (embriogénesis gamética). *Reduca (Biología). Serie Botánica.* 7 (2): 19-33
- Popova, A.; Panayotov, N.; Kouzмова, K. (2010). Evaluation of the Development of Cape Gooseberry (*Physalis Peruviana* L.) Plants under the Environmental Conditions of South Bulgaria. BALWOIS 2010 - Ohrid, Republic of Macedonia [15.05.2011]. http://balwois.com/balwois/administration/full_paper/ffp-1336.pdf.
- PROMPERU, 2018. Informe anual 2017.Desenvolvimiento del comercio exterior agroexportador. SUNAT, Lima, Perú; 15 de abril. Consultado 5 de agosto del 2018. Disponible en <http://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/sectoresproductivos/Desenvolvimientopor ciento20agroexportadorpor ciento202017.pdf>.
- Puente, L.A.; Pinto, C.A.; Castro, E.S.; Cortés, M. (2010). *Physalis peruviana* L., the multiple properties of a highly functional fruit: A review, *Food Research International*, In Press, Corrected Proof.
- Quiros, C. (1984). Overview of the genetics and breeding of husk tomato. *Hort Science.* 19(6): 872 – 874.
- Raghothama, K. G. (1999). Phosphate acquisition. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 50: 665-693.
- Raghothama, K. G. (2000). Phosphate transport and signaling. *Current Opinion in Plant Biology* 3: 182-187.
- Rapisarda, P.; Tomaino, A.; Lo Cascio, R.; Bonina, F.; De Pasquale, A.; & Saija, A. (1999). Antioxidant effectiveness as influenced by phenolic content of fresh orange juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 4718–4723.

- Ratjen, A. M.; Gerendás, J. (2009). A critical assessment of the suitability of phosphite as a source of phosphorus. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 172 (6): 821-828.
- Red de Comunicación Regional (2018). Promueven masificar el cultivo de aguaymanto para exportación. Lima, Perú; 24 de enero. Consultado el 26 abril del 2017. Disponible en <https://rcrperu.com/promueven-masificar-cultivo-de-aguaymanto-para-exportacion/>
- Rodríguez, D.; Andrade, F. and Goudriaan, G. (2000). Does assimilate supply limit leaf expansion in wheat grown in the field under low phosphorus availability. *Field crops research* 67:227-238.
- Rodríguez, N.; Bueno, M. (2006). Estudio de la diversidad citogenética de *Physalis peruviana* L. (Solanaceae). *Acta Biológica Colombiana* 11(2): 75-85.
- Rodríguez, R. & Dafni, (2000). A new procedure to assess pollen viability. *Sex. Plant. Reprod.* 12: 241-244.
- Rodriguez, C. (1998). Efecto de N, P, K en el crecimiento y producción de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.). Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias. Universidad Autónoma de Nuevo León, Mexico.
- Rubio, G. y Álvarez. (2010). Fósforo: dinámica y evaluación en agroecosistemas. En R. Álvarez; R. Rubio; C. Álvarez y R. Lavado(eds). *Fertilidad de suelos. Caracterización y manejo en la región pampeana*. Editorial Facultad de Agronomía Pp,311-336.
- Rubio, R. (2002). Conectando el fósforo del suelo con la planta. In: Simposio “Enfoque sistémico de la fertilización fosfórica”. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur* 16: 19-24.
- Salisbury, F. B. y Ross, C.W. (1992). *Plant physiology*. (4th. ed.), Wadsworth Publishing, Belmont, 662p.
- Salles, L.; Ramos, J.; Pasqual, M.; Junqueira, K.; Bortolotti da Silva, A. (2006). Sacarose e pH na germinação in vitro de grãos de pólen de citros. *Brazil: Ciência e Agrotecnologia*. 3, pp. 170-174.
- Sánchez, E.; Muñoz, E.; Anchondo, A.; Ruiz, J.; Romero, L. (2009). Nitrogen impact on nutritional status of phosphorus and its main bioindicator: response

in the roots and leaves of green vean plants. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15 (2): 177-182.

- Sánchez, H. (2006). Evaluación agronómica de seis ecotipos de tomatillo (*Physalis peruviana*) para su adaptación en tres pisos ecológicos de la cuenca alta del Llaucano. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca-Perú.
- Sánchez, E.; Liberato, S.; Arguelles, J.; González, C.; Núñez, Z.; Barrero, L. (2014). Citogenética de genotipos de uchuva, *Physalis peruviana* L., y *Physalis floridana* Rydb., con respuesta diferencial a *Fusarium oxysporum*. *Genética vegetal y Biodiversidad. Corpoica Ciencia Tecnología Agropecuaria* 15(1) 51-61.
- Santana, G. y Angarita, A. (1994). Selección in Vitro de somaclones de uchuva (*Physalis peruviana* L.) resistentes a heladas simuladas, en memorias de XV congreso de ASCOLFI. Santa Fe de Bogotá. p. 17.
- Schachtman, D. P.; Reid, R.J. and Ayling, S.M. 1998. Phosphorusuptake by plants: from soil to cell. *Plant Physiol* 116: 447-453.
- Shivanna, K.; Rangaswamy, N. (1992). *Pollen biology: a laboratory manual*. New York, USA; Setiembre. Consultado el 12 de junio del 2018. Disponible en la siguiente página https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-920020150003000https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-9200201500030001515.
- Sierra exportadora. (2014). Perú Berries. Primer seminario internacional de Aguaymanto. Abril 2014.
- Sierra Exportadora. (2015). Estudio de pre factibilidad para la producción y comercialización de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) en condiciones de vallesandinos, <http://www.sierraexportadora.gob.pe/berries/factibilidad/aguayamanto.pdf>.
- Sierra exportadora. (2017). Aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). 2017. Ministerio de Agricultura y Riego, Lima, Perú; Agosto. Consultado el 4 de junio del 2018. Disponible en <http://www.sierraexportadora.gob.pe/programas/berries/wp-content/uploads/2017/08/mercadosglobales-aguaymanto.pdf>.

- Singh, I.; Shono, M. (2003). Effect of 24-epibrassinolide on pollen viability during heat-stress in tomato. *Indian J. Experiment. Biol.* 41(2):174-176.
- Silva, A.; Albornoz, C.; Castillo, A.; Checa, O.; Lagos, T. 2015. Respuesta de *Physalis peruviana* L. a la fertilización con diferentes dosis de N, P y K en el Altiplano de Pasto, Colombia. *Acta Agron* 64 (4):330-335.
- Sinha, A.P.; Yadav, Y.P.; Verma, S.P. (1976). Studies on the floral biology of tepari (*Physalis peruviana* L.). *Proceedings of the Bihar Academy of Agricultural Sciences.* 24 (2), 63-70.
- Soares, T.; Oliveira, S.; Carvalho, M.A.; SantosSerejo, J.;Souza, A.; Morais, L.; lino, E. and Jesus, O. (2008). In vitro germination and viability of pollen grains of banana diploids. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 8 (2): 111-118.
- Thomé, M. y Osaki, F. (2010). Adubação de nitrogênio, fósforo e potássio no rendimento de *Physalis* spp. *Rev. Acad. Ciênc. Agrár. Ambiente*, 8(1):11 - 18.
- Ticconi, C. A.; Delatorre, C.A.; Abel, S. (2001). Attenuation of phosphate starvation responses by phosphite in *Arabidopsis*. *Plant Physiology* 127 (3): 963-972.
- Tiwari, S.C. & Gunning, B.E.S. 1986. Development of tapetum and microspores in *Canna* L.: an example of an invasive but non-synccytial tapetum. *Ann.Bot.*57:557-563.
- Trillos, O. ; Cotes, J.M. ; Medina, C.I.; Lobo, M. ; Navas, A.A. (2008). Caracterización morfológica de cuarenta y seis accesiones de uchuva (*Physalis peruviana* L.), en Antioquia (Colombia) Vol. 30. N°3. p. 708 – 715.
- Wallace; Robert, J.L.; King y Sanders, G.P. (1991). *Biología Molecular y herencia*. La ciencia de la vida. México: Editorial Trillas.
- Weller, S.; Domínguez,C.; Molina, F.;Fornoni,J. and Lebuhn,G. (2007). The evolution of distyly from tristyly in populations of *Oxalis alpina* (Oxalidaceae) in the sky islands of the Sonoran Desert. *American Journal of Botany* 94(6): 972–985.

