

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS:

**Tres dosis de humato y biosílíce foliar en el contenido de clorofila
y rendimiento de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.),
Ayacucho - 2019**

Para optar el título profesional de:

INGENIERA AGRÓNOMA

PRESENTADO POR:

Bach. Lizbeth PILLACA QUISPE

ASESORA:

Ph.D. Marhleni CERDA GÓMEZ

AYACUCHO - PERÚ

2024

DEDICATORIA

A mis padres: Justina y Alejandro por su dedicación y esfuerzo para asegurar mi educación, la mejor herencia que pude recibir.

A mis hermanos: Eddy, Ruth, Jhanet y Lucero por ser la fortaleza y motivación para superar las adversidades y seguir cumpliendo mis sueños

A mis amigos de la Estudiantina Universitaria de Agronomía (E.U.A), Elenco de Danzas de Agronomía (E.D.A), Círculo de Estudios con Visión al Futuro (ELAVIF) y compañeros de aula, con quienes compartí la vida universitaria

A aquella persona que me ha brindado su sentimiento más sincero y apoyo incondicional en este capítulo de mi historia.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, alma máter de mi formación profesional, formadora de hombres que luchan por el desarrollo del pueblo.

A la Facultad de Ciencias Agrarias y la Escuela Profesional de Agronomía; por haberme acogido en sus recintos y brindarme una formación profesional.

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria – EEA Canaán, Área de Recursos Genéticos, por permitirme realizar mi trabajo de investigación.

A la Ph. D. Marhleni Cerda Gómez, asesora del trabajo de investigación, por su conocimiento, compromiso, orientación y comprensión en la realización del presente trabajo de investigación. Gracias por su profesionalismo, es admirable.

A mi primo, Ramiro Quispe Palomino, por su apoyo y motivación durante el desarrollo de la investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO I	4
MARCO TEÓRICO	4
1.1. ANTECEDENTES	4
1.1.1. Humato (sustancias húmicas)	4
1.1.2. Biosílice (diatomita)	5
1.2. GENERALIDADES DEL AGUAYMANTO	6
1.2.1. Origen y distribución	6
1.2.2. Clasificación taxonómica	6
1.2.3. Descripción botánica	7
1.2.4. Propagación	7
1.2.5. Fenología del aguaymanto	8
1.2.6. Requerimiento edafoclimático	9
1.2.7. Manejo agronómico del cultivo	10
1.2.8. Principales plagas y enfermedades	10
1.2.9. Composición nutricional del fruto	11
1.2.10. Usos y propiedades	12
1.3. EL HUMATO (extracto líquido del humus de lombriz)	12
1.3.1. Humus de lombriz (<i>Eisenia foetida</i>)	12
1.3.2. El humato	13
1.3.3. Fuente de sustancias húmicas	15
1.3.4. Efecto de las sustancias húmicas en los cultivos	16
1.4. EL BIOSÍLICE	18
1.4.1. Uso del biosílice (diatomita) en la agricultura	19
1.4.2. Silicio	20

1.4.3.	Efecto del silicio sobre el estrés biótico.....	21
1.4.4.	Efecto del silicio sobre el estrés abiótico.....	21
1.4.5.	Deficiencia de silicio.....	22
1.4.6.	Toxicidad del silicio.....	23
1.5.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	23
1.5.1.	Costos de producción.....	23
1.5.2.	Ingreso bruto de producción.....	24
1.5.3.	Ingreso neto de producción.....	24
1.5.4.	Rentabilidad económica.....	24
	CAPÍTULO II.....	25
	METODOLOGÍA.....	25
2.1.	UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL.....	25
2.2.	CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS.....	26
2.3.	ANÁLISIS DEL SUELO.....	28
2.3.1.	Interpretación del análisis de caracterización.....	29
2.4.	MATERIAL BIOLÓGICO.....	30
2.5.	OBTENCIÓN DE BIOSÍLICE.....	31
2.6.	EXTRACCIÓN DEL HUMATO.....	31
2.7.	TRATAMIENTOS EN ESTUDIO.....	33
2.8.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	34
2.9.	DURACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	34
2.10.	CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL.....	34
2.10.1.	Croquis de distribución de los tratamientos en investigación.....	35
2.10.2.	Descripción de la unidad experimental.....	35
2.11.	INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO.....	36
2.11.1.	Almácigo.....	36
2.11.2.	Repique.....	36
2.11.3.	Preparación de terreno.....	36
2.11.4.	Demarcación del terreno.....	36
2.11.5.	Hoyación.....	36
2.11.6.	Manejo agronómico.....	37
2.11.7.	Aplicación de tratamientos.....	39
2.12.	PARÁMETROS EVALUADOS.....	39
2.12.1.	Contenido de clorofila.....	39

2.12.2. Caracteres productivos.....	40
2.13. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	41
2.14. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	42
CAPÍTULO III.....	44
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
3.1. CONTENIDO DE CLOROFILA.....	44
3.2. CARACTERES PRODUCTIVOS.....	49
3.2.1. Altura de planta (cm).....	49
3.2.2. Número de frutos por planta.....	52
3.2.3. Peso total de fruto por planta (kg).....	54
3.2.4. Diámetro ecuatorial y polar del fruto (mm).....	55
3.2.5. Clasificación de frutos por calibre (%).....	58
3.2.6. Rendimiento total (kg ha ⁻¹).....	59
3.3. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	61
3.3.1. Ingreso bruto (S/. ha).....	61
3.3.2. Costo total de producción (S/. ha).....	62
3.3.3. Ingreso neto (S/. ha).....	62
3.3.4. Rentabilidad.....	63
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES.....	65
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	66
ANEXOS	76

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. <i>Fenología del cultivo de aguaymanto (Physalis peruviana L.)</i>	8
Tabla 1.2. <i>Composición nutricional por cada 100 g de fruto de aguaymanto</i>	12
Tabla 1.3. <i>Análisis químico del humus de lombriz (Eisenia foetida)</i>	13
Tabla 1.4. <i>Fuentes de sustancias húmicas</i>	16
Tabla 1.5. <i>Composición química de la diatomita del yacimiento de Quicapata – Ayacucho</i>	19
Tabla 1.6. <i>Clasificación de plantas según la tendencia de acumular silicio</i>	23
Tabla 1.7. <i>Interpretación de la relación beneficio/costo</i>	24
Tabla 2.1. <i>Información climatológica correspondiente al periodo agosto 2019 - mayo 2020 de la Estación Meteorológica Canaán del INIA a 2735 m s. n. m.</i>	27
Tabla 2.2. <i>Resultados del análisis de caracterización físico - químico del suelo</i>	29
Tabla 2.3. <i>Características químicas del humato</i>	32
Tabla 2.4. <i>Descripción de los tratamientos</i>	33
Tabla 2.5. <i>Características químicas de la solución de cada tratamiento</i>	34
Tabla 2.6. <i>Fraccionamiento y dosis de abono orgánico – mineral</i>	37
Tabla 2.7. <i>Momento de aplicación de los tratamientos</i>	39
Tabla 2.8. <i>Calibres de clasificación del fruto de aguaymanto</i>	41
Tabla 2.9. <i>Precio del aguaymanto en el mercado mayorista Nery García Zarate de Ayacucho según calibre</i>	42
Tabla 3.1. <i>Análisis de varianza del contenido de clorofila (SPAD) por efecto de tres dosis humato y biosílíce foliar en cultivo de aguaymanto</i>	44
Tabla 3.2. <i>Análisis de varianza de altura de planta (cm) por efecto de tres dosis de humato y biosílíce foliar en cultivo de aguaymanto a 30 y 120 DDT</i>	50
Tabla 3.3. <i>Análisis de varianza del número de frutos por planta por efecto de tres dosis de humato y biosílíce foliar en cultivo de aguaymanto</i>	53
Tabla 3.4. <i>Análisis de variancia del peso de frutos (kg) por planta por efecto de tres dosis de humato y biosílíce foliar en el cultivo de aguaymanto</i>	54
Tabla 3.5. <i>Análisis de variancia del diámetro ecuatorial de fruto (mm) por efecto de tres dosis de humato y biosílíce foliar en cultivo de aguaymanto</i>	56

Tabla 3.6.	<i>Análisis de variancia del diámetro polar de fruto (mm) por efecto de tres dosis de humato y biosílice foliar en cultivo de aguaymanto.....</i>	57
Tabla 3.7.	<i>Análisis de variancia del rendimiento (kg.ha⁻¹) por efecto de tres dosis de humato y biosílice foliar en cultivo de aguaymanto.....</i>	59
Tabla 3.8.	<i>Rendimiento, precio de venta e ingreso bruto de producción del cultivo de aguaymanto.....</i>	61
Tabla 3.9.	<i>Costo directo, indirecto y total de producción del cultivo de aguaymanto.....</i>	62
Tabla 3.10.	<i>Ingreso neto de producción del cultivo de aguaymanto.....</i>	62
Tabla 3.11.	<i>Rentabilidad del cultivo de aguaymanto expresado en beneficio/costo</i>	63

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. <i>Fenología del cultivo de aguaymanto (Physalis peruviana L.) para las condiciones agroclimáticas de Ayacucho</i>	8
Figura 2.1. <i>Parcela experimental en a EEA Canaán del INIA.....</i>	25
Figura 2.2. <i>Mapa de ubicación de la parcela en la EEA Canaán del INIA.....</i>	26
Figura 2.3. <i>Climatograma correspondiente al periodo agosto 2019 - mayo 2020 de la Estación Meteorológica Canaán del INIA a 2735 m s. n. m.</i>	28
Figura 2.4. <i>Semilla de aguaymanto del ecotipo Ayacuchano.....</i>	30
Figura 2.5. <i>Piedra de diatomita “biosílce” tamizado a 60 mesh.....</i>	31
Figura 2.6. <i>Extracto de humus liquido “humato”</i>	32
Figura 2.7. <i>Croquis del campo experimental con tratamientos al azar</i>	35
Figura 2.8. <i>Distribución y número de plantas en la unidad experimental.....</i>	35
Figura 3.1. <i>Prueba de Tukey (p 0.05) para contenido de clorofila (SPAD) por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato en el cultivo de aguaymanto.....</i>	46
Figura 3.2. <i>Prueba de Tukey (p 0.05) para contenido de clorofila (SPAD) por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de biosílce en el cultivo de aguaymanto.....</i>	48
Figura 3.3. <i>Prueba de Tukey (p 0.05) para contenido de clorofila (SPAD) por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato y biosílce en cultivo de aguaymanto versus el testigo absoluto (T10).....</i>	49
Figura 3.4. <i>Prueba de Tukey (p 0.05) para altura de planta (cm) por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de biosílce a 120 ddt en el cultivo de aguaymanto.....</i>	51
Figura 3.5. <i>Prueba de Tukey (p 0.05) para altura de planta (cm) por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato y biosílce a 120 ddt en cultivo de aguaymanto versus el testigo absoluto (T10).....</i>	52
Figura 3.6. <i>Comparación de medias para número de frutos por planta por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato y biosílce en el cultivo de aguaymanto versus el testigo absoluto (T10)</i>	54
Figura 3.7. <i>Prueba de Tukey (p 0.05) para peso de frutos por planta (kg) por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato y biosílce en el cultivo de aguaymanto versus el testigo absoluto (T10).....</i>	55

Figura 3.8.	<i>Comparación de medias para diámetro ecuatorial del fruto (mm) por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato y biosílíce en cultivo de aguaymanto versus el testigo absoluto (T10)</i>	56
Figura 3.9.	<i>Comparación de medias para diámetro polar del fruto (mm) por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato y biosílíce en cultivo de aguaymanto versus el testigo absoluto (T10).....</i>	58
Figura 3.10.	<i>Clasificación de frutos por calibre (%) en cada tratamiento por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato y biosílíce foliar en cultivo de aguaymanto</i>	59
Figura 3.11.	<i>Prueba de Tukey ($p = 0.05$) para rendimiento por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato y biosílíce en cultivo de aguaymanto versus el testigo absoluto (T10)</i>	61

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. <i>Costos de producción del cultivo de aguaymanto</i>	77
Anexo 2. <i>Precio ponderado de kg de fruto para cada tratamiento</i>	88
Anexo 3. <i>Resultados del análisis de caracterización del suelo de la parcela experimental</i>	89
Anexo 4. <i>Resultados del análisis químico del “humato”</i>	90
Anexo 5. <i>Resultados del análisis químico de los tratamientos</i>	91
Anexo 6. <i>Resultado de datos obtenidos de las variables evaluadas</i>	92
Anexo 7. <i>Fenología del cultivo de aguaymanto (Physalis peruviana L.) evaluadas en el campo experimental del INIA Canaán, Ayacucho</i>	94
Anexo 8. <i>Evidencias fotográficas.....</i>	95

RESUMEN

La investigación se realizó en la Estación Experimental Agraria Canaán - Ayacucho del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) a 2735 m s. n. m. con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación foliar de dosis de humato y biosílice en el cultivo de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), ecotipo Ayacuchano. Los tratamientos corresponden a un arreglo factorial de 3A x 3B (A: dosis de humato 20, 15 y 0 ml l⁻¹; B: dosis de biosílice 2, 1.5 y 0 % p/v) más un testigo absoluto, con 3 repeticiones, haciendo un total de 30 unidades experimentales, dispuestos en el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA). Las variables evaluadas fueron: contenido de clorofila (SPAD), altura de planta (cm), número de frutos/planta, peso total de frutos/planta (kg), diámetro ecuatorial y polar de frutos (mm), calibre de frutos (%) y rendimiento (kg ha⁻¹). Los resultados refieren que la aplicación conjunta de 20 ml l⁻¹ de humato y 1.5 % de biosílice (T8) logra un mayor contenido de clorofila (54.93 SPAD) y altura de planta a 120 ddt, (192.63 cm). Aplicación simultánea de 15 ml l⁻¹ de humato y 1.5 % de biosílice (T5) promueve un aumento en el peso de frutos por planta en 41.75 % comparativamente al testigo absoluto (T10), lo que permite alcanzar mayor rendimiento (18321 kg ha⁻¹) y buen calibre de frutos. Por consiguiente, mayor tasa de retorno en la producción del cultivo de aguaymanto y una relación beneficio/costo de 2.22 nuevos soles. En cuanto al número de frutos/planta, diámetro ecuatorial y polar (mm), las aplicaciones individuales ni simultáneas de ambos bioestimulantes no muestran diferencia estadística; no obstante, existe diferencia numérica, donde cualquier aplicación con humato y biosílice es de mejor performance respecto al testigo relativo (T1) y testigo absoluto (T10).

Palabra clave: Aguaymanto, humato, biosílice, ecotipo, clorofila.

INTRODUCCIÓN

Physalis peruviana L., conocido en Perú como “capulí o aguaymanto”, es una planta herbácea, frutícola nativa de interés en mercados internacionales, debido a sus características nutricionales y propiedades medicinales que posee el fruto (Pérez, 1996). Colombia alcanza rendimientos de 35 tn ha⁻¹/año (Tv Agro, 2017). En 2020, Perú produjo en promedio 1753 toneladas, con 80 % de participación de la región Huánuco y el 20 % restante otros departamentos, entre ellos Ayacucho (Sierra y selva Exportadora, 2020), cuyos rendimientos fluctúan entre 4 y 7.5 kg/planta/año (MINAGRI, 2018), lo que hace pensar en la necesidad de mejorar las condiciones de manejo. Es así que, en busca de incrementar los rendimientos y aprovechar la máxima capacidad productiva del cultivo, y dentro de los intereses actuales de practicar un modelo de agricultura orgánica se propone emplear “humato”, fuente de sustancias húmicas extraídas del humus de lombriz (*Eisetia foetida*), reconocida por su acción bioestimulante (Nardi et al., 2009) al potencializar los procesos fisiológicos y metabólicos en los cultivos (Canellas et al., 2014).