VII. ANEXOS

ANEXO 1. Análisis de varianza (ANVA) para la variable porcentaje de desarrollo del tubo polínico viable en *Physalis peruviana* L. ($\alpha= 0,05$).

| Desarrollo del tubo polínico (por ciento) | | | | | | |
|---|-------|-----------|-------|------------|---------|-------|
| | gl | SC | CM | Valor de F | p-valor | sig. |
| niveles | 3 | 31340 | 10447 | 653.27 | 0 | *** |
| fuentes | 2 | 3325 | 1662 | 103.95 | 0 | *** |
| ecotipos | 1 | 466 | 466 | 29.14 | 0 | *** |
| niveles:fuentes | 3 | 324 | 108 | 6.75 | 0 | *** |
| niveles: ecotipos | 3 | 989 | 330 | 20.62 | 0 | *** |
| fuentes: ecotipos | 2 | 68 | 34 | 2.14 | 0 | |
| niveles:fuentes: ecotipos | 3 | 276 | 92 | 5.75 | 0 | ** |
| Residuales | 54 | 864 | 16 | | | |
| MS error | Media | Desv.est. | Min. | Max. | N | CV |
| 15.99 | 53.86 | 23.03 | 17.5 | 95 | 72 | 7.424 |

ANEXO 2. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de desarrollo del tubo polínico viable en *Physalis peruviana* L. ($\alpha= 0,05$).

| Tratamientos | niveles | fuentes | ecotipos | Media | Min. | Max. | r | Desviación estándar | Error estándar | Sig. |
|--------------|---------|---------|----------|--------|-------|-------|---|---------------------|----------------|------|
| TST:0:COL | 0 | TST | COL | 24.1 | 21 | 26.5 | 4 | 2.782 | 1.391 | j |
| TST:0:CAJ | 0 | TST | CAJ | 19.1 | 17.8 | 20.6 | 4 | 1.322 | 0.661 | j |
| SPT:60:COL | 60 | SPT | COL | 53.125 | 50.7 | 56.2 | 4 | 2.3 | 1.15 | g |
| SPT:60:CAJ | 60 | SPT | CAJ | 66.675 | 64.4 | 68.4 | 4 | 1.723 | 0.862 | ef |
| SPT:180:COL | 180 | SPT | COL | 84.2 | 72 | 89.4 | 4 | 8.193 | 4.096 | b |
| SPT:180:CAJ | 180 | SPT | CAJ | 93.625 | 92.1 | 95 | 4 | 1.212 | 0.606 | a |
| SPT:120:COL | 120 | SPT | COL | 59.375 | 57.8 | 62.4 | 4 | 2.076 | 1.038 | f |
| SPT:120:CAJ | 120 | SPT | CAJ | 77.35 | 72.6 | 80.4 | 4 | 3.381 | 1.69 | cd |
| SPT:0:COL | 0 | SPT | COL | 44.7 | 42.3 | 46.7 | 4 | 1.899 | 0.95 | h |
| SPT:0:CAJ | 0 | SPT | CAJ | 37.4 | 33.4 | 40.2 | 4 | 3.024 | 1.512 | i |
| FDA:60:COL | 60 | FDA | COL | 40.55 | 37.5 | 43.4 | 4 | 2.89 | 1.445 | hi |
| FDA:60:CAJ | 60 | FDA | CAJ | 51.575 | 42.3 | 58.6 | 4 | 6.89 | 3.445 | g |
| FDA:180:COL | 180 | FDA | COL | 71.707 | 63.63 | 76 | 4 | 5.589 | 2.795 | de |
| FDA:180:CAJ | 180 | FDA | CAJ | 81.312 | 77.4 | 85 | 4 | 3.196 | 1.598 | bc |
| FDA:120:COL | 120 | FDA | COL | 61.15 | 53.4 | 66.9 | 4 | 5.949 | 2.974 | f |
| FDA:120:CAJ | 120 | FDA | CAJ | 61.15 | 53.4 | 66.9 | 4 | 5.949 | 2.974 | f |
| FDA:0:COL | 0 | FDA | COL | 22.95 | 21.6 | 24.6 | 4 | 1.261 | 0.63 | j |
| FDA:0:CAJ | 0 | FDA | CAJ | 19.462 | 17.5 | 21.75 | 4 | 1.836 | 0.918 | j |

ANEXO 3. Análisis de varianza (ANVA) para la variable porcentaje de polen viable en *Physalis peruviana* L. ($\alpha= 0,05$).

| Viabilidad de grano de polen(por ciento)-polen viable | | | | | | |
|--|-------|-----------|----------|------------|---------|-------|
| | gl | SC | CM | valor de F | p-valor | sig. |
| niveles | 3 | 14071.98 | 4690.661 | 2173.31 | 0 | *** |
| fuentes | 2 | 10111.68 | 5055.838 | 2342.507 | 0 | *** |
| ecotipos | 1 | 639.21 | 639.21 | 296.163 | 0 | *** |
| niveles:fuentes | 3 | 64.27 | 21.422 | 9.925 | 0 | *** |
| niveles:ecotipos | 3 | 4323.16 | 1441.052 | 667.678 | 0 | *** |
| fuentes:ecotipos | 2 | 5738.06 | 2869.03 | 1329.3 | 0 | *** |
| niveles:fuentes:ecotipos | 3 | 77.91 | 25.97 | 12.033 | 0 | *** |
| Residuales | 54 | 116.55 | 2.158 | | | |
| MS error | Media | Desv.est. | Mín. | Máx. | N | CV |
| 2.158 | 83.65 | 22.25 | 0 | 99.47 | 72 | 1.756 |

ANEXO 4. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de polen viable en *Physalis peruviana* L. ($\alpha= 0,05$).

| Tratamientos | niveles | fuentes | ecotipos | media | Mín. | Máx. | r | Desv. estándar | Error estándar | Sig. |
|--------------|---------|---------|----------|--------|-------|-------|---|----------------|----------------|------|
| FDA:0:CAJ | 0 | FDA | CAJ | 74.938 | 74.27 | 75.43 | 4 | 0.521 | 0.26 | h |
| FDA:0:COL | 0 | FDA | COL | 81.983 | 80.55 | 83.87 | 4 | 1.461 | 0.73 | g |
| SPT:0:CAJ | 0 | SPT | CAJ | 76.345 | 74.85 | 80.01 | 4 | 2.451 | 1.226 | h |
| SPT:0:COL | 0 | SPT | COL | 81.75 | 81.15 | 82.27 | 4 | 0.46 | 0.23 | g |
| TST:0:CAJ | 0 | TST | CAJ | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | j |
| TST:0:COL | 0 | TST | COL | 70.64 | 68.3 | 77.08 | 4 | 4.302 | 2.151 | i |
| FDA:120:CAJ | 120 | FDA | CAJ | 94.59 | 93.7 | 95.23 | 4 | 0.682 | 0.341 | c |
| FDA:120:COL | 120 | FDA | COL | 96.33 | 95.52 | 96.79 | 4 | 0.562 | 0.281 | bc |
| SPT:120:CAJ | 120 | SPT | CAJ | 95.51 | 91.26 | 97.39 | 4 | 2.852 | 1.426 | c |
| SPT:120:COL | 120 | SPT | COL | 85.502 | 85.34 | 85.62 | 4 | 0.123 | 0.061 | f |
| FDA:180:CAJ | 180 | FDA | CAJ | 98.62 | 98.39 | 98.89 | 4 | 0.213 | 0.107 | ab |
| FDA:180:COL | 180 | FDA | COL | 98.237 | 97.83 | 98.47 | 4 | 0.289 | 0.144 | ab |
| SPT:180:CAJ | 180 | SPT | CAJ | 99.125 | 98.68 | 99.47 | 4 | 0.368 | 0.184 | a |
| SPT:180:COL | 180 | SPT | COL | 94.695 | 94.47 | 94.86 | 4 | 0.174 | 0.087 | c |
| FDA:60:CAJ | 60 | FDA | CAJ | 91.267 | 89.2 | 92.21 | 4 | 1.409 | 0.704 | d |
| FDA:60:COL | 60 | FDA | COL | 88.703 | 88.36 | 89.38 | 4 | 0.46 | 0.23 | e |
| SPT:60:CAJ | 60 | SPT | CAJ | 95.677 | 95.18 | 96.07 | 4 | 0.417 | 0.209 | c |
| SPT:60:COL | 60 | SPT | COL | 81.865 | 81.65 | 82.39 | 4 | 0.355 | 0.177 | g |