Por otro lado; el silicio, segundo elemento más abundante en la corteza terrestre, considerado como elemento benéfico para muchos cultivos. Sus efectos están relacionados a la capacidad de incrementar rendimientos, mejora la arquitectura de la planta, regular la evapotranspiración, generar tolerancia a la toxicidad por metales pesados, permitir mayor resistencia al ataque de plagas y enfermedades (Castellanos et al., 2015). Asimismo, estimula la producción de sustancias defensivas como los fenólicos y fitoalexinas (Rodríguez et al., 2005). La diatomita es una alternativa como fuente de silicio biogénico (biosílice), económicamente viable, de fácil acceso local, compuesta principalmente por SiO₂ (80 - 86%) y pequeñas cantidades de CaO, Fe₂O₃, K₂O, Na₂O, P₂O₅, MgO, Al₂O₃ (Valdiviezo et al., 2017).

En el presente, se emplean ambos bioestimulantes como complemento a un abonamiento orgánico - mineral en el cultivo de aguaymanto a fin de evaluar los siguientes objetivos.

Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato y biosílice en el contenido de clorofila y rendimiento en plantas de aguaymanto.

Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato y biosílice en el contenido de clorofila en plantas de aguaymanto.
2. Evaluar el efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato y biosílice en el rendimiento de aguaymanto.
3. Determinar la mejor dosis de aplicación foliar de humato y biosílice que eleve el contenido de clorofila y rendimiento de aguaymanto.
4. Conocer el costo de producción de una plantación cultivada de aguaymanto.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES

1.1.1. Humato (sustancias húmicas)

Pérez y Lamadrid (2001) evaluaron el efecto del lixiviado de humus de lombriz en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), en el que concluyen que el lixiviado de humus de lombriz (39 y 65 l ha⁻¹) estimuló y produjo en menor tiempo un incremento cuantitativo y cualitativo de los indicadores morfológicos evaluados, atribuyendo los efectos a los elevados contenidos de ácidos húmicos y fúlvicos que lo convierte en un eficaz colaborador de las funciones fitoregulatoras del crecimiento vegetativo de plantas.

Velasco et al. (2016) emplearon humus líquido más micorrizas en la solución nutritiva del sistema de producción hidropónica de lechuga (*Lactuca sativa* var. Crespa), logrando mejorar la productividad del cultivo, gracias a la capacidad bioestimulante del humus líquido al solubilizar los nutrientes y contribuir a una asimilación más eficiente.

Lazo et al. (2014) evaluaron el efecto de una enmienda líquida denominada “Humusbol”, constituida fundamentalmente por ácidos húmicos y fúlvicos. Los resultados refieren que el Humusbol aplicado al suelo a dosis de 5, 6, 7 y 8 litros por hectárea + 1 litro en 200 litros de agua al follaje de maíz (*Zea mays* L.) ejerce un efecto estimulante en el contenido de clorofila, además su efecto fue mayor a medida que aumentaba la dosis. Igualmente, el efecto fue significativo en las variables morfométricas: número de hojas, altura de planta, diámetro del tallo, área foliar y biomasa seca.

Veobides et al. (2022) en el artículo científico “Efecto de un extracto de vermicompost en *Lactuca sativa* L. cultivada con bajos suministros hídricos”, realizaron la extracción de sustancias húmicas a partir del vermicompost de estiércol vacuno con diluciones básicas de KOH, Urea y KH₂PO₄. El extracto fue aplicada al follaje a dosis de

(1:40, 1:60 y 1:80, v/v) bajo las condiciones de suministro hídrico de 50 y 25 % de Capacidad Máxima de Retención de agua, donde se comprobó que la aplicación foliar de diluciones del extracto húmico promueve el crecimiento en condiciones de estrés hídricos.

Chávez et al. (2020) en el artículo científico titulado “Efectos de la cepa nativa de *Trichoderma sp.* y lixiviado de vermicompost de estiércol bovino sobre el crecimiento foliar y contenido de clorofila en arroz (*Oryza sativa* L.) en fase de semillero”, encontraron que la imbibición de la semilla de arroz en el bioestimulante líquido de vermicompost de estiércol bovino en dilución 1:10 v/v indujo incrementos en la variable masa seca foliar, número de hojas y contenido de clorofila a través de la estimulación de la absorción de hormonas reguladoras de crecimiento y elementos nutricionales como el nitrógeno, que es necesario para la biosíntesis de la clorofila.

1.1.2. Biosílice (diatomita)

Palacios y Vera (2022) evaluaron dos métodos de aplicación de tierra de diatomeas en tres distancias de siembra en el cultivo de jengibre (*Zingiber officinale*). La aplicación foliar (50 g l⁻¹ de agua) y la aplicación edáfica (50 g m⁻²). Encontraron que la aplicación foliar permitió alcanzar los mejores resultados en el desarrollo vegetativo, sobre todo en los días a la emergencia y altura de planta; sin embargo, en las variables de producción la aplicación edáfica de diatomeas obtuvo mayores promedios.

Cerda (2021) en el artículo científico titulado “Biosílice foliar y edáfico en la tolerancia del maíz morado a salinidad en laboratorio - Ayacucho”, evaluó dosis de biosílice foliar (0, 1, 2 %) y edáfico (0, 500, 1000 kg ha⁻¹). Las variables evaluadas fueron altura de planta, rendimiento de materia seca de la parte aérea, materia seca de la parte radicular, relación peso aéreo/raíz y conductividad eléctrica del suelo. Los resultados refieren que ambas formas de aplicación de biosílice no muestran efecto significativo, pero mantienen tendencia en el incremento de los parámetros evaluados.

Peña (2018) en su trabajo de investigación titulado “Aplicación foliar de diatomita en el control de polilla de la col (*Plutella xylostella*) y pulgón (*Brevicoryne brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *Itálica*)”, aplicó 5 dosis: 0, 20, 40, 80 y 120 g l⁻¹ de agua. Al respecto, concluye que la diatomita a dosis de 80 y 120 g l⁻¹ presentan

propiedades insecticidas para el control de dichas plagas y que además a dosis de 120 g l⁻¹ se obtiene lo mejores rendimientos y económicamente muy rentable.

Abdelaal et al. (2020) investigaron la influencia del silicio en los caracteres fisiológicos, bioquímicos y rendimiento de frutos del cultivo de pimiento dulce (*Capsicum annuum*) bajo estrés salino a dos concentraciones (1500 y 3000 ppm) de cloruro de sodio (NaCl) y silicio (silicato de sodio y potasio a 2,7 mmol l⁻¹), concluyen que muy a pesar de estar sometido a estrés salino, la aplicación foliar de silicio condujo a mejoras en las concentraciones de clorofila, nutrientes, estado hídrico e incremento en el rendimiento de frutos.

1.2. GENERALIDADES DEL AGUAYMANTO

1.2.1. Origen y distribución

El aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) es una especie nativa que ha sido conocida, cultivada y preferida en el valle sagrado de los incas, y según afirma Legge (1974, citado por Fischer, 2000) el aguaymanto es originario de la región andina del Perú. Sin embargo, su distribución se extiende a nivel mundial, siendo Sudáfrica el país con mayor producción del continente africano, seguida por Kenia, Zimbabue, Australia, Nueva Zelanda, Hawái e India (Fischer, 2000). A nivel Sudamericano, Colombia lidera como el país con mayores volúmenes de producción y exportación, seguida por Ecuador y Perú. En Perú, se cultiva en los siguientes departamentos: Amazonas, Apurímac, Áncash, Arequipa, Ayacucho, Huánuco, Huancavelica, Junín, Lambayeque, Pasco, Cajamarca, Lima, Cusco y Moquegua (Sierra y Selva Exportadora, 2020, p. 18).

1.2.2. Clasificación taxonómica

Según Flores (2015) la clasificación taxonómica del aguaymanto de acuerdo con el Sistema de Clasificación Filogenética propuesta por Cronquist (1988) es el siguiente:

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Solanales
Familia	: Solanaceae
Género	: Physalis
Especie	: <i>Physalis peruviana</i> L.

Respecto al nombre común, Sierra y Selva Exportadora (2020) menciona que en la época incaica se le conocía como “yawachunka” y “topotopo”, idioma quechua y “uchua” o “cuchuva” en aymara (p.6). Por su parte, Calzada (1980) menciona que el aguaymanto posee diversidad de nombres dependiendo del país de origen donde se cultiva, de este modo en Perú (aguaymanto, capulí o uchuva); Bolivia (capulí o motojobobo embolsado); Ecuador (uvilla o tomate silvestre); Colombia (uchuva, uvilla, vejigón o guchavo); Chile (capulí o bolsa de amor); México (cereza del Perú, yuyo de ojos); Brasil (groselha do Perú, herva noiva do Perú, batesta, camapu); Estados Unidos (gooseberry, peruvian cherry, golden berry o andean cherry); África del sur (cape gooseberry, golden berry) y Francia (coqueret du Pérou, coquerelle).

1.2.3. Descripción botánica

El aguaymanto es una planta de tipo herbáceo a semi silvestre, perenne en zonas tropicales y que puede alcanzar altura de hasta 1.8 metros (Tapia et al., 2007). El cultivo es de crecimiento indeterminado, por lo cual el desarrollo de los órganos vegetativos (hojas, ramas y raíces) y reproductivos (flores y frutos) ocurre de manera simultánea permitiendo cosechas permanentes hasta después de alcanzar la producción máxima (Fischer, 2000).

El sistema radical presenta una raíz principal de la que salen las raíces laterales y fibrosas. El tallo es herbáceo, hueco y quebradizo, posee en sus nudos varias yemas de donde nace una rama y una yema floral. Además, el cultivo presenta hojas simples, alterna, pubescentes (vellosas) y de tipo acorazonados. También presentan flores hermafroditas solitarias con una corola tubular de color amarilla que comúnmente se auto polinizan, pero que también son fácilmente polinizados por los insectos y el viento. Ahora, los frutos son jugosos, redondos a ovoides, tipo baya de color amarillo naranja con pequeñas semillas aplanadas de forma lenticelar. El cáliz o capacho es gamosépalo formado por 5 sépalos soldados que cubren al fruto durante todo su desarrollo hasta la madurez, protegiéndolos de los daños bióticos (insectos, aves y patógenos) y abiótico (condiciones climáticas extremas) (Fischer, 2000) y (Fischer y Miranda, 2012).

1.2.4. Propagación

El aguaymanto tiene dos sistemas o métodos de propagación. La vía sexual, por medio de semilla botánica procedente de frutos de buen tamaño y completamente

maduros, cosechados de plantas sanas, vigorosas y en plena producción; es la vía más utilizada por la mayoría de los productores de aguaymanto. La otra forma, es la vía asexual, por medio de semilla vegetativa que involucra diferentes métodos y partes de la planta como los esqueje (Almanza, 2000). También se han realizado propagación in vitro a través de meristemos en trabajos de investigación para garantizar plantas libres de algunas enfermedades vasculares (Zapata et al., 2002).

1.2.5. Fenología del aguaymanto

La fenología depende mucho de los factores climáticos. En ese sentido, conforme a las experiencias desarrolladas en Colombia, municipio de Antioquia, Zapata et al. (2002) refiere que las etapas fenológicas del cultivo de aguaymanto.

Tabla 1.1

Fenología del cultivo de aguaymanto (Physalis peruviana L.)

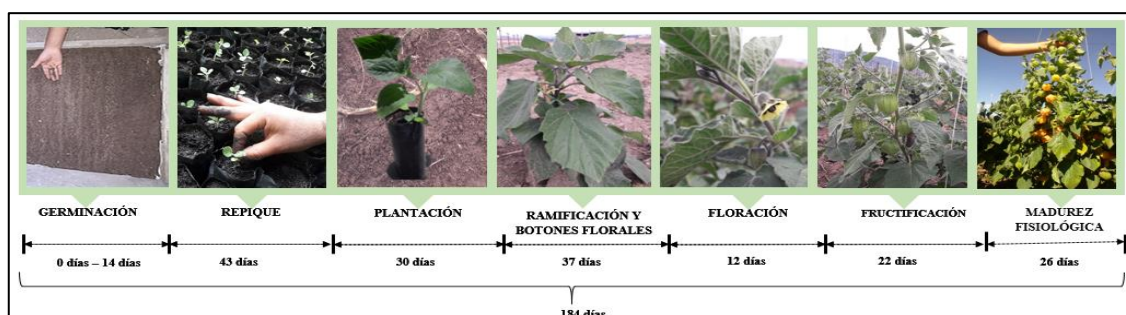
Estados fenológicos	Tiempo (días)	Lugar
Siembra - germinación	10 - 15	Semillero
Germinación - repique	15 - 20	Vivero
Repique - trasplante	Hasta 60	Campo definitivo
Trasplante - floración	Hasta 60	Campo definitivo
Floración - fructificación	19	Campo definitivo
Fructificación - maduración	60	Campo definitivo
Cosecha - erradicación del cultivo	365	Campo definitivo

Fuente: Zapata et al. (2002)

Adicionalmente, de acuerdo con las evaluaciones realizadas en esta investigación para las condiciones agroclimáticas de la región de Ayacucho, el desarrollo de la fase vegetativa y reproductiva del aguaymanto se detalla en la figura 1.1.

Figura 1.1

Fenología del cultivo de aguaymanto (Physalis peruviana L.) para las condiciones agroclimáticas de Ayacucho



Como se observa en la figura 1.1 se muestra que el tiempo transcurrido desde el trasplante hasta la primera cosecha es aproximadamente 90 a 98 días y de la siembra hasta la primera cosecha un aproximado de 184 días (9 meses), dependen de la altitud, en zonas más altas el periodo es más prolongado. Tapia et al. (2007) coincide con lo hallado y menciona que el tiempo desde el inicio de la germinación hasta la primera cosecha es de unos nueve meses y medio. El período efectivo de producción de la planta es de nueve a once meses desde el momento de la primera cosecha. Desde el punto de vista de productividad, con tecnología moderada a avanzada, su vida útil puede ser de 2 a 3 años.

1.2.6. Requerimiento edafoclimático

a) Suelo

Requiere suelos con pH de 5.5 a 6.8, buen contenido de materia orgánica, estructura granular y una textura franco arenosa a franco arcillosa. Estos suelos aseguran una buena aireación y drenaje para que las raíces puedan penetren con facilidad y disponer de buena cantidad de agua y nutrientes (Fischer, 2000).

b) Clima

El aguaymanto se cultiva en la zona agroecológica quechua de clima templado a templado frio, en localidades de la sierra. Pero también, en la actualidad se ha ido extendiendo a casi todas las tierras altas del trópico y varias partes del subtropical (Tapia et al., 2007).

De acuerdo con Fischer (2000), el aguaymanto prospera entre los 1500 a 3000 m s. n. m., pero presentan mejor desarrollo entre los 1800 a 2800 m s. n. m., con una temperatura promedio que oscila los 13 °C y 18 °C y una precipitación de 1000 y 2000 mm/año, bien distribuidos a lo largo del año ya que la fase vegetativa y reproductiva se desarrollan de manera simultánea, exigiendo un suministro constante de agua durante todo el ciclo; además, requiere una humedad relativa promedio de 70 % a 80 %.