ANEXO 5. Análisis de varianza (ANVA) para la variable longitud del tubo polínico del grano de polen en *Physalis peruviana* L. ($\alpha= 0,05$)

| Desarrollo del tubo polínico | | | | | | |
|-------------------------------------|--------|-----------|--------|------------|---------|-------|
| | gl | SC | CM | valor de F | p-valor | sig. |
| niveles | 3 | 0.5791 | 0.193 | 558.1975 | 0 | *** |
| fuentes | 2 | 0.0115 | 0.0057 | 16.6047 | 0 | *** |
| ecotipos | 1 | 0.0002 | 0.0002 | 0.6787 | 0.4137 | |
| niveles/fuentes | 3 | 0.0032 | 0.0011 | 3.0889 | 0.0346 | * |
| niveles/ecotipos | 3 | 0.0171 | 0.0057 | 16.5027 | 0 | *** |
| fuentes/ecotipos | 2 | 0.0501 | 0.025 | 72.3818 | 0 | *** |
| niveles/fuentes/ ecotipos | 3 | 0.0242 | 0.0081 | 23.3419 | 0 | *** |
| Residuales | 54 | 0.0187 | 0.0003 | | | |
| MS error | Media | Desv.est. | Mín. | Máx. | N | CV |
| 3.00E-04 | 0.1485 | 0.0996 | 0 | 0.37 | 72 | 12.53 |

ANEXO 6. Prueba de Tukey para la variable longitud del tubo polínico del grano de polen en *Physalis peruviana* L. ($\alpha= 0,05$)

| Tratamientos | niveles | fuentes | ecotipos | media | Mín. | Máx. | r | Desv. estándar | Error estándar | Sig. |
|--------------|---------|---------|----------|-------|------|------|---|----------------|----------------|------|
| FDA:0:CAJ | 0 | FDA | CAJ | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 4 | 0 | 0 | i |
| FDA:0:COL | 0 | FDA | COL | 0.088 | 0.08 | 0.1 | 4 | 0.01 | 0.005 | fg |
| SPT:0:CAJ | 0 | SPT | CAJ | 0.052 | 0.04 | 0.09 | 4 | 0.025 | 0.012 | hi |
| SPT:0:COL | 0 | SPT | COL | 0.075 | 0.07 | 0.08 | 4 | 0.006 | 0.003 | gh |
| TST:0:CAJ | 0 | TST | CAJ | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | j |
| TST:0:COL | 0 | TST | COL | 0.035 | 0.03 | 0.04 | 4 | 0.006 | 0.003 | i |
| FDA:120:CAJ | 120 | FDA | CAJ | 0.143 | 0.14 | 0.15 | 4 | 0.005 | 0.002 | de |
| FDA:120:COL | 120 | FDA | COL | 0.222 | 0.21 | 0.25 | 4 | 0.019 | 0.009 | c |
| SPT:120:CAJ | 120 | SPT | CAJ | 0.255 | 0.24 | 0.28 | 4 | 0.017 | 0.009 | c |
| SPT:120:COL | 120 | SPT | COL | 0.115 | 0.11 | 0.12 | 4 | 0.006 | 0.003 | ef |
| FDA:180:CAJ | 180 | FDA | CAJ | 0.25 | 0.21 | 0.29 | 4 | 0.041 | 0.02 | c |
| FDA:180:COL | 180 | FDA | COL | 0.35 | 0.34 | 0.37 | 4 | 0.014 | 0.007 | a |
| SPT:180:CAJ | 180 | SPT | CAJ | 0.3 | 0.27 | 0.33 | 4 | 0.026 | 0.013 | b |
| SPT:180:COL | 180 | SPT | COL | 0.25 | 0.2 | 0.29 | 4 | 0.042 | 0.021 | c |
| FDA:60:CAJ | 60 | FDA | CAJ | 0.12 | 0.11 | 0.13 | 4 | 0.008 | 0.004 | ef |
| FDA:60:COL | 60 | FDA | COL | 0.115 | 0.1 | 0.13 | 4 | 0.013 | 0.006 | ef |
| SPT:60:CAJ | 60 | SPT | CAJ | 0.16 | 0.15 | 0.17 | 4 | 0.012 | 0.006 | d |
| SPT:60:COL | 60 | SPT | COL | 0.103 | 0.1 | 0.11 | 4 | 0.005 | 0.002 | fg |

ANEXO 7. Análisis de varianza (ANVA) para la variable receptividad del estigma de *Physalis peruviana* L. a las 10 horas ($\alpha= 0,05$).

| Receptividad del estigma a las 10 horas | | | | | | |
|--|-------|-----------|---------|------------|---------|------|
| | gl | SC | CM | Valor de F | p-valor | Sig. |
| niveles | 3 | 106.111 | 35.3704 | 1.61E+31 | 0 | *** |
| fuentes | 2 | 6.25 | 3.125 | 1.43E+30 | 0 | *** |
| ecotipos | 1 | 10.889 | 10.8889 | 4.97E+30 | 0 | *** |
| niveles:fuentes | 3 | 2.75 | 0.9167 | 4.18E+29 | 0 | *** |
| niveles:ecotipos | 3 | 6.111 | 2.037 | 9.29E+29 | 0 | *** |
| fuentes:ecotipos | 2 | 0.25 | 0.125 | 5.70E+28 | 0 | *** |
| niveles:fuentes:ecotipos | 3 | 4.75 | 1.5833 | 7.22E+29 | 0 | *** |
| Residuales | 54 | 0 | 0 | | | |
| MS error | Media | Desv.est. | Mín. | Máx. | N | CV |
| 0 | 2.611 | 1.39 | 1 | 5 | 72 | 0 |

ANEXO 8. Prueba Tukey para la variable receptividad del estigma de *Physalis peruviana* L. a las 10 horas ($\alpha= 0,05$).

| Tratamientos | niveles | fuentes | ecotipos | media | Mín. | Máx. | r | Desv. estándar | Error estándar | Sig. |
|--------------|---------|---------|----------|-------|------|------|---|----------------|----------------|------|
| FDA:0:CAJ | 0 | FDA | CAJ | 1 | 1 | 1 | 4 | 0 | 0 | e |
| FDA:0:COL | 0 | FDA | COL | 1 | 1 | 1 | 4 | 0 | 0 | e |
| SPT:0:CAJ | 0 | SPT | CAJ | 1 | 1 | 1 | 4 | 0 | 0 | e |
| SPT:0:COL | 0 | SPT | COL | 1 | 1 | 1 | 4 | 0 | 0 | e |
| TST:0:CAJ | 0 | TST | CAJ | 1 | 1 | 1 | 4 | 0 | 0 | e |
| TST:0:COL | 0 | TST | COL | 1 | 1 | 1 | 4 | 0 | 0 | e |
| FDA:120:CAJ | 120 | FDA | CAJ | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | b |
| FDA:120:COL | 120 | FDA | COL | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | b |
| SPT:120:CAJ | 120 | SPT | CAJ | 2 | 2 | 2 | 4 | 0 | 0 | d |
| SPT:120:COL | 120 | SPT | COL | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | b |
| FDA:180:CAJ | 180 | FDA | CAJ | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | b |
| FDA:180:COL | 180 | FDA | COL | 5 | 5 | 5 | 4 | 0 | 0 | a |
| SPT:180:CAJ | 180 | SPT | CAJ | 3 | 3 | 3 | 4 | 0 | 0 | c |
| SPT:180:COL | 180 | SPT | COL | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | b |
| FDA:60:CAJ | 60 | FDA | CAJ | 2 | 2 | 2 | 4 | 0 | 0 | d |
| FDA:60:COL | 60 | FDA | COL | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | b |
| SPT:60:CAJ | 60 | SPT | CAJ | 2 | 2 | 2 | 4 | 0 | 0 | d |
| SPT:60:COL | 60 | SPT | COL | 3 | 3 | 3 | 4 | 0 | 0 | c |