Mora et al. (2006) menciona que el cultivo de aguaymanto necesita gran luminosidad, siendo entre 1500 a 2000 horas de luz solar directa al año óptimas para lograr el tamaño, calidad y la maduración de frutos. Respecto al viento, Fischer (2000) considera que por la arquitectura de la planta y las estructuras de soporte que se emplean,

no es conveniente exponer a vientos fuertes y frecuentes, ya que estos provocan la caída de flores, frutos y desprendimiento de ramas o la totalidad de plantas.

1.2.7. Manejo agronómico del cultivo

Como señala Tapia et al. (2007), el manejo agronómico inicia con la plantación, cuando los plantines tienen de 20 cm a 25 cm, se trasplanta generalmente en hoyos de 40 cm x 40 cm x 40 cm, adicionándole abonamiento orgánico - mineral de acuerdo al análisis de suelo.

Camasi y Quintas (2016) recomiendan una distancia de 1.5 m entre plantas y 2.5 m entre surcos, debido a que el aguaymanto es una planta de crecimiento exuberante. En tanto, Fischer y Miranda (2021) mencionan que, para tener un mejor manejo de los cultivos, una mejor aireación y fitosanidad se emplea el tutorado, que consiste en darle soporte a las ramas productoras a través de amarre con hilo pabilo sobre dos alambres galvanizados ubicados a una altura de 2 m (distanciados a máx. 1 m). También hay la necesidad de realizar poda. Al respecto, Zapata et al. (2002) considera dos tipos de poda: de formación y de mantenimiento.

La poda de formación, consiste en la eliminación de brotes o chupones que producen en la base del tallo principal con la finalidad de disminuir la humedad relativa dentro del cultivo y la presencia de enfermedades.

La poda de mantenimiento o sanitaria, sumamente importante que implica eliminar ramas secas, viejas y enfermas de la planta para reducir la principal fuente de inóculo de enfermedades.

1.2.8. Principales plagas y enfermedades

El aguaymanto es afectado por una gran variedad de plagas y enfermedades que atacan diversos órganos de la planta durante su ciclo de desarrollo causando pérdidas económicas.

Tamayo (2002) y Zapata et al. (2002) consideran las siguientes plagas y enfermedades:

a) Plagas

- Comedores de tallo (*Heliothis sp*), larva de lepidóptero, el cual provoca marchitez y muerte de los puntos de crecimiento y en ocasiones mina los tallos debilitando la planta y provocando su posterior volcamiento y muerte.
- Gusanos de tierra (*Agrotis ipsilon* y *Spodoptera sp*), comen las raíces y cortan plántulas.
- Comedores de follaje (*Epitrix sp*), ataca al cultivo en el estado de desarrollo vegetativo perforando hojas jóvenes dejándolas con huecos pequeños y circulares.
- Minadores (*Liriomyza sp*), la larva ingresa al mesófilo de las hojas y se alimenta dentro de ella, disminuyendo su capacidad fotosintética.
- Áfidos (*Myzus sp*), se localizan principalmente dentro del cáliz dañando la calidad física del fruto para su comercialización.

b) Enfermedades

- Fusarium (*Fusarium sp.*), enfermedad relevante en el cultivo de aguaymanto que causa marchitez vascular de toda la planta impidiendo el paso del agua y nutrientes ocasionando la muerte de los tejidos afectados.
- Mancha gris (*Cercospora sp*), es un hongo que afecta principalmente cuando hay alta humedad, produce manchas circulares, primero ataca las hojas más viejas y avanza hacia el follaje nuevo provocando infecciones severas y defoliación.
- Añublo o marchitez (*Gloeosporium* y *Phoma*), son hongos que atacan la parte aérea (hojas, brotes y frutos). Avanzan difusamente de la punta hacia la base de las ramas, provocando su muerte.

1.2.9. Composición nutricional del fruto

El aguaymanto posee una excelente fuente de vitamina C, que actúa como antioxidante y otros componentes nutricionales que hacen que esta fruta sea atractiva para su producción y consumo. A continuación, en la tabla 1.2, Obregón et al. (2021) detalla las características fisicoquímicas (p. 20).

Tabla 1.2*Composición nutricional por cada 100 g de fruto de aguaymanto*

Componentes	Contenido
Sólidos totales	21.1 ± 0.78
Agua (%)	78.9 ± 0.78
Proteína total (factor = 6.25)	0.1 ± 0.04
Extracto etéreo	0.2 ± 0.01
Ceniza (g)	1.0 ± 0.18
Fibra cruda (g)	4.9 ± 0.21
Carbohidratos (g)	14.9 ± 0.44
Azúcares reductores (%)	26.85 ± 1.00
Vitamina C (mg %)	43.00 ± 0.153
Acidez total (%)	1.56 ± 0.211
pH	3.95 ± 0.04
Sólidos solubles (°Brix)	13.3 ± 0.225

Fuente: Obregón et al. (2021)

Por su parte, Ramadan (2011) describe que el aguaymanto también posee fósforo (55,3 mg/100 g de muestra), vitaminas del complejo B, flavonoides, polifenoles, carotenoides, ácidos grasos esenciales y fibra, principalmente la pectina.

1.2.10. Usos y propiedades

Los frutos son consumidos frescos, deshidratados o procesados (mermeladas, conservas, jugos, néctar, etc.), tiene propiedades antioxidantes, diurética, antiinflamatoria, cicatrizante, sedativa y antirreumáticas (Sierra y Selva Exportadora, 2020).

1.3. EL HUMATO (extracto líquido del humus de lombriz)

1.3.1. Humus de lombriz (*Eisenia foetida*)

La materia orgánica es componente fundamental del suelo formada por una infinidad de sustancias orgánicas producto de la descomposición de restos vegetales y seres vivos que mueren sobre ella; además, incluye la biomasa microbiana (Brady & Weil, 2008). La descomposición de estos restos da origen a lo que se denomina humus, en el proceso participan distintos grupos de microorganismos, así como la macro fauna edáfica y las lombrices (Chamorro, 2022).

El humus obtenido por acción de una serie de transformaciones bioquímicas y microbiológicas que sufre la materia orgánica al pasar por el sistema digestivo de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) es denominada humus de lombriz (FONCODES, 2014), también llamado vermicompost o estiércol de lombriz (Tineo,

2023). Por tanto, se define como un tipo de abono orgánico de estructura coloidal, color oscuro, consistencia migajosa y textura granulada, desmenuzado, ligero e inodoro; muy rico en nutrientes, enzimas, hormonas y microorganismos no patógenos que son asimilables por las plantas y el suelo (Cooperativa Mixta La Alianza, Asociación Civil de productores de Monte Carmelo y Asociación Civil Agro Servicio Productores de Bojío José Pineau, 2019).

Añanca (2019) en su trabajo de investigación sobre “Producción de humus con *Eisenia foetida* (lombriz roja californiana) a partir del estiércol de cuy y restos vegetales, reportó el análisis químico del humus de lombriz obtenido (tabla 1.3), en el cual se aprecia que el humus es de reacción alcalina con un alto porcentaje de materia orgánica y trazas mineral, el mismo que fue utilizado en el trabajo de investigación.

Tabla 1.3

Análisis químico del humus de lombriz (Eisenia foetida)

Composición	Cantidad
pH	8.92
C.E. dS/m	1.95
MO (%)	20.03
N (%)	1.45
P ₂ O ₅ (%)	6.28
K ₂ O (%)	1.11
CaO (%)	13.16
MgO (%)	1.53
Fe ppm	9710

Fuente: Añanca (2019)

1.3.2. El humato

El humato es el extracto líquido del humus de lombriz, obtenida a través de la hidrólisis con soluciones alcalinas como KOH y valorada principalmente por contener sustancias húmicas (ácidos húmicos y fúlvicos) como la clase de compuesto orgánico más activos del humato. Además, es portador de trazas minerales (Ca, Mg, Na, P₂O₅, K, N), aminoácidos libres, polisacáridos, proteínas, carbohidratos y hormonas vegetales (Reyes et al., 2016). Representa también la mayor reserva de carbono orgánico en la superficie de la tierra (Piccolo, 1996).

El humato es considerado un producto orgánico muy estable química y físicamente, de fácil absorción por las plantas. Al respecto, Lazo et al. (2014) demuestra que puede ser aplicado vía foliar o directamente al suelo sin ninguna dificultad.

a) Sustancias húmicas

Muchas de las características beneficiosas de la materia orgánica del suelo están asociadas a las sustancias húmicas, materiales orgánicos que no tiene una estructura y composición definida, y de hecho se debe a la inherente complejidad y variabilidad de factores que inciden en su formación, tales como: material original, microorganismos del suelo, condiciones ambientales, método de extracción y otros parámetros que complican el estudio de sus estructuras químicas y sus efectos sobre las plantas (Steelink, 1986). Sin embargo, muy a pesar de las complicaciones por descubrir una estructura definida, los efectos positivos que muestran su aplicación hacen que sean considerados químicamente los compuestos más activos en el suelo (koopal et al., 2005) y reconocida por su efecto estimulante (Nardi et al., 2009).

Las sustancias húmicas se subdividen en tres fracciones: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas. Esta subdivisión se basa en la solubilidad de cada fracción en agua a diferentes niveles de pH (Pettit, 2012).

b) Los ácidos húmicos

Son una mezcla de ácidos orgánicos, aproximadamente el 65 % de las moléculas son alifáticas; es decir, están enlazadas por cadenas de carbono débiles y el 35% son moléculas aromáticas enlazadas por anillos de carbono (Pettit, 2012). Estas moléculas no son solubles en solución acida, pero sí en medio alcalino, físicamente son de color café oscuro y posee un aproximado de 50 a 62 % de carbono (Canellas et al., 2002).

Poseen un peso molecular entre 10000 y 100000 aproximadamente, lo que significa que son altamente polimerizados, estos polímeros se unen fácilmente a las arcillas para formar complejos arcillo orgánicos estables, que pueden ser utilizadas por varios organismos vivos. También son capaces de formar fácilmente sales con minerales trazas inorgánicas. En conclusión, los ácidos húmicos funcionan como importantes sistemas de intercambio iónico y de complejación (quelante) de metales (Pettit, 2012).

c) Los ácidos fúlvicos

Fracción de sustancias húmicas compuesta por una mezcla de ácidos orgánicos alifáticos y aromáticos débiles que son solubles en agua en todas las condiciones de pH (ácido, neutro y alcalino), es de color pardo amarillento y posee cerca de 43 a 52 % de carbono. En comparación con los ácidos húmicos, los ácidos fúlvicos son moléculas más pequeñas, con pesos moleculares que oscilan entre 1000 y 10000. Sin embargo, tienen un contenido de oxígeno al doble que los ácidos húmicos y muchos grupos carboxilos (COOH) e hidroxilo (COH), por lo que los ácidos fúlvicos son mucho más reactivos químicamente, presentando una mayor CIC (Pettit, 2012).

Debido a su tamaño molecular relativamente pequeño, los ácidos fúlvicos son capaces de permeabilizar la membrana de raíces, tallos y hojas de las plantas. En consecuencia, una vez aplicados de manera foliar aseguran un transporte más rápido de oligoelementos o trazas minerales a los sitios metabólicos de las células vegetales (Pettit, 2012).

d) Huminas

Las huminas son la parte insoluble de las sustancias húmicas, por lo que no son extraíbles (Canellas et al. 2002). Los complejos de huminas son sustancias orgánicas de gran tamaño con un peso molecular de 100000 a 1 millón. Las huminas en el suelo son las más resistentes a la descomposición. Su función principal es mejorar la capacidad de retención de agua del suelo, mejorar la estructura del suelo, mantener la estabilidad del suelo, actuando como un sistema de intercambio catiónico y mejorar la fertilidad del suelo (Pettit, 2012).

1.3.3. Fuente de sustancia húmicas

Existe un gran número de materiales que pueden ser considerados fuente de ácidos húmicos y fúlvicos (tabla 1.4). Sin duda, la leonardita es la mejor fuente para su obtención (Payeras, 2013). Pero también el humus de lombriz es atractivo por su contenido de ácidos húmicos y fúlvicos.

Tabla 1.4*Fuentes de sustancias húmicas*

Material	% Ácidos húmicos	% Ácidos fúlvicos
Leonardita	40	85
Turba negra	10	20
Estiércol	4	15
Compost	2	5
Humus de lombriz	2.8	1.5
Lodo de depuradora	1	5
Carbón	0	1

Fuente: Payeras, 2013

1.3.4. Efecto de las sustancias húmicas en los cultivos

No hay duda de que la genética es un factor importante en el aumento de la productividad de muchas especies vegetales. Sin embargo, hay otros factores que son responsables del éxito productivo, como la nutrición vegetal. Y es aquí donde las sustancias húmicas resaltan por su efecto bioestimulante. Según Du Jardín (2015), un bioestimulante es cualquier sustancia o microorganismo que aplicado a las plantas incrementan la absorción y asimilación de nutrientes, la tolerancia al estrés y mejora las características agronómicas, independientemente del contenido de nutrientes.

Las sustancias húmicas tienen efectos directos e indirectos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los efectos directos, promueven cambios en los procesos metabólicos de los cultivos, que finalmente se reflejan en un mayor rendimiento (Canellas et al., 2014). Los efectos indirectos, aquellos que actúan sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas que determinan la fertilidad del suelo. Además, cabe mencionar que el efecto es variable dependiendo de la fuente, contenido de grupos funcionales y concentración de sustancias húmicas, así como de la especie vegetal, edad y valor nutricional del cultivo (Pettit, 2002).

a) Efectos en el suelo

Las sustancias húmicas facilitan la formación de agregados estables y de alta porosidad, aumentando la capacidad de retención de agua y aireación. Al mismo tiempo, aumentan la capacidad tampón o buffer que evita los cambios bruscos de pH, debido a que poseen gran cantidad de grupos carboxilos e hidroxilos que aseguran los procesos de disociación y asociación. También mejora la fertilidad del suelo al promover la CIC, ya

que retiene nutrientes en formas fácilmente disponibles evitando pérdidas por lixiviación (Stevenson, 1994) y son de gran importancia en los suelos contaminados por metales pesados al formar complejos y quelar los metales retenidos sobre la superficie orgánica del suelo, limitando su movilidad (Wang & Galleta, 1998).

En el suelo, las sustancias húmicas son fuente de energía para los organismos benéficos y aportan carbono que puede incrementar la población microbiana y su actividad enzimática (Lizarazo, 2001), mismos que favorecen los procesos de mineralización y humificación de la materia orgánica, fijación biológica del nitrógeno y reducción del hierro (Lovley et al., 1998).

b) Efectos sobre la planta

David et al. (1994) menciona que la aplicación de sustancias húmicas interactúa con las estructuras fosfolipídicas de las membranas celulares de la rizósfera, promoviendo la permeabilidad y transportes de nutrientes al medio celular, evidenciando su propiedad surfactante.

Otro, es su efecto hormonal, similar a la que producen las auxinas y giberelinas que estimulan el crecimiento. También se dice que estimulan la producción de auxinas al inhibir la actividad de la enzima AIA oxidasa (ácido 3-indol-acético), que es responsable de la degradación de las auxinas (Mato et al., 1972).

Las sustancias húmicas estimulan la producción de adenofin trifosfato (ATP), que proporciona la energía necesaria para los procesos metabólicos, como la fotosíntesis, respiración, transporte de solutos, translocación, síntesis de proteínas, asimilación de nutrientes, diferenciación de tejidos y la formación de carbohidratos, lípidos y proteínas que participan en los procesos metabólicos o son componentes estructurales de las plantas (Casa, 2010).