ANEXO 9. Prueba Tukey para la variable receptividad del estigma de *Physalis peruviana*

L. a las 12 horas ($\alpha= 0,05$).

| Tratamientos | niveles | fuentes | ecotipos | media | Mín. | Máx. | r | Desv. estándar | Error estándar | Sig. |
|--------------|---------|---------|----------|-------|------|------|---|----------------|----------------|------|
| FDA:0:CAJ | 0 | FDA | CAJ | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | b |
| FDA:0:COL | 0 | FDA | COL | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | b |
| SPT:0:CAJ | 0 | SPT | CAJ | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | b |
| SPT:0:COL | 0 | SPT | COL | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | b |
| TST:0:CAJ | 0 | TST | CAJ | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | b |
| TST:0:COL | 0 | TST | COL | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | b |
| FDA:120:CAJ | 120 | FDA | CAJ | 5 | 5 | 5 | 4 | 0 | 0 | a |
| FDA:120:COL | 120 | FDA | COL | 5 | 5 | 5 | 4 | 0 | 0 | a |
| SPT:120:CAJ | 120 | SPT | CAJ | 5 | 5 | 5 | 4 | 0 | 0 | a |
| SPT:120:COL | 120 | SPT | COL | 5 | 5 | 5 | 4 | 0 | 0 | a |
| FDA:180:CAJ | 180 | FDA | CAJ | 5 | 5 | 5 | 4 | 0 | 0 | a |
| FDA:180:COL | 180 | FDA | COL | 5 | 5 | 5 | 4 | 0 | 0 | a |
| SPT:180:CAJ | 180 | SPT | CAJ | 5 | 5 | 5 | 4 | 0 | 0 | a |
| SPT:180:COL | 180 | SPT | COL | 5 | 5 | 5 | 4 | 0 | 0 | a |
| FDA:60:CAJ | 60 | FDA | CAJ | 5 | 5 | 5 | 4 | 0 | 0 | a |
| FDA:60:COL | 60 | FDA | COL | 5 | 5 | 5 | 4 | 0 | 0 | a |
| SPT:60:CAJ | 60 | SPT | CAJ | 5 | 5 | 5 | 4 | 0 | 0 | a |
| SPT:60:COL | 60 | SPT | COL | 5 | 5 | 5 | 4 | 0 | 0 | a |

ANEXO 10. Prueba Tukey para la variable receptividad del estigma de *Physalis peruviana* L. a las 14 horas ($\alpha= 0,05$).

| Tratamientos | niveles | fuentes | Ecotipos | media | Mín. | Máx. | r | Desv. estándar | Error estándar | Sig. |
|--------------|---------|---------|----------|-------|------|------|---|----------------|----------------|------|
| FDA:0:CAJ | 0 | FDA | CAJ | 3 | 3 | 3 | 4 | 0 | 0 | c |
| FDA:0:COL | 0 | FDA | COL | 3 | 3 | 3 | 4 | 0 | 0 | c |
| SPT:0:CAJ | 0 | SPT | CAJ | 3 | 3 | 3 | 4 | 0 | 0 | c |
| SPT:0:COL | 0 | SPT | COL | 3 | 3 | 3 | 4 | 0 | 0 | c |
| TST:0:CAJ | 0 | TST | CAJ | 3 | 3 | 3 | 4 | 0 | 0 | c |
| TST:0:COL | 0 | TST | COL | 3 | 3 | 3 | 4 | 0 | 0 | c |
| FDA:120:CAJ | 120 | FDA | CAJ | 3 | 3 | 3 | 4 | 0 | 0 | c |
| FDA:120:COL | 120 | FDA | COL | 5 | 5 | 5 | 4 | 0 | 0 | a |
| SPT:120:CAJ | 120 | SPT | CAJ | 3 | 3 | 3 | 4 | 0 | 0 | c |
| SPT:120:COL | 120 | SPT | COL | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | b |
| FDA:180:CAJ | 180 | FDA | CAJ | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | b |
| FDA:180:COL | 180 | FDA | COL | 5 | 5 | 5 | 4 | 0 | 0 | a |
| SPT:180:CAJ | 180 | SPT | CAJ | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | b |
| SPT:180:COL | 180 | SPT | COL | 5 | 5 | 5 | 4 | 0 | 0 | a |
| FDA:60:CAJ | 60 | FDA | CAJ | 3 | 3 | 3 | 4 | 0 | 0 | c |
| FDA:60:COL | 60 | FDA | COL | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | b |
| SPT:60:CAJ | 60 | SPT | CAJ | 2 | 2 | 2 | 4 | 0 | 0 | d |
| SPT:60:COL | 60 | SPT | COL | 3 | 3 | 3 | 4 | 0 | 0 | c |

ANEXO 11. Análisis de varianza (ANVA) para la variable receptividad del estigma de *Physalis peruviana* L. ($\alpha= 0,05$).

| Receptividad del estigma | | | | | | |
|---------------------------------|-------|-----------|--------|------------|---------|------|
| | gl | SC | CM | valor de F | p-valor | Sig. |
| tratamientos | 17 | 142.8 | 8.401 | 3.23E+29 | 0 | *** |
| horas | 2 | 153 | 76.519 | 2.94E+30 | 0 | *** |
| trat:hr | 34 | 60.3 | 1.773 | 6.81E+28 | 0 | *** |
| Residuals | 162 | 0 | 0 | | | |
| MS error | Media | Desv.est. | Mín. | Máx. | N | CV |
| 0 | 3.593 | 1.287 | 1 | 5 | 216 | 0 |

ANEXO 12. Análisis de varianza (ANVA) para la variable número de días hasta botón floral en *Physalis peruviana* L. ($\alpha= 0,05$).

| Días a la aparición del botón floral | | | | | | |
|---|-------|-----------|-----------|------------|---------|--------|
| | gl | SC | CM | valor de F | p-valor | Sig. |
| niveles | 3 | 3223.84 | 1074.612 | 3618 | 0 | *** |
| fuentes | 2 | 48922.31 | 24461.155 | 82358 | 0 | *** |
| ecotipos | 1 | 7768.4 | 7768.396 | 26155 | 0 | *** |
| niveles:fuentes | 3 | 8355.19 | 2785.062 | 9377 | 0 | *** |
| niveles:ecotipos | 3 | 1659.34 | 553.112 | 1862 | 0 | *** |
| fuentes:ecotipos | 2 | 54653.21 | 27326.604 | 92006 | 0 | *** |
| niveles:fuentes:ecotipos | 3 | 1375.95 | 458.652 | 1544 | 0 | *** |
| Residuales | 54 | 16.04 | 0.297 | | | |
| MS error | Media | Desv.est. | Mín. | Máx. | N | CV |
| 0.297 | 121.5 | 42.12 | 0 | 173.6 | 72 | 0.4487 |

ANEXO 13. Prueba Tukey para la variable número de días hasta botón floral en *Physalis peruviana* L. ($\alpha= 0,05$).