En relación a la fotosíntesis, Muscolo et al. (2009) y Canellas et al. (2013) dan a conocer que las sustancias húmicas estimulan la producción de nitrato reductasa (NR), glutamato deshidrogenasa (GDH) y la glutamina sintetasa (GS) que son enzimas vinculadas a las vías de asimilación de nitrógeno. El nitrógeno, un elemento estructural necesario para la biosíntesis de la clorofila (Sánchez et al., 2018).

En los últimos años, el efecto de las sustancias húmicas sobre la fotosíntesis está siendo cuestionado por un nuevo enfoque, el molecular. En ese contexto, Trevisan et al. (2011) concluyen que una gran cantidad de genes implicados en procesos metabólicos y de desarrollo, así como en la regulación de transcripción o metabolismo de ARN, son regulados por las sustancias húmicas. Por su parte, Jannin et al. (2012) indican que alrededor del 50 % de los genes implicados en las vías fotosintéticas y del nitrógeno en los brotes son regulados positivamente por las sustancias húmicas, entre los genes relacionados con el metabolismo del nitrógeno encontraron al nitrato reductasa, nitrito reductasa y genes implicados en el metabolismo de aminoácidos. Estas modificaciones fueron confirmadas por técnicas de biología molecular.

Las sustancias húmicas también inducen a la defensa enzimática, aumentando la actividad de peroxidasas, enzima implicada en la regulación del estrés oxidativo (Pizzeghello et al., 2001) y defensa no enzimático que comprende los fenoles y metabolitos secundarios que actúan como agentes protectores frente a patógenos (Schiavon et al., 2010).

1.4. EL BIOSÍLICE

De acuerdo con Cerda (2021), el biosílice es el silicio de la diatomita. La diatomita es una roca sedimentaria silícea de origen biogénico orgánico formado por la acumulación de restos fósiles de algas unicelulares, poseen bajo peso específico, alta porosidad y por lo general son de color blanco (Ramírez, 2012).

Valdiviezo et al. (2017) identifica 7 yacimientos de diatomita en Ayacucho; Moya, Tambillo, Condoray, San Pedro de Quicato, Trancahuayco, Pampa Titanca y Quicapata, este último es la fuente de biosílice utilizado en el trabajo de investigación, con un contenido de SiO₂ mayor al 89 %, mientras que el 11 % restante la conforman las impurezas representadas por óxidos (Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, K₂O y Na₂O) (tabla 1.5).

Tabla 1.5*Composición química de la diatomita del yacimiento de Quicapata - Ayacucho*

Elemento	Concentración (%)
Al ₂ O ₃	2.16
CaO	1.17
Fe ₂ O ₃	0.97
K ₂ O	0.48
MgO	0.53
Na ₂ O	0.25
SiO ₂	89.84
LOI*	4.14

Fuente: Bustamante (1998, citado por Ramírez, 2012)

La diatomita se emplea en su totalidad principalmente para uso industrial como, material filtrante en la industria de las bebidas, como aditivo en la elaboración de cemento, como adsorbente y purificador en la industria química, como material de relleno en la industria de pinturas, material aislante térmica y de sonido y otras aplicaciones (Ramírez, 2012). Sin embargo, en los últimos años el uso de la diatomita se viene explorando en la actividad agrícola con resultados positivos.

1.4.1. Uso del biosílice (diatomita) en la agricultura

García (1998) considera la tierra de diatomeas (diatomita) como uno de los bioinsumos permitidos para el control de plagas y enfermedades en la agricultura orgánica; así mismo, Martínez (2013) menciona que su uso como fuente de silicio orgánico en el suelo, provoca cambios en las características químicas, entre ellas la de intercambiar cationes, aumentar el nivel de pH; además, considera que la diatomita es una alternativa para disminuir el uso de fertilizantes químicos y a su vez bajar la degradación química del suelo.

De acuerdo con Font y Madeo (2022), el biosílice puede ser aplicado de manera foliar (hojas) o edáfica (suelo), tiene baja toxicidad y no posee efectos adversos en animales y personas, no presenta riesgos de contaminación en alimentos y es respetuoso con los controladores biológicos.

Otra evidencia de que el silicio orgánico está tomando mayor importancia en la agricultura es el lanzamiento de productos comerciales de hasta un 92% de riqueza,

extraídas de yacimientos naturales, luego pulverizada, secada y empacada sin ningún tipo de formulación, un producto 100% natural y que lo atribuyen como función principal de ser un excelente mejorador de suelos y recomiendan la aplicación vía foliar con fines de fitosanidad (Silos, 2020).

1.4.2. Silicio

El silicio, segundo elemento más abundante en la corteza terrestre después del oxígeno con aproximadamente 28 % y se encuentra generalmente en forma de óxido o silicatos insolubles en diferentes minerales como cuarzo, granito, feldespato, etc. (Font y Madeo, 2022, p. 241). El silicio puede ser absorbido por las raíces únicamente en forma de ácido silícico (H_4SiO_4) o ácido monosilícico ($Si(OH)_4$), forma activa del silicio tanto en la solución del suelo como en la planta (Henriet et al., 2006).

El silicio es transportado mediante el xilema por difusión pasiva a través de la corriente de transpiración y depositado entre la cutícula y las células epidérmicas de hojas y tallos como sílice amorfo hidratado ($Si_2 \cdot nH_2O$), estos depósitos de silicio son precipitados en la células vegetales y se le conoce como fitolitos (Haynes, 2014). Finalmente, el silicio queda inmóvil y su distribución hacia otros órganos es casi nula (Sartori, 2016); por lo tanto, el silicio se acumula más en hojas viejas que en jóvenes (Ma & Yamaji, 2006). La descomposición de las plantas regresa a los fitolitos al suelo, quedando estos como reserva para ser absorbido por los siguientes cultivos (Sahebi et al., 2015)

Furcal (2012) menciona que el silicio está presente en la mayoría de las plantas; en algunas, en cantidades similares a los niveles de calcio, magnesio y fósforo. A pesar de ello, es considerado un elemento “no esencial”, debido a que no cumple los criterios de esencialidad establecidos por Arnon y Stout (1939, citado por Malavolta, 2006), esos criterios establecen que un elemento es esencial siempre en cuando cumpla con los siguientes: el primero *“la planta no puede completar su ciclo de vida en ausencia o deficiencia del elemento mineral, quiere decir, que el elemento debe estar implicado directamente en la nutrición inorgánica de la planta”*, segundo *“El elemento debe estar involucrado directamente en el metabolismo de la planta, siendo parte de una molécula o enzima”*, tercero *“la función del elemento mineral en la fisiología de la planta, no puede ser reemplazado por otro elemento”*. Sin embargo, muy a pesar de no cumplir los

criterios el silicio es apreciado por sus efectos benéficos en una amplia variedad de cultivos que al ser aplicado aumentan la productividad y contribuye a la agricultura sustentable al minimizar el uso de pesticidas y reducir la contaminación ambiental (Agromil, 2013).

1.4.3. Efecto del silicio sobre el estrés biótico

El estrés biótico es causado por patógenos e insectos. Ante ello, la aplicación foliar de silicio altera morfológicamente la pared celular proporcionando resistencia mecánica y rigidez, dificultando el desarrollo de hongos y siendo menos deseables para los insectos (Silos, 2020). De manera que también puede considerarse como repelente de plagas.

Otro mecanismo de defensa que provoca el silicio presente en el interior de la planta es a nivel bioquímico, activando el sistema de defensa natural en respuesta a la infección de algún patógeno o factores ambientales adversos, potenciando la actividad de enzimas como: quitinasas, peroxidasas, polifenoloxidasas (Fauteux et al., 2005) y estimulando la producción de compuestos defensivos como los fenólicos, fitoalexinas y activando genes relacionados con la patogénesis (Rodríguez et al., 2005).

1.4.4. Efecto del silicio sobre el estrés abiótico

La aplicación de silicio a plantas alivia el estrés abiótico causado por la sequía, las variaciones extremas de temperatura, los rayos UV y el estrés químico del suelo, incluida la salinidad en zonas áridas y semiáridas, desequilibrio de nutrientes y toxicidad de los metales pesados (Epstein, 1994).

La acumulación de silicio en las hojas forma una gruesa capa, reduciendo el diámetro de los poros de estomas que evitan la pérdida excesiva de agua por transpiración y además genera rigidez a las hojas manteniéndolos erguidos y erectos exponiendo favorablemente las hojas para una mejor intercepción de la luz; por lo tanto, mejoran la fotosíntesis (Epstein, 1999).

El silicio potencia la disponibilidad de nutrientes almacenados en el suelo, favorece la capacidad de intercambio y al tener una gran superficie puede adsorber agua, fosfatos (P), potasio (K), nitrógeno (N) y metales pesados como el hierro, aluminio, cadmio y demás. La adsorción puede ocurrir como química o física; por ejemplo, el Al^{+3}

generalmente se quimio absorben en superficies ricas en Si y pierden su movilidad, el cual reduce la disponibilidad de elementos pesados, mientras que los fosfatos y el nitrógeno se adsorben débilmente y permanecen en forma disponible para las plantas disminuyendo la lixiviación. En conclusión, el ácido monosilícico desintoxican y regulan las propiedades químicas de la solución del suelo (Matichenkov & Bocharnikova, 2001).

Fisiológicamente, Lee et al. (2010) informa que el silicio estimula y regula la producción de algunas fitohormonas como las gibelinas que incrementan su producción en condiciones de estrés.

Finalmente, tanto el estrés biótico y abiótico generan la sobreproducción de especies reactivas de oxígeno, que alteran varios procesos metabólicos y causan daño a las proteínas, lípidos, carbohidratos y ADN, generando el denominado “daño oxidativo” (Gill & Tuteja, 2010). Ante ello, Saqib et al. (2008) y Pei et al. (2010) mencionan que la aplicación de silicio mejora la actividad de las enzimas antioxidantes, tales como el superóxido, dismutasa, catalasa, glutatión reductasa entre otros, además mejora la concentración de algunos metabolitos no enzimáticos como el grupo de fenólicos que contribuyen a la defensa de antioxidantes en las plantas.

1.4.5. Deficiencia de silicio

Todas las plantas son capaces de absorber silicio, Guntzer et al. (2012) informa que la clase de monocotiledóneas, especialmente de la familia de poaceas y ciperáceas acumulan concentraciones más altas de silicio que las dicotiledóneas. Sin embargo, no se conocen síntomas de deficiencia (Epstein, 2009), dado que el silicio no se considera un elemento esencial (Guntzer et al., 2012). Pero al igual que Promix (2022) y demás investigadores consideran que hay plantas acumuladoras, acumuladoras intermedias y no acumuladoras (tabla 1.6).

En ese sentido, la falta de fertilización con silicio en plantas acumuladoras podría conducir a bajos rendimientos, incluso en condiciones óptimas, mientras que en plantas no acumuladoras el efecto positivo se evidencia siempre en cuando estén sometidas a cierto tipo de estrés biótico o abiótico (Ma et al., 2001).

Tabla 1.6*Clasificación de plantas según la tendencia de acumular silicio*

Acumuladoras de Si (>1.5% de Si)	Acumuladoras de Si moderados (1.5 – 0.5% Si)	No acumuladoras de Si (<0.5% de Si)
Coníferas	Crisantemos	Begonias
Helechos	Pepinos	Geranios
Cola de caballo	Caléndulas	Pensamientos
Musgos	Calabazas	Petunias
Arroz	Rosas	Girasoles
Caña de azúcar	Trigo	Tomates

Fuente: (Promix, 2022).

1.4.6. Toxicidad del silicio

Los niveles de silicio en exceso pueden competir con la adsorción de otros nutrientes; además, las plantas consideradas como no acumuladoras de silicio son más sensibles al exceso, provocando deformaciones y quemaduras en comparación a las que son acumuladoras (Promix, 2022).

1.5. ANÁLISIS ECONÓMICO

1.5.1. Costos de producción

Condeña (2020) define el costo de producción como los gastos necesarios para obtener bienes o servicios durante una actividad económica, ya sea agrícola, ganadera, forestal o agroindustrial. Asimismo, clasifica los costos de producción en directos e indirectos.

a) Costos directos

Son aquellos costos que intervienen directamente en el proceso productivo y forma parte del producto final, ejemplo: materias primas e insumos, mano de obra (sueldos y salarios) y otros.

b) Costos indirectos

Son aquellos costos que intervienen indirectamente en el proceso productivo y no forma parte del producto final, ejemplo: materiales y equipo, servicios, gastos administrativos, imprevistos y otros.

1.5.2. Ingreso bruto de producción

Condeña (2020) refiere que el ingreso bruto es la cantidad de dinero que se puede percibir por la producción de una hectárea de cultivos, sin considerar los costos de producción.

1.5.3. Ingreso neto de producción

Condeña (2020) refiere que el ingreso bruto se refiere a la cantidad de dinero que se puede percibir por la producción de una hectárea de cultivos, considerando los costos de producción.

1.5.4. Rentabilidad económica

Nalvarte (2016) define la rentabilidad como el indicador financiero más importante que mide la eficiencia de una actividad económica comparando ingresos y gastos durante un periodo de tiempo determinado.

La rentabilidad se puede conocer a través del cálculo de índice de rentabilidad o también llamado relación beneficio/costo (B/C) que determina el excedente generado por cada unidad de inversión realizada después de haber cubierto los costos de producción, su determinación es un indicador indispensable para la toma de decisiones sobre la actividad económica (Condeña, 2020).

El análisis de rentabilidad de la relación beneficio/costo de una actividad económica se termina por la siguiente regla de decisiones (tabla 2.3).

Tabla 1.7

Interpretación de la relación beneficio/costo

Resultados	Condición	Decisión
Si: $B/C > 1$	Positivo	Rentable, se acepta
Si: $B/C = 1$	Nulo	Indiferente, se posterga
Si: $B/C < 1$	Negativo	No rentable. Se rechaza

Fuente: Condeña (2020)

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL

La investigación se realizó en la Estación Experimental Agraria Canaán del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), ubicada en el departamento de Ayacucho, provincia de Huamanga, distrito de Andrés Avelino Cáceres, posee las siguientes coordenadas geográficas:

Latitud sur	: 13°10'09"
Latitud oeste	: 74°12'82"
Altitud	: 2735 m s. n. m.