| Tratamientos | niveles | fuentes | ecotipos | Media | Mín. | Máx. | r | Desv. estándar | Error estándar | Sig. |
|--------------|---------|---------|----------|---------|--------|--------|---|----------------|----------------|------|
| FDA:0:CAJ | 0 | FDA | CAJ | 166.255 | 165.63 | 166.63 | 4 | 0.433 | 0.217 | c |
| FDA:0:COL | 0 | FDA | COL | 132.032 | 131.25 | 132.75 | 4 | 0.632 | 0.316 | f |
| SPT:0:CAJ | 0 | SPT | CAJ | 166.252 | 165.63 | 166.75 | 4 | 0.487 | 0.243 | c |
| SPT:0:COL | 0 | SPT | COL | 132 | 131.5 | 132.75 | 4 | 0.54 | 0.27 | f |
| TST:0:CAJ | 0 | TST | CAJ | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | n |
| TST:0:COL | 0 | TST | COL | 163.877 | 163 | 164.63 | 4 | 0.687 | 0.344 | d |
| FDA:120:CAJ | 120 | FDA | CAJ | 95.532 | 95 | 96 | 4 | 0.542 | 0.271 | k |
| FDA:120:COL | 120 | FDA | COL | 93.097 | 92.63 | 94 | 4 | 0.646 | 0.323 | l |
| SPT:120:CAJ | 120 | SPT | CAJ | 129.002 | 128.38 | 129.75 | 4 | 0.669 | 0.334 | h |
| SPT:120:COL | 120 | SPT | COL | 169.16 | 168.75 | 169.38 | 4 | 0.298 | 0.149 | b |
| FDA:180:CAJ | 180 | FDA | CAJ | 85 | 84 | 86 | 4 | 0.816 | 0.408 | m |
| FDA:180:COL | 180 | FDA | COL | 84.595 | 84 | 85 | 4 | 0.45 | 0.225 | m |
| SPT:180:CAJ | 180 | SPT | CAJ | 128.19 | 127.63 | 128.75 | 4 | 0.46 | 0.23 | i |
| SPT:180:COL | 180 | SPT | COL | 139.907 | 139 | 140.38 | 4 | 0.625 | 0.313 | e |
| FDA:60:CAJ | 60 | FDA | CAJ | 98.282 | 98 | 99 | 4 | 0.482 | 0.241 | j |
| FDA:60:COL | 60 | FDA | COL | 98.72 | 98.5 | 98.88 | 4 | 0.159 | 0.079 | j |
| SPT:60:CAJ | 60 | SPT | CAJ | 131.062 | 130.75 | 132 | 4 | 0.625 | 0.312 | g |
| SPT:60:COL | 60 | SPT | COL | 173.157 | 172.25 | 173.63 | 4 | 0.625 | 0.313 | a |

ANEXO 14. Análisis de varianza (ANVA) para la variable número de días hasta fruto cosechable en *Physalis peruviana* L. ($\alpha= 0,05$)

| Días hasta la cosecha de frutos | | | | | | |
|---------------------------------|-------|-----------|----------|------------|---------|--------|
| | gl | SC | CM | valor de F | p-valor | Sig. |
| niveles | 2 | 181.544 | 90.772 | 83.36 | 0 | *** |
| fuentes | 1 | 1148.004 | 1148.004 | 1054.266 | 0 | *** |
| ecotipos | 1 | 7.594 | 7.594 | 6.974 | 0.0136 | * |
| niveles:fuentes | 2 | 148.857 | 74.429 | 68.351 | 0 | *** |
| niveles:ecotipos | 2 | 32.591 | 16.296 | 14.965 | 0 | *** |
| Residuales | 27 | 29.401 | 1.089 | | | |
| MS error | Media | Desv.est. | Mín. | Máx. | N | CV |
| 1.089 | 172.5 | 6.65 | 164.5 | 188.2 | 36 | 0.6048 |

ANEXO 15. Prueba Tukey para la variable número de días hasta fruto cosechable en *Physalis peruviana* L. ($\alpha= 0,05$)

| Tratamientos | niveles | fuentes | ecotipos | media | Mín. | Máx. | r | Desv. estándar | Error estándar | Sig. |
|--------------|---------|---------|----------|---------|--------|--------|---|----------------|----------------|------|
| FDA:120:CAJ | 120 | FDA | CAJ | 171.91 | 169.38 | 173.38 | 4 | 1.833 | 0.916 | d |
| FDA:120:COL | 120 | FDA | COL | 168.315 | 167.63 | 169.25 | 4 | 0.723 | 0.361 | f |
| SPT:120:CAJ | 120 | SPT | CAJ | 178.032 | 177 | 178.88 | 4 | 0.833 | 0.417 | b |
| FDA:180:CAJ | 180 | FDA | CAJ | 165.345 | 164.5 | 166 | 4 | 0.772 | 0.386 | g |
| FDA:180:COL | 180 | FDA | COL | 167.345 | 166 | 170.25 | 4 | 1.961 | 0.98 | f |
| SPT:180:CAJ | 180 | SPT | CAJ | 176.41 | 176.13 | 176.75 | 4 | 0.327 | 0.164 | c |
| FDA:60:CAJ | 60 | FDA | CAJ | 170.095 | 169.88 | 170.25 | 4 | 0.186 | 0.093 | e |
| FDA:60:COL | 60 | FDA | COL | 168.315 | 167.88 | 168.63 | 4 | 0.33 | 0.165 | f |
| SPT:60:CAJ | 60 | SPT | CAJ | 187.157 | 186.75 | 188.25 | 4 | 0.731 | 0.365 | a |

ANEXO 16. Análisis de varianza (ANVA) para la variable del número de flores por planta en *Physalis peruviana* L. ($\alpha= 0,05$).

| Número de flores | | | | | | |
|--------------------------|-------|-----------|----------|------------|----------|-------|
| | gl | SC | CM | valor de F | p-valor | Sig. |
| niveles | 3 | 4358.48 | 1452.827 | 411.294 | 0.00E+00 | *** |
| fuentes | 2 | 69.97 | 34.987 | 9.905 | 2.00E-04 | *** |
| ecotipos | 1 | 3276.31 | 3276.31 | 927.521 | 0.00E+00 | *** |
| niveles:fuentes | 3 | 132.02 | 44.007 | 12.458 | 0.00E+00 | *** |
| niveles:ecotipos | 3 | 1496.21 | 498.738 | 141.192 | 0.00E+00 | *** |
| fuentes:ecotipos | 2 | 2533.72 | 1266.862 | 358.647 | 0.00E+00 | *** |
| niveles:fuentes:ecotipos | 3 | 740.56 | 246.853 | 69.884 | 0.00E+00 | *** |
| Residuales | 53 | 187.21 | 3.532 | | | |
| MS error | Media | Desv.est. | Mín. | Máx. | N | CV |
| 3.532 | 12.42 | 13.52 | 0 | 44.25 | 71 | 15.14 |

ANEXO 17. Prueba Tukey para la variable del número de flores por planta en *Physalis peruviana* L. ($\alpha= 0,05$).