Figura 2.1

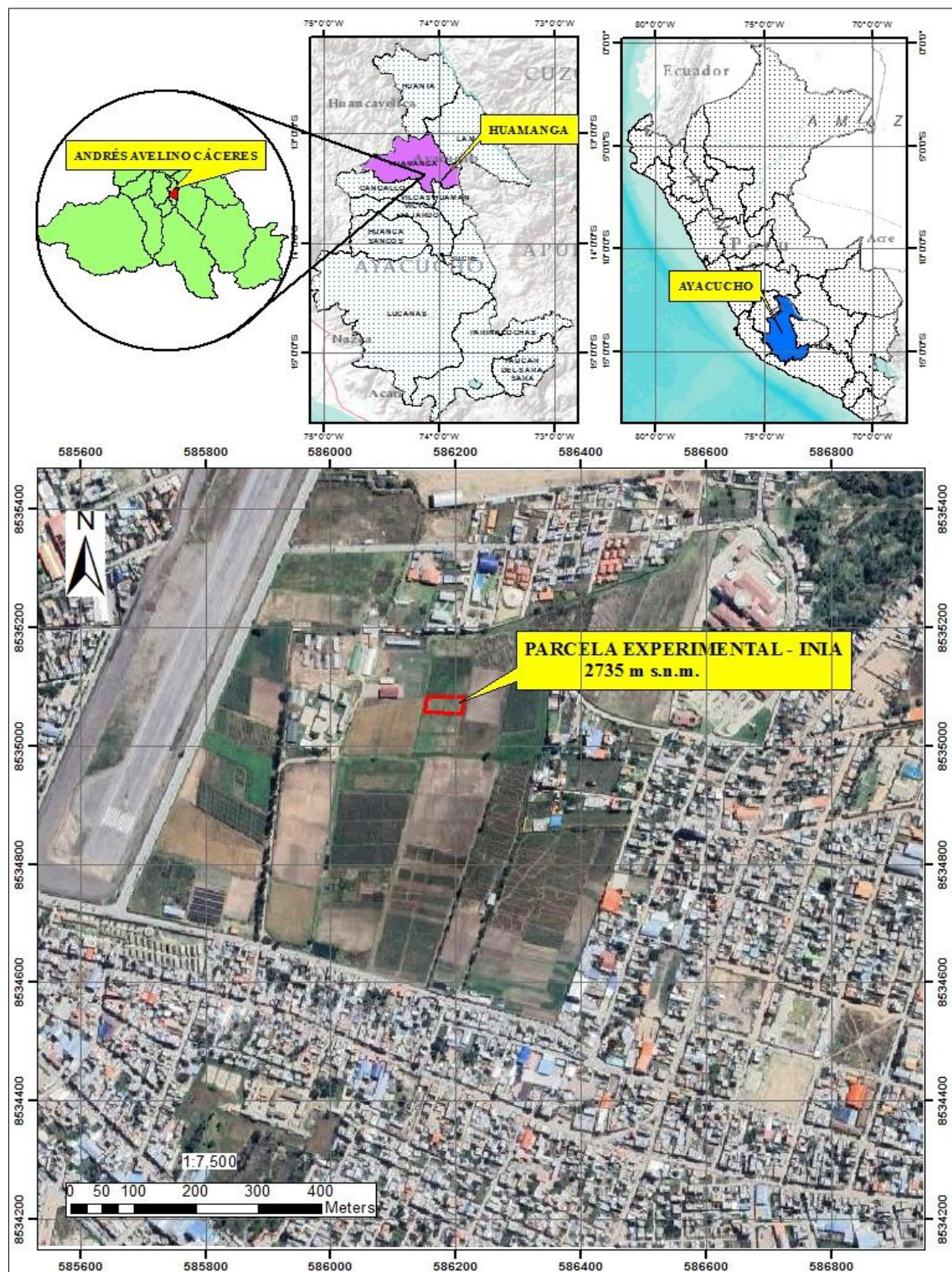
Parcela experimental en la EEA Canaán del INIA



Nota: EEA = Estación Experimental Agraria

Figura 2.2

Mapa de ubicación de la parcela experimental en la EEA Canaán del INIA



2.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Los datos climatológicos corresponden al periodo de crecimiento y desarrollo del cultivo de aguaymanto (agosto 2019 - mayo 2020) que fueron tomados a partir de los

registros de la Estación Meteorológica Canaán del INIA. Durante el periodo, la precipitación total alcanzó los 434.4 mm, siendo diciembre 2019 a marzo 2020 los meses más lluviosos que no se necesitó de riego. El tiempo fue caluroso templado con temperatura media promedio de 17.57 °C, lo que favorece un crecimiento acelerado acortando el periodo vegetativo.

La humedad relativa alcanzó en promedio 72.86 % y velocidad de viento de 2.25 ms⁻¹, calificada como moderada, características que se pueden observar en la tabla 2.1 y figura 2.3.

Tabla 2.1

Información climatológica correspondiente al periodo agosto 2019 - mayo 2020 de la Estación Meteorológica Canaán del INIA a 2735 msnm

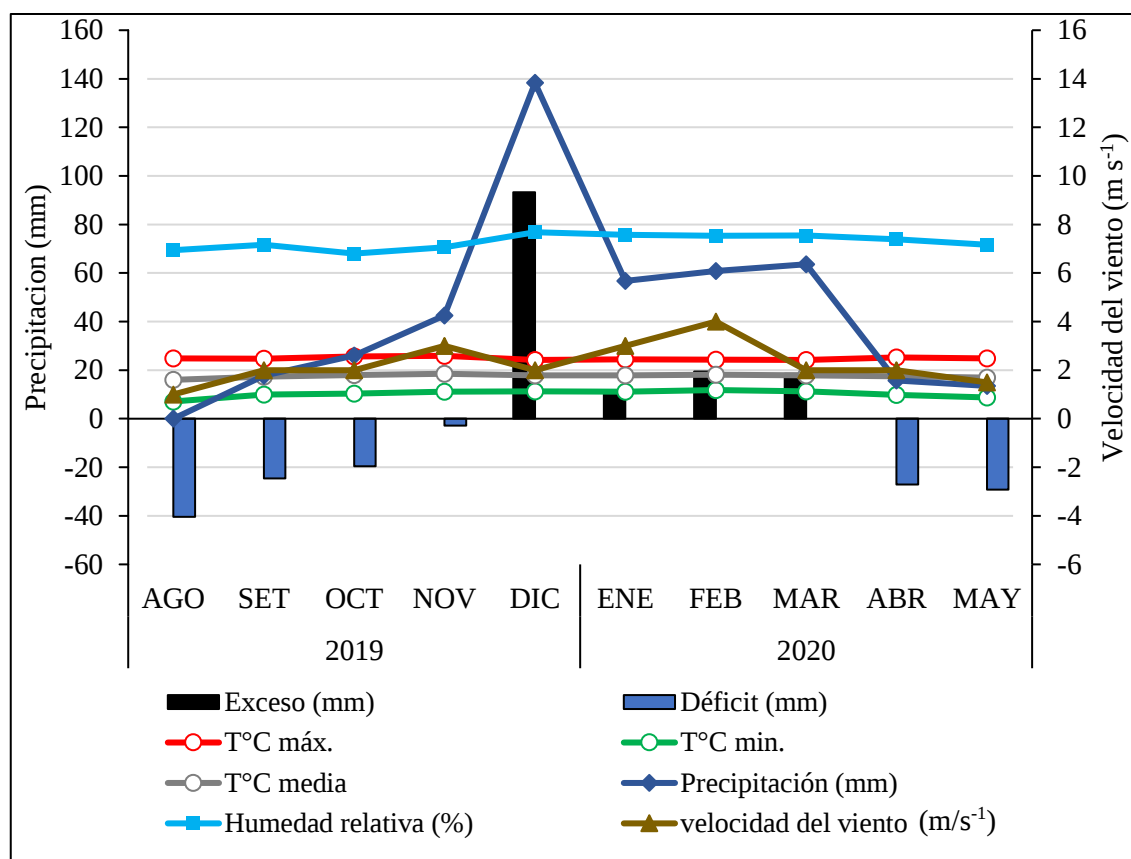
Año	2019					2020					Total
Mes	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	
T°C máx.	24.9	24.7	25.6	25.9	24.2	24.4	24.3	24.2	25.2	24.9	
T°C mín.	7.1	9.9	10.4	11.1	11.3	11.1	11.8	11.3	9.8	8.8	
T°C media	16.0	17.3	18.0	18.5	17.8	17.8	18.1	17.8	17.5	16.9	
Precipitación (mm)	0	17.7	26	42.5	138.3	56.7	60.8	63.6	15.7	13.5	434.8
Humedad relativa (%)	69.4	71.6	68	70.6	76.8	75.8	75.3	75.5	73.9	71.7	
Velocidad del viento (m s ⁻¹)	1	2	2	3	2	3	4	2	2	1.5	
Factor de multiplicación	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96	4.48	4.96	4.80	4.96	
ETP (mm)	79.36	83.04	89.28	88.8	88.28	88.28	81.08	88.28	84	83.82	854.22
ETP ajustado (mm)	40.47	42.35	45.53	45.28	45.02	45.02	41.35	45.02	42.84	42.74	
Exceso (mm)					93.28	11.68	19.45	18.58			
Déficit (mm)	40.47	24.65	19.53	2.78					27.14	29.24	

Fuente: Estación Meteorológica Canaán del INIA

Nota: Factor de corrección = 0.51

Figura 2.3

Climatograma correspondiente al periodo agosto 2019 - mayo 2020 de la Estación Meteorológica Canaán del INIA a 2735 msnm



2.3. ANÁLISIS DEL SUELO

Se tomaron sub muestras en diferentes puntos del campo experimental considerando el protocolo de muestreo, las muestras fueron homogenizadas y separadas en cuartos para obtener una muestra representativa de 1 kilogramo de suelo que fue remitida al laboratorio especializado de la ciudad para su respectivo análisis, cuyos resultados e interpretación del mismo se muestra en la tabla 2.2.

Tabla 2.2*Resultados del análisis de caracterización físico - químico del suelo*

Propiedades	Componentes	Valores	Método	Interpretación
Físicas	Arena (%)	55	Hidrómetro de Bouyoucus	
	Limo (%)	17	Hidrómetro de Bouyoucus	
	Arcilla (%)	28	Hidrómetro de Bouyoucus	
	Clase textural	Franco arcillo arenoso		
Orgánicas	Materia orgánica (%)	3.42	Walkley Black	Alto
Químicas	pH (1:1)	6.92	Potenciométrico	Neutro
	C.E. (dS m ⁻¹)	0.38	Conductímetro	No salino
	CaCO ₃ ⁼ (%)	0.00		Muy bajo
	N - total (%)	0.17	Kjeldahl	Medio
	P (ppm)	34.58	Olsen modificado	Muy alto
	K (ppm)	198	Morgan Peech (Acetato de Na)	Muy alto
	C.I.C. (Cmol kg ⁻¹)	21.25	Acetato de amonio NH ₄	AA* Medio Alto Alto Bajo
	Ca ⁺⁺ (Cmol kg ⁻¹)	15.18	Acetato de amonio NH ₄	
	Mg ⁺⁺ (Cmol kg ⁻¹)	4.34	Acetato de amonio NH ₄	
	K ⁺ (Cmol kg ⁻¹)	1.31	Acetato de amonio NH ₄	
	Na ⁺ (Cmol kg ⁻¹)	0.43	Acetato de amonio NH ₄	
	Al ⁺³ +H ⁺ (Cmol kg ⁻¹)	0.00		Muy bajo
	% Sat. Bases	100		Alto
	Relaciones catiónicas			
	Ca ⁺⁺ / Mg ⁺⁺ (5 - 8)	3.50		Desequilibrio
	Ca ⁺⁺ / K ⁺ (14 - 16)	11.61		Desequilibrio
	Mg ⁺⁺ / K ⁺ (1.8 - 2.5)	3.32		Desequilibrio

Fuente: Laboratorio de análisis de suelo, plantas y fertilizantes "AGROLAB"**Nota:** AA* = Absorción atómica

2.3.1. Interpretación del análisis de caracterización

De acuerdo con la tabla 2.2, los resultados del análisis indican que el suelo es de textura franco arcillo arenoso con 55 % de arena, 17 % de limo y 28 % arcilla, considerado por Fischer y Miranda (2012) un suelo con buena fertilidad física para el cultivo de aguaymanto.

El aguaymanto se desarrolla mejor en suelos con pH que oscilan entre 5.5 a 6.8 ((Fischer, 2000).); esta afirmación coincide con el resultado del análisis, donde el pH es de reacción "neutra", con un valor de 6.92 muy cercana al rango óptimo, en términos generales no mostraría efectos adversos; excepto, en la disponibilidad de fósforo y algunos micronutrientes.

El contenido de materia orgánica es 3.42 %, interpretada como “concentración alta”, considerándose un suelo saludable.

La capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) de 21.25 Cmol kg⁻¹ corresponde a un valor medio, lo que indica que el suelo tiene gran capacidad para retener e intercambiar nutrientes.

La conductividad eléctrica (C.E.) es de 0.38 dS m⁻¹ indicando que el suelo es “no salino”; por lo tanto, no representa problemas de salinidad para el cultivo.

El contenido de nitrógeno (0.17 %) corresponde a un nivel medio. El fósforo (34.58 ppm) y potasio (198 ppm) indican niveles altos en el suelo.

Las relaciones catiónicas Ca⁺⁺/Mg⁺⁺ y Ca⁺⁺/K⁺ muestran valores de 3.50 y 11.61, respectivamente; ambas relaciones presentan valores inferiores a los niveles óptimos, indicando un desequilibrio en desmedro del calcio. Por otro lado, la relación Mg⁺⁺/ K⁺ (3.31) está por encima del valor óptimo (1.8 a 2.5), por lo que habría que considerar incorporar alguna fuente de potasio, con la idea de provocar un balance adecuado.

2.4. MATERIAL BIOLÓGICO

Las semillas de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), ecotipo Ayacuchano, fueron proporcionadas por el Área de Recursos Genéticos del Instituto Nacional de Innovación Agraria - EEA Canaán, Ayacucho (figura 2.4).

Figura 2.4

Semilla de aguaymanto del ecotipo Ayacuchano

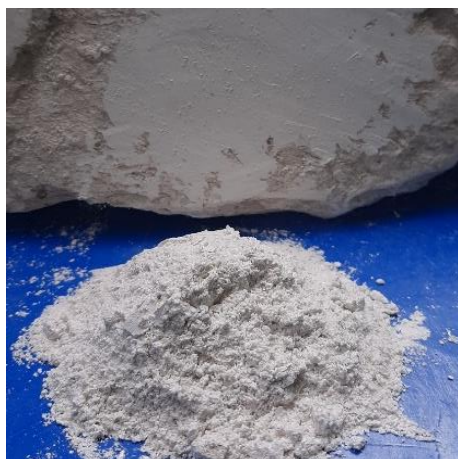


2.5. OBTENCIÓN DE BIOSÍLICE

El biosílice se obtuvo a partir de la diatomita, roca extraída del yacimiento de Quicapata, ubicada en el centro poblado del mismo nombre, distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho. La roca fue sometida a molienda en un batán de piedra con el objetivo de reducir las partículas y pulverizar, para luego tamizar con una malla de 60 mesh (figura 2.5)

Figura 2.5

Piedra de diatomita “biosílice” tamizado a 60 mesh



2.6. EXTRACCIÓN DEL HUMATO

El humus de lombriz fue sometida a extracción con solución básica de KOH al 0.0357 M, en una proporción de 1:5 (m:v); la mezcla se agitó durante 5 minutos hasta disolver el humus, luego se dejó reposar por una hora y se volvió agitar por otros 5 minutos, esta acción se repitió 5 veces. Una vez decantada, se separó el sobrenadante (sustancias húmicas extraída del humus de lombriz) de la parte inferior que son los residuos sólidos (huminas).

De acuerdo con Stevenson (1994) con esta técnica se pueden extraer las dos terceras partes de materia orgánica (figura 2.6).

Para la aplicación foliar fue necesario filtrar las sustancias húmicas extraídas, utilizando papel filtro para retirar los restos sólidos del humus, el extracto resultante se dejó reposar por 12 horas, bien tapado en un ambiente fresco libre de sol y lluvia. Finalmente, queda listo para ser usado y/o ser conservada en envases oscuros un máximo de 7 días.

En la tabla 2.3 se muestra las características químicas del “humato”, se puede observar que los valores nutricionales son bajos en comparación con los fertilizantes foliares comerciales; razón por la cual es considerada un bioestimulante, cuya composición orgánica es de extrema importancia.

Figura 2.6

Extracto de humus liquido “humato”



Tabla 2.3

Características químicas del humato

Componentes	Valores
pH	8.30
Materia orgánica (%)	0.05
C.E. (dS.m ⁻¹)	9.17
N - total (ppm)	98
P ₂ O ₅ (ppm)	0.0
K ₂ O (ppm)	1.8
SO ₄ (ppm)	159
CaO (ppm)	1.40
MgO (ppm)	0.0
Na (ppm)	3.0
Fe (ppm)	17.5
Cu (ppm)	0.0
Zn (ppm)	1.0
Mn (ppm)	2.0

Fuente: Laboratorio de análisis de suelo, plantas y fertilizantes “AGROLAB”

2.7. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

Fueron distribuidos en 9 tratamientos, correspondiente a 2 factores: humato (A) y biosílice (B); cada uno con tres niveles de dosis (A: 0, 15 y 20 ml l⁻¹) y (B: 0, 1.5 y 2 % p/v) y 3 repeticiones que recibieron abonamiento de fondo orgánico - mineral y adicional a ello un testigo absoluto (T10), haciendo un total de 30 unidades experimentales, la descripción se observa en la tabla 2.4.

Tabla 2.4

Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Abonamiento de fondo	Dosis de humato (A)	Dosis de biosílice (B)	Descripción (A x B)
T1	Orgánico - mineral	0 ml l ⁻¹	0 %	Testigo relativo
T2		0 ml l ⁻¹	1.5 %	0 ml l ⁻¹ de humato con 1.5 % de Si
T3		0 ml l ⁻¹	2 %	0 ml l ⁻¹ de humato con 2 % de Si
T4		15 ml l ⁻¹	0 %	15 ml l ⁻¹ de humato con 0 % de Si
T5		15 ml l ⁻¹	1.5 %	15 ml l ⁻¹ de humato con 1.5 % de Si
T6		15 ml l ⁻¹	2 %	15 ml l ⁻¹ de humato con 2 % de Si
T7		20 ml l ⁻¹	0 %	20 ml l ⁻¹ de humato con 0 % de Si
T8		20 ml l ⁻¹	1.5 %	20 ml l ⁻¹ de humato con 1.5 % de Si
T9		20 ml l ⁻¹	2 %	20 ml l ⁻¹ de humato con 2 % de Si
T10	Ninguno	-	-	Testigo absoluto

En la tabla 2.5 se observa las características químicas (pH y C.E.) de las soluciones de humato y biosílice aplicados. El rango de pH de todas las soluciones es neutra o cercanas a la neutralidad, indicando que tanto el humato y biosílice no tiende a generar cambios en el pH. En cuanto a la C.E., se observa que el humato incrementa el nivel de sales presentes más que el biosílice, de manera que contribuyendo a un ligero incremento de la C.E.

Muñoz (2019) a fin de evaluar incrementos en la disponibilidad de silicio a partir de la diatomita en soluciones de KOH con pH (6.4, 7, 8, 9.5), observó un ligero incremento en medio básico, demostrando que a pH cercanos a la neutralidad o básicos favorecen la disolución del silicio bioactivo.

Tabla 2.5*Características químicas de la solución de cada tratamiento*

Tratamiento	Dosis de humato (A)	pH	C.E ($\mu\text{S cm}^{-1}$)
T1	Testigo relativo	-	-
T2	0 ml l ⁻¹ de humato con 1.5 % de Si	7.07	317
T3	0 ml l ⁻¹ de humato con 2 % de Si	7	339
T4	15 ml l ⁻¹ de humato con 0 % de Si	6.95	737
T5	15 ml l ⁻¹ de humato con 1.5 % de Si	6.95	789
T6	15 ml l ⁻¹ de humato con 2 % de Si	6.87	824
T7	20 ml l ⁻¹ de humato con 0 % de Si	7.11	965
T8	20 ml l ⁻¹ de humato con 1.5 % de Si	7.09	908
T9	20 ml l ⁻¹ de humato con 2 % de Si	6.92	930
T10	Testigo absoluto	-	-

Fuente: Laboratorio de análisis de suelo, plantas y fertilizantes "AGROLAB"

2.8. DISEÑO EXPERIMENTAL

El trabajo de investigación corresponde a un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), cuya distribución espacial se observa en la figura 2.7.

2.9. DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento se desarrolló durante los meses de agosto 2019 a mayo 2020, teniendo una duración de 10 meses desde la obtención de plántulas hasta la cosecha de frutos.

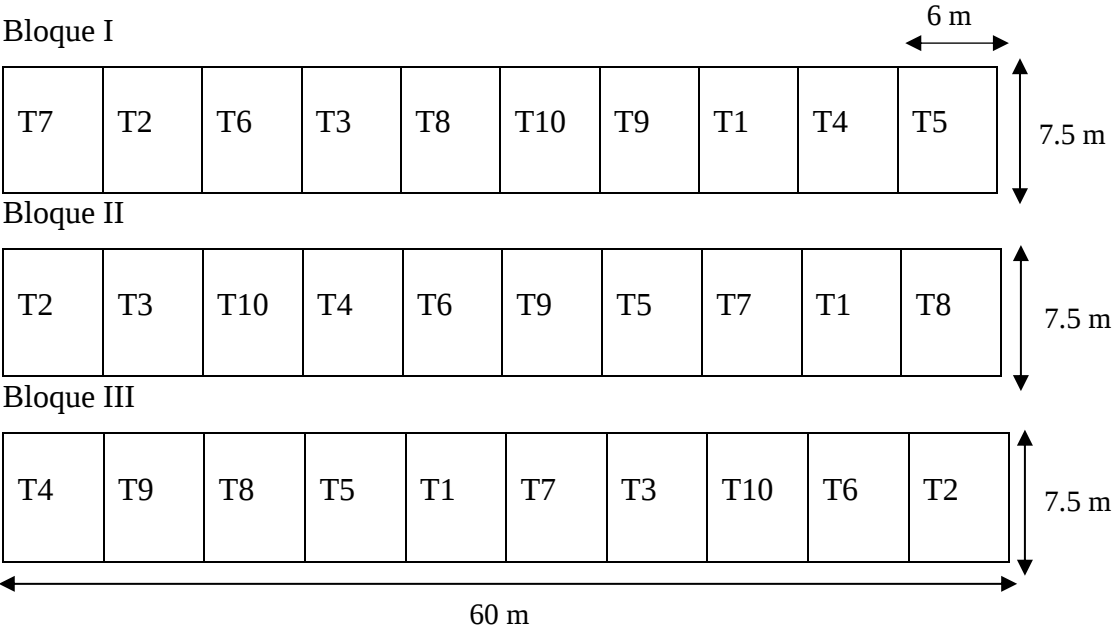
2.10. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

Número de tratamientos con abonamiento (orgánico - mineral)	: 09
Número de tratamientos sin abonamiento	: 01
Número total de tratamientos	: 10
Número de repeticiones/tratamiento	: 03
Distanciamiento entre plantas	: 1.5 m
Distanciamiento entre surcos	: 2 m
Número de unidades experimentales	: 30
Número de plantas por unidad experimental	: 15 plantas
Total de plantas para el experimento	: 450 plantas
Número de bloques	: 03
Área total experimental	: 1350 m ²

2.10.1. Croquis de distribución de los tratamientos en investigación

Los tratamientos se ubicaron en tres bloques, cada tratamiento con tres repeticiones distribuidos al azar (figura 2.7).

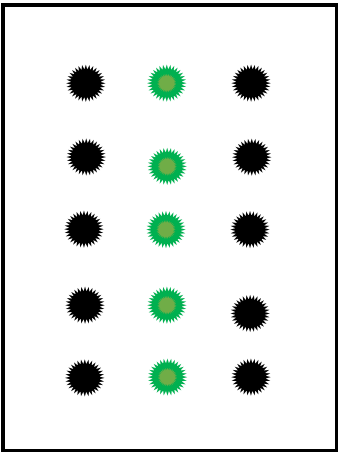
Figura 2.7
Croquis del campo experimental con los tratamientos distribuidos al azar



2.10.2. Descripción de la unidad experimental

La unidad experimental consta de 3 hileras, con 5 plantas cada una, que hacen un total de 15 plantas por unidad experimental (figura 2.8). Para las evaluaciones de variables se seleccionó la columna media y los extremos fueron considerados efecto borde.

Figura 2.8
Distribución y número de plantas en la unidad experimental



2.11. INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

2.11.1. Almacigo

Las semillas se colocaron en una cama de almacigo de 1.5 m x 1 m con sustrato preparado en proporciones 6:3:1 (arena fina: humus de lombriz: tierra negra), las semillas se cubrieron con poco del mismo sustrato y posteriormente se realizó un riego ligero. En promedio, la germinación se produjo en un plazo de 10 a 14 días, en total permanecieron durante 60 días para ser repicadas.

2.11.2. Repique

Esta actividad se llevó a cabo a 60 días después del almacigo cuando las plántulas mostraron 3 a 4 hojas verdaderas y vigor necesario. Se repicaron a bolsas con sustrato preparado (30 % arena fina + 30 % tierra negra + 30 % humus de lombriz).

2.11.3. Preparación de terreno

Se inició con la limpieza general, básicamente eliminando restos vegetales de campañas anteriores y retirando materiales de desecho como piedras, plásticos y otros residuos para asegurar el crecimiento y desarrollo exitoso del cultivo.

La preparación del terreno se realizó con tracción mecánica, empleando el arado de discos y rastra para el mullido y nivelación, finalmente el surcado. Mediante esta labor se buscó mejorar la calidad del suelo creando un medio favorable para el establecimiento del material de propagación (plántulas de aguaymanto) y prendimiento uniforme.

2.11.4. Demarcación del terreno

En el campo experimental, la delimitación se realizó de acuerdo con el croquis establecido utilizando Wincha, estacas, cordel.

2.11.5. Hoyación

Los hoyos fueron dispuestos a 1.5 m entre plantas y 2 m entre surcos, con dimensiones de 0.40 m x 0.40 m x 0.40 m que permite una densidad de 3333 plantas/ha. Al momento de la hoyación, se separó el estrato superior (capa de 25 cm aprox.) de la capa profunda, para que al momento de la plantación se invierta y se devuelva al hoyo la tierra del estrato superior para aprovechar la materia orgánica y finalmente el suelo de la capa profunda.

2.11.6. Manejo agronómico

a) Trasplante

Para el trasplante se seleccionaron plantas sanas que midan entre 15 cm y 20 cm de altura, bien formada, libre de plagas y enfermedades. Luego, fueron colocados en el hoyo junto al primer abonamiento de fondo mezclando e incorporando con la tierra extraída, apisonando para evitar que queden espacios vacíos, al final se realizó un pequeño montículo alrededor de la planta (anillo de riego) con el objetivo de evitar encharcamiento, pudriciones en la base del tallo, además de mejorar su anclaje.

b) Abonamiento

La dosis de fertilización aplicada fue la siguiente: N (100 kg ha^{-1}) – P_2O_5 (70 kg ha^{-1}) – K_2O (100 kg ha^{-1}) más 500 kg ha^{-1} de guano de isla. El abonamiento se realizó en 3 momentos como se muestra en la tabla 2.6. El primero, al momento del trasplante a campo definitivo (150 g de guano de isla más 42 g de fosfato di amónico). El segundo, a inicio de floración, 30 días después del trasplante, la dosis empleada fue de 37 g/planta de nitrato de amonio y 30 g/planta de sulfato de potasio alrededor de la planta (anillo). El tercero, a inicio de cuajado de frutos (90 días después del trasplante), se incorporó nitrato de amonio (32 g/planta) y sulfato de potasio (30 g/planta) alrededor de la planta (anillo).

Tabla 2.6

Fraccionamiento y dosis de abono orgánico - mineral

Momento de aplicación	Guano de isla (g/planta)	Nitrato de amonio (g/planta)	Fosfato di amónico (g/planta)	Sulfato de potasio (g/planta)
Trasplante	150 g		42 g	
Inicio de floración		37 g		30 g
Cuajado de frutos		32 g		30 g

c) Riego

La parcela recibió riego por gravedad de acuerdo a la necesidad hídrica del cultivo, previo monitoreo diario de humedad, especialmente los meses donde es nula o poca la presencia de precipitaciones.

d) Control de malezas

Las malezas son un problema considerable en el cultivo de aguaymanto debido a que causan daños creando competencia por los nutrientes, el agua y la luz, además de

actuar como hospedantes de plagas y enfermedades obstruyen las labores agronómicas como la cosecha. El deshiero se realizó en forma manual utilizando azadones cada vez que fuese necesario.

e) Poda

La poda de formación se realizó en la etapa de desarrollo vegetativo, eliminando los brotes o chupones que aparecían en la base del tallo principal, también se realizó la poda de mantenimiento o sanitaria cuando el follaje era muy denso y había presencia de ramas secas, viejas y enfermas, para mejorar la aireación e iluminación, disminuyendo el desarrollo de enfermedades y ayudando a mejorar la floración y fructificación.

f) Aporque

El objetivo principal del aporque es brindar estabilidad y mejora las condiciones radicales de la planta, puesto que el aguaymanto presenta raíces laterales y fibrosas, adicionalmente liberar las malezas y brindarle aireación. También se aprovechó para administrar la segunda dosis de fertilización. Esta operación se llevó a cabo a 30 días después del trasplante.

g) Tutorado

Se aplicó el sistema de tutorado en “T” doble, que consistió en colocar rollizos de madera de aproximadamente 2 metros de altura en el surco cada 5 plantas, en el extremo superior se colocó un pedazo de madera de 0.8 m en forma vertical y a los extremos se sujetaron los alambres bien tensados de poste a poste. Finalmente se coloca un anillo en la rama con hilo pabilo para guiarlas y realizar el amarre en la línea principal hecha con alambre #16.

La finalidad fue mantener las ramas en forma vertical para su mejor aprovechamiento de espacio y conseguir una mejor iluminación, ventilación y facilitar las labores de poda, aplicaciones fitosanitarias, nutricionales y cosecha.

h) Control fitosanitario

Se desarrolló controles preventivos previa evaluación del campo experimental mediante diferentes métodos de control. Durante el desarrollo del cultivo se aplicó COBOSS (sulfato de cobre pentahidratado) a dosis preventiva de 50 ml por 20 litro de

agua, de igual manera, se aplicó FASTAC (cipermetrina), insecticida de contacto a dosis de 15 ml por 20 litros de agua.

i) Cosecha

La recolección inició cuando los frutos alcanzaron la madurez fisiológica; quiere decir, cuando el capuchón o cáliz empezó a cambiar de color verde a amarillo y el fruto de amarillento a naranja, y sabor agrídulce a dulce. A partir de ese momento, la cosecha fue gradual, inicialmente 1 cosecha por semana y después, 2 cosechas por semana.

2.11.7. Aplicación de tratamientos

a) Preparación y aplicación de la solución de biosílce y humato

Primero, se dispuso de agua, en seguida se agregó un adherente comercial a dosis de 0.5 ml l⁻¹ de agua para asegurar la adherencia en la superficie de las hojas, después se agregó la dosis de humato y biosílce de acuerdo al tratamiento, luego se agito para lograr una mezcla homogénea. Finalmente, se procedió asperjar cada unidad experimental con el respectivo tratamiento.

b) Frecuencia de aplicación

La primera dosis se aplicó a 20 ddt, para luego dosificar cada 30 días. En la tabla 2.7 se especifica el estado fenológico del cultivo al momento de su aplicación.