| Tratamientos | niveles | fuentes | ecotipos | media | Mín. | Máx. | r | Desv. estándar | Error estándar | Sig. |
|--------------|---------|---------|----------|--------|-------|-------|---|----------------|----------------|------|
| FDA:0:CAJ | 0 | FDA | CAJ | 3.083 | 2.75 | 3.75 | 3 | 0.577 | 0.333 | g |
| FDA:0:COL | 0 | FDA | COL | 0.812 | 0 | 1.75 | 4 | 0.747 | 0.373 | g |
| SPT:0:CAJ | 0 | SPT | CAJ | 3 | 2.5 | 3.75 | 4 | 0.54 | 0.27 | g |
| SPT:0:COL | 0 | SPT | COL | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | g |
| TST:0:CAJ | 0 | TST | CAJ | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | g |
| TST:0:COL | 0 | TST | COL | 2.375 | 0.5 | 6.75 | 4 | 2.947 | 1.474 | g |
| FDA:120:CAJ | 120 | FDA | CAJ | 14.938 | 13.25 | 15.75 | 4 | 1.179 | 0.59 | ef |
| FDA:120:COL | 120 | FDA | COL | 14.938 | 14.5 | 15.5 | 4 | 0.515 | 0.258 | ef |
| SPT:120:CAJ | 120 | SPT | CAJ | 33 | 27.75 | 38.25 | 4 | 5.646 | 2.823 | c |
| SPT:120:COL | 120 | SPT | COL | 0.938 | 0.5 | 1.5 | 4 | 0.427 | 0.213 | g |
| FDA:180:CAJ | 180 | FDA | CAJ | 25.438 | 24 | 27 | 4 | 1.329 | 0.664 | d |
| FDA:180:COL | 180 | FDA | COL | 16.75 | 15.5 | 18.25 | 4 | 1.137 | 0.568 | e |
| SPT:180:CAJ | 180 | SPT | CAJ | 40.75 | 38.25 | 44.25 | 4 | 2.59 | 1.295 | a |
| SPT:180:COL | 180 | SPT | COL | 1.562 | 1 | 2 | 4 | 0.515 | 0.258 | g |
| FDA:60:CAJ | 60 | FDA | CAJ | 13.312 | 12.75 | 13.75 | 4 | 0.427 | 0.213 | ef |
| FDA:60:COL | 60 | FDA | COL | 12.062 | 11.5 | 13.25 | 4 | 0.826 | 0.413 | f |
| SPT:60:CAJ | 60 | SPT | CAJ | 37.625 | 35 | 40.75 | 4 | 2.817 | 1.409 | b |
| SPT:60:COL | 60 | SPT | COL | 0.562 | 0.25 | 1 | 4 | 0.315 | 0.157 | g |

ANEXO 18. Análisis de varianza (ANVA) para la variable del número de frutos por planta en *Physalis peruviana* L. ($\alpha= 0,05$)

| Número de frutos | | | | | | |
|--------------------------|-------|-----------|---------|------------|---------|-------|
| | gl | SC | CM | valor de F | p-valor | Sig. |
| niveles | 3 | 1661.65 | 553.883 | 440.152 | 0 | *** |
| fuentes | 2 | 40.14 | 20.07 | 15.949 | 0 | *** |
| ecotipos | 1 | 919.13 | 919.133 | 730.403 | 0 | *** |
| niveles:fuentes | 3 | 18.82 | 6.272 | 4.984 | 0.004 | ** |
| niveles:ecotipos | 3 | 546.64 | 182.212 | 144.798 | 0 | *** |
| fuentes:ecotipos | 2 | 366.06 | 183.029 | 145.447 | 0 | *** |
| niveles:fuentes:ecotipos | 3 | 157.38 | 52.461 | 41.689 | 0 | *** |
| Residuales | 54 | 67.95 | 1.258 | | | |
| MS error | Media | Desv.est. | Mín. | Máx. | N | CV |
| 1.258 | 6.476 | 7.294 | 0 | 22.5 | 72 | 17.32 |

ANEXO 19. Prueba Tukey para la variable del número de frutos por planta en *Physalis peruviana* L. ($\alpha= 0,05$)

| Tratamientos | niveles | fuentes | ecotipos | media | Mín. | Máx. | r | Desv. estándar | Error estándar | Sig. |
|--------------|---------|---------|----------|--------|------|-------|---|----------------|----------------|------|
| FDA:0:CAJ | 0 | FDA | CAJ | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | g |
| FDA:0:COL | 0 | FDA | COL | 0.438 | 0 | 1 | 4 | 0.427 | 0.213 | g |
| SPT:0:CAJ | 0 | SPT | CAJ | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | g |
| SPT:0:COL | 0 | SPT | COL | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | g |
| TST:0:CAJ | 0 | TST | CAJ | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | g |
| TST:0:COL | 0 | TST | COL | 0.688 | 0 | 2 | 4 | 0.898 | 0.449 | g |
| FDA:120:CAJ | 120 | FDA | CAJ | 12.5 | 12 | 13 | 4 | 0.408 | 0.204 | c |
| FDA:120:COL | 120 | FDA | COL | 7.562 | 5.75 | 9 | 4 | 1.477 | 0.739 | e |
| SPT:120:CAJ | 120 | SPT | CAJ | 17.375 | 13.5 | 20.75 | 4 | 3.345 | 1.672 | b |
| SPT:120:COL | 120 | SPT | COL | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | g |
| FDA:180:CAJ | 180 | FDA | CAJ | 16.188 | 14.5 | 18.25 | 4 | 1.56 | 0.78 | b |
| FDA:180:COL | 180 | FDA | COL | 12 | 11 | 13.25 | 4 | 0.979 | 0.489 | c |
| SPT:180:CAJ | 180 | SPT | CAJ | 21.688 | 21 | 22.5 | 4 | 0.688 | 0.344 | a |
| SPT:180:COL | 180 | SPT | COL | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | g |
| FDA:60:CAJ | 60 | FDA | CAJ | 10.125 | 9.25 | 11 | 4 | 0.878 | 0.439 | d |
| FDA:60:COL | 60 | FDA | COL | 5.438 | 5.25 | 5.75 | 4 | 0.239 | 0.12 | f |
| SPT:60:CAJ | 60 | SPT | CAJ | 12.562 | 10.5 | 14.25 | 4 | 1.853 | 0.926 | c |
| SPT:60:COL | 60 | SPT | COL | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | g |

ANEXO 20. Análisis de varianza (ANVA) para la variable del número de semillas por fruto en *Physalis peruviana* L. ($\alpha= 0,05$)

| Número de semillas | | | | | | |
|--------------------------|-------|-----------|---------|------------|---------|-------|
| | gl | SC | CM | valor de F | p-valor | Sig. |
| niveles | 3 | 178862 | 59620.7 | 1135.73 | 0 | *** |
| fuentes | 2 | 46950 | 23475 | 447.18 | 0 | *** |
| ecotipos | 1 | 37766 | 37766.2 | 719.42 | 0 | *** |
| niveles:fuentes | 3 | 10987 | 3662.3 | 69.76 | 0 | *** |
| niveles:ecotipos | 3 | 61829 | 20609.8 | 392.6 | 0 | *** |
| fuentes:ecotipos | 2 | 93423 | 46711.7 | 889.82 | 0 | *** |
| niveles:fuentes:ecotipos | 3 | 28523 | 9507.8 | 181.12 | 0 | *** |
| Residuales | 54 | 2835 | 52.5 | | | |
| MS error | Media | Desv.est. | Mín. | Máx. | N | CV |
| 52.5 | 85.64 | 80.59 | 0 | 230.1 | 72 | 8.461 |

ANEXO 21. Prueba Tukey para la variable del número de semillas por fruto en *Physalis peruviana* L. ($\alpha= 0,05$)

| Tratamientos | niveles | fuentes | ecotipos | media | Mín. | Máx. | r | Desv. estándar | Error estándar | Sig. |
|--------------|---------|---------|----------|--------|-------|-------|---|----------------|----------------|------|
| FDA:0:CAJ | 0 | FDA | CAJ | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | h |
| FDA:0:COL | 0 | FDA | COL | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | h |
| SPT:0:CAJ | 0 | SPT | CAJ | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | h |
| SPT:0:COL | 0 | SPT | COL | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | h |
| TST:0:CAJ | 0 | TST | CAJ | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | h |
| TST:0:COL | 0 | TST | COL | 106.88 | 99 | 110.6 | 4 | 5.44 | 2.72 | g |
| FDA:120:CAJ | 120 | FDA | CAJ | 136.97 | 131.4 | 141.6 | 4 | 4.439 | 2.22 | ef |
| FDA:120:COL | 120 | FDA | COL | 143.41 | 135.9 | 151 | 4 | 6.502 | 3.251 | e |
| SPT:120:CAJ | 120 | SPT | CAJ | 162.88 | 158.9 | 167.5 | 4 | 3.919 | 1.959 | cd |
| SPT:120:COL | 120 | SPT | COL | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | h |
| FDA:180:CAJ | 180 | FDA | CAJ | 172.25 | 159 | 178.3 | 4 | 8.933 | 4.466 | bc |
| FDA:180:COL | 180 | FDA | COL | 180.22 | 160 | 200.9 | 4 | 20.173 | 10.086 | b |
| SPT:180:CAJ | 180 | SPT | CAJ | 218.78 | 204.8 | 230.1 | 4 | 10.537 | 5.268 | a |
| SPT:180:COL | 180 | SPT | COL | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | h |
| FDA:60:CAJ | 60 | FDA | CAJ | 128.44 | 121.5 | 137.1 | 4 | 6.731 | 3.366 | f |
| FDA:60:COL | 60 | FDA | COL | 134.1 | 115.1 | 146.8 | 4 | 13.654 | 6.827 | ef |
| SPT:60:CAJ | 60 | SPT | CAJ | 157.53 | 153.6 | 160 | 4 | 2.914 | 1.457 | d |
| SPT:60:COL | 60 | SPT | COL | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | h |

ANEXO 22. Análisis de varianza (ANVA) para la variable altura de planta a los 90 días de *Physalis peruviana* L. ($\alpha= 0,05$)

| Altura(cm)-Primera lectura | | | | | | |
|----------------------------|-------|-----------|---------|------------|---------|-------|
| | gl | SC | CM | valor de F | p-valor | Sig. |
| niveles | 3 | 2893.85 | 964.62 | 77.512 | 0 | *** |
| fuentes | 2 | 7180.16 | 3590.08 | 288.481 | 0 | *** |
| ecotipos | 1 | 117.89 | 117.89 | 9.473 | 0.0033 | ** |
| niveles:fuentes | 3 | 2668.27 | 889.42 | 71.47 | 0 | *** |
| niveles:ecotipos | 3 | 58.21 | 19.4 | 1.559 | 0.2099 | |
| fuentes:ecotipos | 2 | 156.1 | 78.05 | 6.272 | 0.0036 | ** |
| niveles:fuentes:ecotipos | 3 | 93.66 | 31.22 | 2.509 | 0.0685 | . |
| Residuales | 54 | 672.02 | 12.44 | | | |
| MS error | Media | Desv.est. | Mín. | Máx. | N | CV |
| 12.44 | 21.15 | 13.96 | 7.25 | 56.75 | 72 | 16.68 |

ANEXO 23. Prueba Tukey para la variable altura de planta a los 90 días de *Physalis peruviana* L. ($\alpha= 0,05$)

| Tratamientos | niveles | fuentes | ecotipos | media | Mín. | Máx. | r | Desv. estándar | Error estándar | Sig. |
|--------------|---------|---------|----------|--------|-------|-------|---|----------------|----------------|------|
| FDA:0:CAJ | 0 | FDA | CAJ | 14.29 | 10.88 | 16.65 | 4 | 2.468 | 1.234 | d |
| FDA:0:COL | 0 | FDA | COL | 11.54 | 10.13 | 13.25 | 4 | 1.292 | 0.646 | d |
| SPT:0:CAJ | 0 | SPT | CAJ | 13.5 | 10.38 | 15.5 | 4 | 2.211 | 1.106 | d |
| SPT:0:COL | 0 | SPT | COL | 11.883 | 8.9 | 13.38 | 4 | 2.032 | 1.016 | d |
| TST:0:CAJ | 0 | TST | CAJ | 12.165 | 11.38 | 13.83 | 4 | 1.126 | 0.563 | d |
| TST:0:COL | 0 | TST | COL | 12.582 | 12.1 | 13.2 | 4 | 0.512 | 0.256 | d |
| FDA:120:CAJ | 120 | FDA | CAJ | 40.648 | 39.43 | 42.78 | 4 | 1.52 | 0.76 | b |
| FDA:120:COL | 120 | FDA | COL | 31.777 | 22.43 | 39.28 | 4 | 6.965 | 3.483 | c |
| SPT:120:CAJ | 120 | SPT | CAJ | 10.915 | 7.25 | 12.98 | 4 | 2.636 | 1.318 | d |
| SPT:120:COL | 120 | SPT | COL | 11.848 | 9.15 | 13.63 | 4 | 1.905 | 0.952 | d |
| FDA:180:CAJ | 180 | FDA | CAJ | 52.178 | 45.13 | 56.75 | 4 | 5.121 | 2.56 | a |
| FDA:180:COL | 180 | FDA | COL | 41.195 | 34.88 | 48 | 4 | 6.058 | 3.029 | b |
| SPT:180:CAJ | 180 | SPT | CAJ | 10.71 | 8.38 | 14.85 | 4 | 3.04 | 1.52 | d |
| SPT:180:COL | 180 | SPT | COL | 11.615 | 9.13 | 13.45 | 4 | 1.803 | 0.902 | d |
| FDA:60:CAJ | 60 | FDA | CAJ | 36.153 | 25.75 | 42.28 | 4 | 7.209 | 3.604 | bc |
| FDA:60:COL | 60 | FDA | COL | 34.903 | 30.93 | 39 | 4 | 3.296 | 1.648 | bc |
| SPT:60:CAJ | 60 | SPT | CAJ | 11.285 | 9.13 | 12.48 | 4 | 1.559 | 0.779 | d |
| SPT:60:COL | 60 | SPT | COL | 11.468 | 8.88 | 13.38 | 4 | 1.903 | 0.951 | d |

ANEXO 24. Análisis de varianza (ANVA) para la variable altura de planta a los 130 días de *Physalis peruviana* L. ($\alpha= 0,05$)

| Altura(cm)-Segunda lectura | | | | | | |
|----------------------------|-------|-----------|-----------|------------|---------|-------|
| | gl | SC | CM | valor de F | p-valor | Sig. |
| niveles | 3 | 42343.8 | 14114.596 | 2183.2 | 0 | *** |
| fuentes | 2 | 22371.8 | 11185.903 | 1730.2 | 0 | *** |
| ecotipos | 1 | 1752.7 | 1752.715 | 271.1 | 0 | *** |
| niveles:fuentes | 3 | 15716.6 | 5238.883 | 810.33 | 0 | *** |
| niveles:ecotipos | 3 | 1621.7 | 540.553 | 83.61 | 0 | *** |
| fuentes:ecotipos | 2 | 3195.6 | 1597.79 | 247.14 | 0 | *** |
| niveles:fuentes:ecotipos | 3 | 1302.6 | 434.207 | 67.16 | 0 | *** |
| Residuales | 54 | 349.1 | 6.465 | | | |
| MS error | Media | Desv.est. | Mín. | Máx. | N | CV |
| 6.465 | 65.98 | 35.34 | 23.88 | 133.2 | 72 | 3.853 |

ANEXO 25. Prueba Tukey para la variable altura de planta a los 130 días de *Physalis peruviana* L. ($\alpha=0,05$).