Tabla 2.7

Momento de aplicación de los tratamientos

Número de aplicaciones	Momento de aplicación	Estado fenológico
1	20 días ddt	Desarrollo vegetativo
2	35 días ddt	Inicio de floración
3	65 días ddt	Inicio de fructificación
4	95 días ddt	Fructificación y maduración

Nota: ddt: días después de trasplante

2.12. PARÁMETROS EVALUADOS

2.12.1. Contenido de clorofila (SPAD)

Se utilizó el dispositivo SPAD MINOLTA 502, que reporta instantáneamente un valor numérico expresado en unidades SPAD (Soil Plant Analysis Development, en

español Análisis del Desarrollo de la Planta en el Suelo), valor que es proporcional a la cantidad relativa de contenido de clorofila presente en las hojas (Rodríguez et al., 1998).

Para la evaluación se tomó la hoja del tercio medio de la planta y la medición se realizó en el limbo de la hoja, tomando datos de 5 plantas por unidad experimental.

La primera evaluación se realizó a 2 semanas después de la plantación en la etapa de desarrollo vegetativo antes de la aplicación del primer tratamiento, y luego cada 5 días antes y después de la aplicación de cada tratamiento en las siguientes etapas fenológicas: inicio de floración, inicio de fructificación, fructificación y maduración que corresponden a un periodo de cada 30 días.

2.12.2. Caracteres productivos

a) Altura de planta (cm)

Se midió desde la base del tallo (nivel del suelo) hasta el ápice de rama de mayor altura, con la ayuda de un flexómetro, un total de 5 plantas por unidad experimental. Las evaluaciones se realizaron a 30 y 120 días después del trasplante.

b) Número de frutos por planta

El número de frutos por planta se contabilizó en cada cosecha, realizada de un total de 5 plantas por unidad experimental.

c) Peso total de frutos por planta (kg)

Se pesó el total de frutos por planta, de un total de 5 plantas por unidad experimental desde la primera cosecha hasta finalizar la primera campaña (4 meses). Para determinar el peso se utilizó una balanza digital, los pesos se expresaron en kilogramos.

d) Diámetro ecuatorial y polar del fruto (mm)

Una vez cosechados, se tomaron 10 frutos al azar de cada unidad experimental, se retiró el cáliz y se procedió a medir el diámetro polar y ecuatorial haciendo uso de un vernier digital que expresa los datos en milímetro (mm).

e) Clasificación de frutos por calibre (%)

Se clasifico de acuerdo al diámetro ecuatorial de cada fruto, según establece las Normas Técnicas Peruanas 203.121:2007 (Revisado 2014), cuyo rango se observa en la tabla 2.8.

Tabla 2.8

Calibres de clasificación del fruto de aguaymanto

Calibre de fruto	Diámetro ecuatorial (mm)
A	≥ 22.1
B	20.1-22.0
C	18.1-20.0
D	15.1 -18.0
E	≤ 15

Fuente: NTP203.121:2007 (Rev. 2014).

f) Rendimiento (kg ha⁻¹)

El rendimiento total por superficie se determinó considerando el peso de fruto obtenido en 5 plantas por unidad experimental durante los primeros 4 meses de producción. El peso promedio de frutos/planta por tratamiento y conociendo el número de plantas por hectárea, se proyectó el rendimiento de fruto para expresar en kg ha⁻¹.

2.13. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos fueron sometidos a la prueba de ANVA en el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial 3A x 3B y los caracteres que resultaron significativos se sometieron a la prueba de Tukey a una probabilidad del 5%. También se realizó el contraste ortogonal de los tratamientos del factorial (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8 y T9) versus el testigo absoluto (T10).

El modelo aditivo lineal (MAL) es:

$$Y_{ijk} = U + V_i + M_j + (VM)_{ij} + B_k + E_{ijk}$$

$i = 1, 2, 3, \dots, v$ (Nº de niveles del factor A)

$j = 1, 2, 3, \dots, m$ (Nº de niveles del factor B)

$k = 1, 2, 3, \dots, b$ (Nº bloques)

Dónde:

Y_{ijk} = Es el efecto obtenido de la aplicación foliar con el i-ésimo dosis de humato, j-ésima dosis de biosílice, k-ésima bloque

U = Es el efecto de la media general

V_i = Efecto del i-ésimo dosis de humato.

M_j = Es el efecto de la j-ésima dosis de biosílice.

VM_{ij} = Es el efecto de la interacción del factor dosis de humato, factor dosis de biosílice

B_k = Efecto aleatorio del k-ésimo bloque

E_{ijk} = Es el efecto del error experimental de la i-ésimo dosis de humato, j-ésima dosis de temperatura, k-ésima bloque

2.14. ANÁLISIS ECONÓMICO

2.14.1. Costos de producción (S/. ha)

Los costos de producción fueron estructurados considerando los costos directos (mano de obra e insumos) y costos indirectos (materiales y equipos, servicios, costos administrativos e imprevistos) en el proceso productivo para cada uno de los tratamientos en estudio.

2.14.2. Precio del producto (S/. kg)

Los precios considerados para cada calibre de fruto, fueron precios de venta cotizados al por mayor en el mercado local mayorista Nery García Zarate de Ayacucho (tabla 2.9). A partir de esto se calculó el precio medio ponderado para cada tratamiento, multiplicando el porcentaje de frutos de cada calibre por el precio correspondiente, para finalmente sumar dichos valores y obtener el precio de venta de cada tratamiento.

Tabla 2.9

Precio del aguaymanto en el mercado mayorista Nery García Zarate de Ayacucho según calibre

Calibre del fruto	Precio por kg
A	S/. 4.5
B	S/. 3.5
C	S/. 2.5
D	-
E	-

2.14.3. Valor bruto de producción (S/. ha)

El ingreso o valor bruto de producción se obtuvo multiplicando el rendimiento de cada tratamiento (kg ha^{-1}) por el precio medio ponderado de venta del fruto (S/. kg).

2.14.4. Valor neto de producción (S/. ha)

El valor neto de producción fue deducido de la diferencia entre el valor bruto (S/. ha) y el costo total de producción (S/. ha) para cada tratamiento.

2.14.5. Rentabilidad (B/C)

La rentabilidad expresada en beneficio/costo ha sido calculado al operar el ingreso neto (S/. ha) entre los costos de producción (S/. ha) para cada tratamiento.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. CONTENIDO DE CLOROFILA

En la tabla 3.1 se observa el análisis de varianza del valor numérico del dispositivo Soil Plant Analysis Development (SPAD), valor que es proporcional a la cantidad de clorofila presente en las hojas al aplicar tres dosis de humato (A) y biosílíce (B) a plantas de aguaymanto. Donde, se observa alta diferencia estadística en la variable dosis de humato (A) y diferencia estadística en dosis de biosílíce (B). Del mismo modo, el contraste de los tratamientos del factorial (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8 y T9) versus al testigo absoluto (T10) muestra alta significación estadística.

El coeficiente de variación (C.V.) es un indicador de aceptación o rechazo de la validez de los trabajos experimentales. Al respecto, investigadores como Martínez (1988) y Patel et al. (2001), indican que, si el valor es superior al 30 % los datos deben ser descartados debido a su baja precisión. En ese sentido, el C.V. para la variable contenido de clorofila (SPAD) es de 2.33 %, indicando que los resultados se encuentran dentro del rango aceptado para este tipo de trabajos experimentales en campo. Esta interpretación aplica para todas las variables en adelante.

Tabla 3.1

Análisis de varianza del contenido de clorofila (SPAD) por efecto de tres dosis de humato y biosílíce foliar en cultivo de aguaymanto

FV	GL	SC	CM	Fc	P-valor	Sig.
Bloque	2	0.521	0.3	0.17	0.8469	ns
Dosis humato (A)	2	22.7	11.3	7.32	0.0055	**
Dosis biosílíce (B)	2	13.0	6.5	4.18	0.0349	*
Inter (A x B)	4	5.0	1.2	0.80	0.5420	ns
Contraste (Trat. fac. vs. T10)	1	51.88	51.88	21.65	0.0002	**
Error	16	24.8	1.5			
Total	26	65.93				
C.V. = 2.33 %		C.V. (contraste) = 2.93 %				

En la figura 3.1 de la prueba de Tukey ($p < 0.05$) para contenido de clorofila (SPAD) por efecto de tres dosis de humato, se observa que aplicar humato (sales de ácidos húmicos y fúlvicos) a dosis de 20 ml l^{-1} y 15 ml l^{-1} permite obtener mayor concentración de clorofila en las hojas de aguaymanto, alcanzando lecturas de hasta 53.98 y 53.95 SPAD respectivamente, sin diferencia estadística entre ambas dosis. Pero, siendo ambos mayores, hasta en 3.77 % y 3.71 % respecto a cuándo no se aplica nada (0 ml l^{-1}) con 52.2 SPAD.

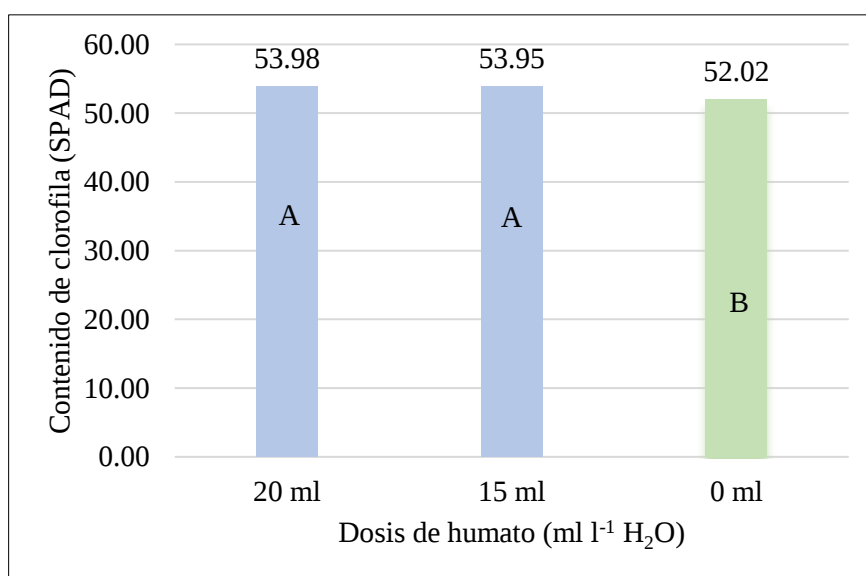
Resultados similares a la investigación también encontró Preciado (2011), quien aplicando soluciones nutritivas orgánicas ricas en ácidos húmicos y fúlvicos al cultivo de tomate en invernadero, logró obtener hasta 54.2 SPAD de contenido de clorofila, valor que ha sido relacionado directamente con el contenido de nitrógeno e incremento en la actividad fotosintética.

La información es escasa en cuanto al efecto específico del humato foliar sobre el incremento del contenido de clorofila; sin embargo, hay investigaciones que pueden acercarnos a una respuesta confiable. Así como Lazo (2014), quien con la aplicación edáfica (7 litros por hectárea) y foliar (1 litro por 200 litros de agua) de enmienda líquida constituida fundamentalmente por ácidos húmicos y fúlvicos logró incrementar el contenido de clorofila en hojas del cultivo de maíz, sugiriendo que la respuesta pudiera deberse a que los compuestos húmicos aumentan la disponibilidad de nutrientes en la solución de suelo y aplicado al follaje provoca mayor absorción de iones por la raíz. Asimismo, Calderin et al. (2009) mencionan que las sustancias húmicas incrementan la permeabilidad de las membranas celulares y la acción de proteínas transportadoras de iones; efecto que podría incrementar la asimilación de trazas minerales, sobre todo del nitrógeno y hierro presentes en el humato. Por su parte, Martínez (2006) considera que las sustancias húmicas participan en la actividad enzimática involucradas en la asimilación de nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+) en las hojas. Al respecto, Novoa y Villagrán (2002) mencionan que el contenido de nitrógeno en las hojas está altamente correlacionado con el contenido de clorofila, dado que el nitrógeno es componente esencial de la estructura molecular de la clorofila (Taiz & Zeiger 2006). Por lo tanto, el dispositivo portátil también ayuda en estimar la concentración de nitrógeno y detectar los niveles críticos a tiempo real.

En relación a lo expuesto, podemos afirmar que el incremento del contenido de clorofila obedece al efecto bioestimulante de las sustancias húmicas, que aplicadas a bajas concentraciones genera cambios positivos como este.

Figura 3.1

Prueba de Tukey (p 0.05) para contenido de clorofila (SPAD) por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato en cultivo de aguaymanto



En la figura 3.2 de la prueba de Tukey (p 0.05) para contenido de clorofila (SPAD) por efecto de tres dosis de biosílice (B), se observa que la aplicación foliar de 2 % de biosílice respecto a cuándo no se aplica nada (0 %), presenta alta diferencia estadística, con medias de 53.89 y 52.34 SPAD respectivamente. Pero, siendo ambos sin diferencia estadística respecto al 1.5 % de biosílice. En consecuencia, se determina que la aplicación foliar de 2 % de biosílice incrementan el contenido de clorofila en 2.96 % respecto a cuándo no se aplica nada (0%). El resultado es coherente con lo hallado por Yilmaz y Karkmaz (2023), quienes encontraron que dosis crecientes de silicio (0, 0.5, 1 y 2 mM) en tomate aumentaron significativamente el contenido de clorofila - a, clorofila - b y clorofila total. Por su parte, Cerda (2021) evidencia que la dosis de aplicación foliar de biosílice al 2 % y 1.5 % en el cultivo de maíz morado favorece a la formación de materia seca de la parte aérea del cultivo; lo que supondría que aplicar biosílice al follaje permite mejorar algunas funciones de la planta, lo cual es observable en algunas variables, tal es el caso de la clorofila.

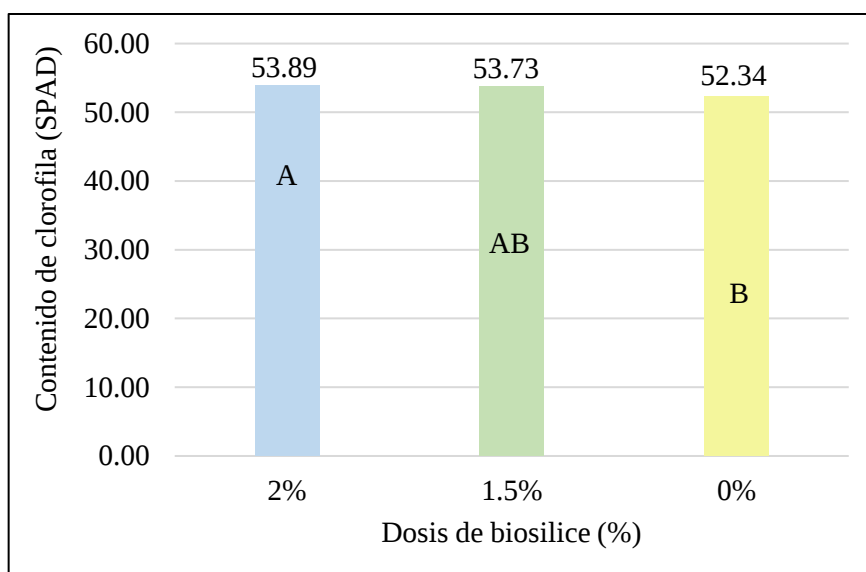
Silos (2020) refiere que el efecto del ácido ortosilícico H_4SiO_4 tras condensar en un gel de sílice ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), conocido como fitolito, contribuye con la formación de tricomas, creando una capa protectora en la epidermis y ejerciendo protección mecánica contra plagas y enfermedades; además, afirma que esta capa cumple la función de filtro solar, dejando pasar solo la radiación fotosintéticamente activa, generando calidad lumínica; de manera que el silicio juega un rol protector también para el cloroplasto, aumentando la concentración de pigmentos relacionado con la absorción de luz (Savvas & Ntatsi, 2015). Por otro lado, Mengel y Kirkby (2011) mencionan que la presencia de silicio en las hojas las mantiene rígidas y erguidas, mejorando la exposición de las hojas a la luz, lo que promueve una mayor tasa fotosintética (Baglione, 2011).