| Tratamientos | niveles | fuentes | ecotipos | media | Mín. | Máx. | r | Desv. estándar | Error estándar | Sig. |
|--------------|---------|---------|----------|---------|--------|-------|---|----------------|----------------|------|
| FDA:0:CAJ | 0 | FDA | CAJ | 28.352 | 25.78 | 31.15 | 4 | 2.37 | 1.185 | k |
| FDA:0:COL | 0 | FDA | COL | 30.657 | 28.7 | 32.05 | 4 | 1.433 | 0.717 | k |
| SPT:0:CAJ | 0 | SPT | CAJ | 43.943 | 41.43 | 46.88 | 4 | 2.592 | 1.296 | j |
| SPT:0:COL | 0 | SPT | COL | 48.763 | 46.65 | 50.05 | 4 | 1.508 | 0.754 | i |
| TST:0:CAJ | 0 | TST | CAJ | 27.553 | 26.03 | 29.25 | 4 | 1.503 | 0.752 | k |
| TST:0:COL | 0 | TST | COL | 29.79 | 27.25 | 30.88 | 4 | 1.709 | 0.854 | k |
| FDA:120:CAJ | 120 | FDA | CAJ | 108.502 | 103.8 | 112.4 | 4 | 4.014 | 2.007 | c |
| FDA:120:COL | 120 | FDA | COL | 110.615 | 110.03 | 111.2 | 4 | 0.561 | 0.28 | c |
| SPT:120:CAJ | 120 | SPT | CAJ | 69.895 | 69.3 | 70.9 | 4 | 0.739 | 0.37 | f |
| SPT:120:COL | 120 | SPT | COL | 28.92 | 27.45 | 29.95 | 4 | 1.117 | 0.558 | k |
| FDA:180:CAJ | 180 | FDA | CAJ | 122.165 | 119.18 | 125.8 | 4 | 2.727 | 1.363 | b |
| FDA:180:COL | 180 | FDA | COL | 128.92 | 125.23 | 133.2 | 4 | 3.926 | 1.963 | a |
| SPT:180:CAJ | 180 | SPT | CAJ | 85.692 | 78.98 | 90.88 | 4 | 5.654 | 2.827 | e |
| SPT:180:COL | 180 | SPT | COL | 54.12 | 51.55 | 56.15 | 4 | 1.99 | 0.995 | h |
| FDA:60:CAJ | 60 | FDA | CAJ | 92.095 | 89.08 | 94.9 | 4 | 2.957 | 1.478 | d |
| FDA:60:COL | 60 | FDA | COL | 91.907 | 88.48 | 94.25 | 4 | 2.495 | 1.247 | d |
| SPT:60:CAJ | 60 | SPT | CAJ | 60.057 | 59.15 | 61.2 | 4 | 0.906 | 0.453 | g |
| SPT:60:COL | 60 | SPT | COL | 25.752 | 23.88 | 27 | 4 | 1.324 | 0.662 | k |

ANEXO 26. Análisis de varianza (ANVA) para la variable altura de planta a los 180 días de *Physalis peruviana* L. ($\alpha=0,05$).

| Altura(cm)-Tercera lectura | | | | | | |
|----------------------------|-------|-----------|----------|------------|---------|------|
| | gl | SC | CM | valor de F | p-valor | Sig. |
| niveles | 3 | 115419.1 | 38473.05 | 3693.68 | 0 | *** |
| fuentes | 2 | 3912 | 1956 | 187.79 | 0 | *** |
| ecotipos | 1 | 7936.1 | 7936.11 | 761.92 | 0 | *** |
| niveles:fuentes | 3 | 12841.8 | 4280.61 | 410.97 | 0 | *** |
| niveles:ecotipos | 3 | 9531.4 | 3177.12 | 305.03 | 0 | *** |
| fuentes:ecotipos | 2 | 11809.9 | 5904.93 | 566.91 | 0 | *** |
| niveles:fuentes:ecotipos | 3 | 2362.7 | 787.55 | 75.61 | 0 | *** |
| Residuales | 54 | 562.5 | 10.42 | | | |
| MS error | Media | Desv.est. | Mín. | Máx. | N | CV |
| 10.42 | 112.1 | 48.12 | 36.8 | 178.7 | 72 | 2.88 |

ANEXO 27. Prueba Tukey para la variable altura de planta a los 180 días de *Physalis peruviana* L. ($\alpha=0,05$).

| Tratamientos | niveles | fuentes | ecotipos | media | Mín. | Máx. | r | Desv. estándar | Error estándar | Sig. |
|--------------|---------|---------|----------|---------|--------|-------|---|----------------|----------------|------|
| FDA:0:CAJ | 0 | FDA | CAJ | 44.875 | 44.55 | 45.25 | 4 | 0.352 | 0.176 | k |
| FDA:0:COL | 0 | FDA | COL | 51.685 | 48.68 | 54.23 | 4 | 2.698 | 1.349 | j |
| SPT:0:CAJ | 0 | SPT | CAJ | 87.945 | 85.65 | 89.28 | 4 | 1.639 | 0.82 | h |
| SPT:0:COL | 0 | SPT | COL | 81.002 | 78.1 | 86.68 | 4 | 3.868 | 1.934 | i |
| TST:0:CAJ | 0 | TST | CAJ | 38.165 | 36.8 | 39.53 | 4 | 1.165 | 0.582 | l |
| TST:0:COL | 0 | TST | COL | 50.777 | 44.15 | 56.73 | 4 | 5.916 | 2.958 | j |
| FDA:120:CAJ | 120 | FDA | CAJ | 149.853 | 148.33 | 151 | 4 | 1.125 | 0.562 | d |
| FDA:120:COL | 120 | FDA | COL | 157.515 | 152.6 | 164.9 | 4 | 5.572 | 2.786 | c |
| SPT:120:CAJ | 120 | SPT | CAJ | 155.97 | 155.2 | 156.9 | 4 | 0.702 | 0.351 | c |
| SPT:120:COL | 120 | SPT | COL | 99.29 | 96.73 | 101.6 | 4 | 2.196 | 1.098 | g |
| FDA:180:CAJ | 180 | FDA | CAJ | 156.97 | 155.35 | 158.8 | 4 | 1.517 | 0.758 | c |
| FDA:180:COL | 180 | FDA | COL | 168.522 | 162.75 | 173.9 | 4 | 4.712 | 2.356 | b |
| SPT:180:CAJ | 180 | SPT | CAJ | 177.885 | 176.98 | 178.7 | 4 | 0.689 | 0.345 | a |
| SPT:180:COL | 180 | SPT | COL | 130.99 | 129.88 | 131.9 | 4 | 0.946 | 0.473 | e |
| FDA:60:CAJ | 60 | FDA | CAJ | 145.36 | 137.48 | 149.1 | 4 | 5.313 | 2.657 | d |
| FDA:60:COL | 60 | FDA | COL | 126.222 | 120.43 | 131.7 | 4 | 4.984 | 2.492 | f |
| SPT:60:CAJ | 60 | SPT | CAJ | 146.16 | 144.6 | 147.5 | 4 | 1.187 | 0.593 | d |
| SPT:60:COL | 60 | SPT | COL | 48.2 | 44.25 | 51 | 4 | 2.843 | 1.422 | jk |

ANEXO 28. Análisis de varianza (ANVA) para la variable altura de planta de *Physalis peruviana* L. ($\alpha=0,05$).

| Altura(cm) | | | | | | |
|--------------|-------|-----------|----------|------------|---------|-------|
| | gl | SC | CM | valor de F | p-valor | Sig. |
| tratamientos | 17 | 193341 | 1.14E+04 | 1163.5 | 0 | *** |
| evaluaciones | 2 | 297675 | 1.49E+05 | 15225.9 | 0 | *** |
| trat:eval. | 34 | 71944 | 2.12E+03 | 216.5 | 0 | *** |
| Residuales | 162 | 1584 | 9.78E+00 | | | |
| MS error | Media | Desv.est. | Mín. | Máx. | N | CV |
| 9.775 | 66.4 | 51.24 | 7.25 | 178.7 | 216 | 4.708 |

ANEXO 29. Resultados de la concentración de mg de P por mg de polen en *Physalis peruviana* L.

| | CAJAMARQUINO | | | COLOMBIANO | | |
|-------|--------------|---------|---------|------------|---------|-----------|
| | TESTIGO 1 | FDA | SPT | FDA | SPT | TESTIGO 2 |
| 0 | | 0.01183 | 0.01288 | 0.00905 | 0.01066 | |
| 60 | | 0.01315 | 0.01306 | 0.0107 | 0.01082 | |
| 120 | | 0.01341 | 0.0149 | 0.01048 | 0.0113 | |
| 180 | | 0.01254 | 0.01348 | 0.01327 | 0.01135 | |
| 0-0-0 | 0 | | | | | 0.004 |

ANEXO 30. Diferencias en la primera medida de la altura: (1) Diferencias de altura en el ecotipo colombiano, imagen izquierda FDA, derecha SPT, (2) Diferencias de altura en el ecotipo cajamarquino, imagen izquierda FDA, derecha SPT, (3) Quemado de los botones florales-imagen izquierda, (4) Quemado de la parte apical de las plantas de aguaymanto-imagen derecha.