La aplicación de silicio también puede acelerar la asimilación de nitrato en las plantas y aumentar la síntesis de glutamato (Maillard, 2018), el glutamato es el precursor de otros aminoácidos y es el reactivo clave en la síntesis de tetrapirrol necesario para la formación de clorofila (Liao et al., 2022). Mientras que Alamri et al. (2020) explica que el aumento de la clorofila por adición de silicio en plantas con estrés salino es mediante la disminución en las actividades de algunas enzimas que degradan la clorofila, como la foeftinasa, clorofilasa y peroxidasa, y un aumento de los responsables de la síntesis de clorofila, como ácido d-aminolevulínico deshidratasa y porfobilinógeno desaminasa.

En general, Guntzer et al. (2012) y Zhu et al. (2014) mencionan que los efectos del biosílice sobre la actividad enzimática, capacidad antioxidante, transpiración, fotosíntesis, absorción de nutrientes, movilidad de iones al interior de los tejidos, balance de hormonas y la expresión genética tienen un claro efecto en las plantas.

Figura 3.2

Prueba de Tukey (p 0.05) para contenido de clorofila (SPAD) por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de biosilíce en cultivo de aguaymanto



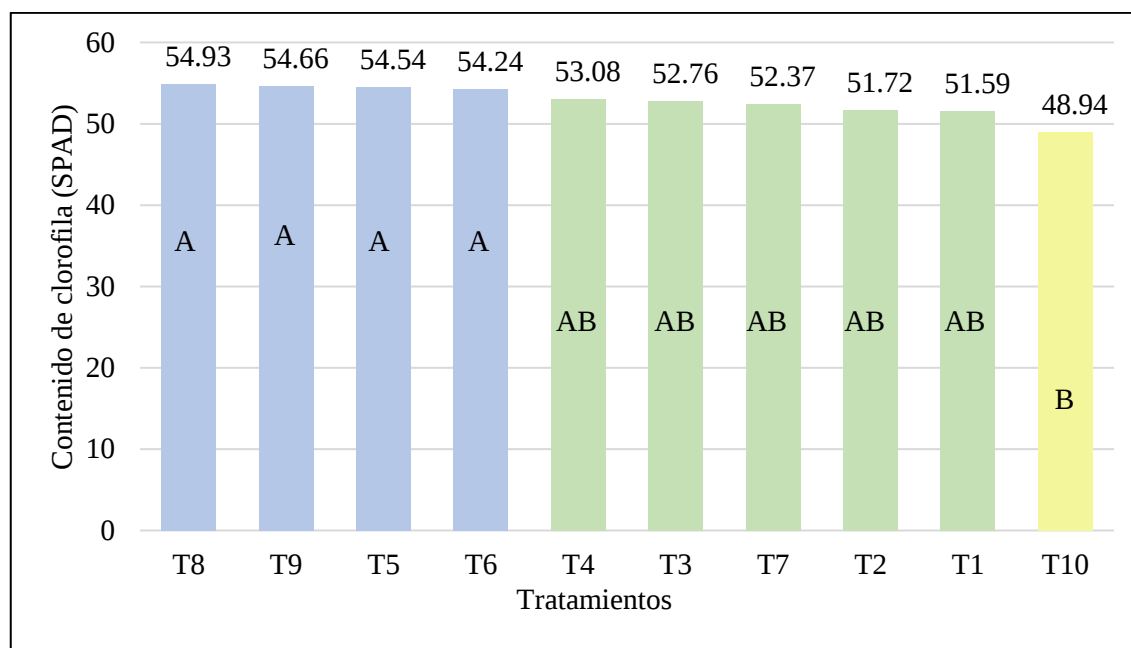
La figura 3.3 muestra la prueba de Tukey para contenido de clorofila (SPAD) por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato y biosilíce en cultivo de aguaymanto versus el testigo absoluto (T10), donde los tratamientos T8, T9, T5 y T6 ocupan los primeros lugares, presentando alta diferencia estadística respecto al testigo absoluto (T10). Por lo tanto, cualquier dosis de humato acompañando preferentemente de 1.5 % de biosilíce sobre una base de abonamiento orgánico - mineral resulta mejor. Así, el T8 (20 ml l⁻¹ de humato + 1.5 % de biosilíce) con 54.93 SPAD supera en 12.24 % al testigo absoluto (T10) con 48.94 SPAD y respecto al testigo relativo (T1) resulta mayor en 6.47 % la concentración de clorofila. Este incremento corresponde específicamente al efecto estimulador del humato y biosilíce.

Los resultados son similares a lo obtenido por Sánchez (2011), quien aplicando cuatro suplementos de abonos foliares al cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica): té de estiércol, biol preparado local, biol preparado local + diatomita y abono foliar denominado comercialmente “milagro”, obtuvo mejores resultados con el biol preparado local enriquecido con diatomita. Al respecto, Reynoso et al. (2022) menciona que el extracto de humus posee pequeñas concentraciones de macro y micronutrientes, y que lo más importante no radica en su contenido nutricional, sino en su efecto bioestimulador, estimulando la disponibilidad y absorción de nutrientes en las plantas que

favorecen el buen crecimiento y desarrollo de las plantas (Agromil, 2013). De esta manera, podemos mencionar que aplicaciones conjuntas de humato y biosilíce foliar resultan favorable en el incremento del contenido de clorofila.

Figura 3.3

Prueba de Tukey (p 0.05) para contenido de clorofila (SPAD) por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato y biosilíce en cultivo de aguaymanto versus el testigo absoluto (T10)



3.2. CARACTERES PRODUCTIVOS

3.2.1. Altura de planta (cm)

En la tabla 3.2 del análisis de varianza para altura de planta a 30 ddt, se observa que no existe diferencia para ninguna fuente de variabilidad. Pero, a 120 ddt, se observa que sí existe diferencia estadística significativa en la variable dosis de biosilíce. Del mismo modo, para el contraste de los tratamientos del factorial (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8 y T9) versus el testigo absoluto (T10).

El coeficiente de variabilidad a 30 ddt es 8.72 % y a 120 ddt es 5.11 %, ambos resultados indican que los datos se encuentran dentro del rango aceptado, dando validez al trabajo experimental.

Tabla 3.2

Análisis de varianza de altura de planta (cm) por efecto de tres dosis de humato y biosílice foliar en cultivo de aguaymanto a 30 y 120 ddt

FV	GL	30 ddt			120 ddt		
		CM	P-valor	Sig.	CM	P-valor	Sig.
Bloque	2	1.17	0.7720	ns	36.32	0.6683	ns
D. humato (A)	2	0.88	0.8219	ns	118.04	0.2888	ns
D. biosílice (B)	2	0.57	0.8812	ns	359.95	0.0366	*
Inter (A x B)	4	3.72	0.5207	ns	92.79	0.4099	ns
Contraste (Trat. fac. vs. T10)	1	0.96	0.6291	ns	486.93	0.0245	*
Error	16	4.44			87.86		
Total	26						

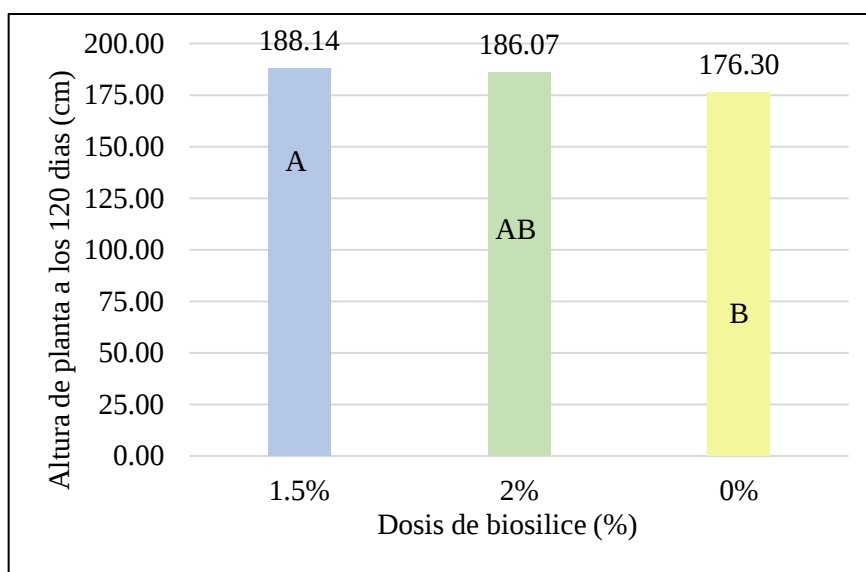
C.V. para altura de planta a 30 ddt = 8.72 %, C.V. (contraste) = 8.23 %

C.V. para altura de planta a 120 ddt = 5.11 %, C.V. (contraste) = 4.93 %

En la figura 3.4 de la prueba de Tukey (p 0.05) para altura de planta (cm) a 120 ddt, se observa que la aplicación foliar de 1.5 % de biosílice respecto a cuándo no se aplica nada (0 %) presenta alta diferencia estadística con medias de 188.14 cm y 176.30 cm respectivamente. Pero siendo ambas sin diferencia estadística al emplear 2 % de biosílice. Por lo tanto, aplicar 1.5 % y 2 % de biosílice incrementa la altura de planta en 6.72 % y 5.54 % respecto a cuándo no se aplica nada (0 %). Al respecto, Lee et al. (2010) y Lang et al. (2019) afirman que el silicio estimula y regula la producción de algunas fitohormonas endógenas, como las gibelinas implicadas en la regulación del crecimiento longitudinal del tallo y las auxinas que interviene en el crecimiento y desarrollo de la planta.

Figura 3.4

Prueba de Tukey (p 0.05) para altura de planta (cm) por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de biosílíce a 120 ddt en cultivo de aguaymanto



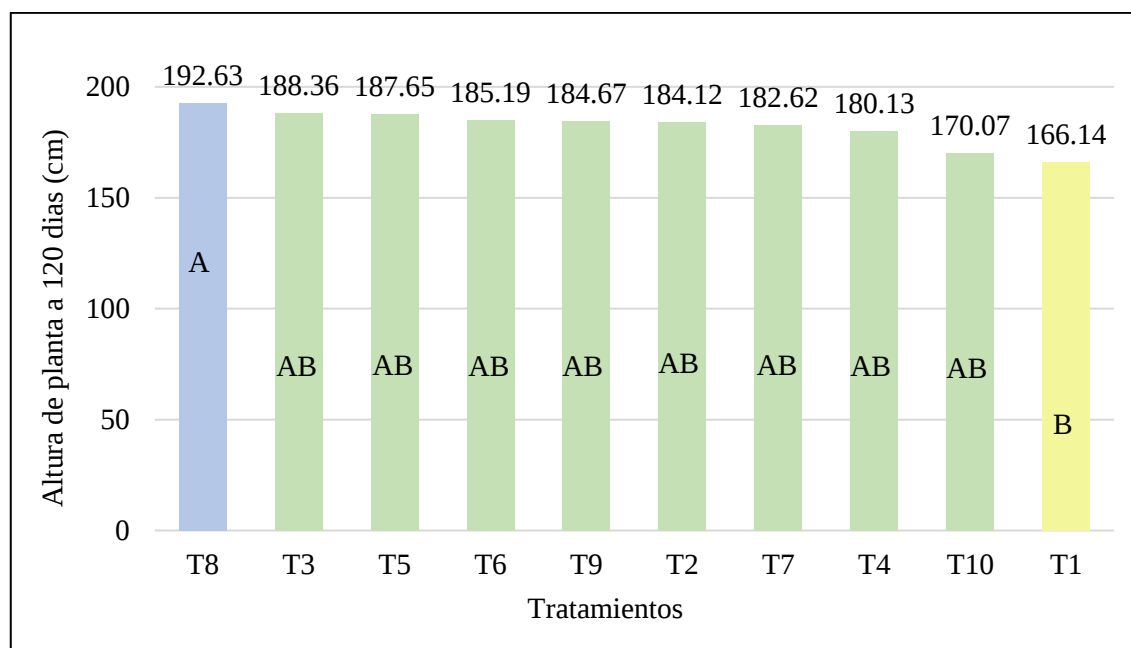
La figura 3.5 muestra que hay alta diferencia estadística entre el grupo de tratamientos. Donde el abonar y tratar con 20 ml l⁻¹ humato y 1.5 % de biosílíce foliar (T8) mejora la altura de planta en 13.27 % respecto al testigo absoluto (T10) que no recibió abonamiento ni tratamiento. Estos resultados son similares a los obtenidos por Romo (2018), quien realizando aplicaciones de abonos orgánicos y NPK bajo invernadero logró obtener 193.37 cm de altura máxima de planta a 120 ddt. Del mismo modo, Guerrero y Rojas (2016) reportan alturas de 5 ecotipos tratados con abonamiento orgánico - mineral que fueron evaluados a 190 ddt, liderado por el Cajamarquino (198.50 cm), Ayacuchano (190.35 cm), Colombiano (183.20 cm), Celendino (182.28 cm) y Silvestre con 167.48 cm. Otro trabajo de Guerrero (2019) reporta alturas de planta tomados a 130 ddt los que fluctúan entre 68.5 cm y 79.7 cm del ecotipo Colombiano y San Pablo tratadas solo con fertilización mineral, sin manejo de poda ni tutorado.

La solución del T8 posee un pH de 7.09 y C.E. de 908 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (tabla 2.5), se trata de 2 condiciones de reacción neutra y cierto contenido de sales que el cultivo de aguaymanto tolera, presentando un buen crecimiento y desarrollo tras su aplicación. Quero (2015) refiere que la absorción de silicio permite solubilizar compuestos que usualmente están cristalizados como fosfatos u oxalatos de calcio, Mg, Fe, Al. En general, mejora la solubilidad de cationes y el anión $(\text{HPO}_4)^-$. Además, se le atribuye el aumentar

la estabilidad y expresión genética y por si fuera poco puede formar complejos solubles con Fe, Zn potencializando su acción en las células. Por otro lado, González et al (2013) mencionan que los lixiviados estimulan la elongación y diferenciación celular.

Figura 3.5

Prueba de Tukey (p 0.05) para altura de planta (cm) por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato y biosílice a 120 ddt en cultivo de aguaymanto versus el testigo absoluto (T10)



3.2.2. Número de frutos por planta

En la tabla 3.3 del análisis de varianza para el número de frutos por planta, se observa que no existe diferencia estadística en ninguna fuente de variabilidad.

El coeficiente de variabilidad es de 12.19 %, valor dentro del rango aceptado para el trabajo de investigación.

Tabla 3.3

Análisis de varianza del número de frutos por planta por efecto de tres dosis de humato y biosíllice foliar en cultivo de aguaymanto

FV	GL	SC	CM	Fc	P-valor	Sig.
Bloque	2	30118.934	15059.5	1.61	0.2301	ns
Dosis humato (A)	2	15540.9	7770.4	0.83	0.4531	ns
Dosis biosíllice (B)	2	9934.6	4967.3	0.53	0.5975	ns
Inter (A x B)	4	18525.4	4631.4	0.50	0.7390	ns
Contraste (Trat. fac. vs. T10)	1	75.57	75.57	0.01	0.9267	ns
Error	16	149417.1	9338.6			
Total	26	223536.96				
C.V. = 12.19 % C.V. (contraste) = 11.74 %						

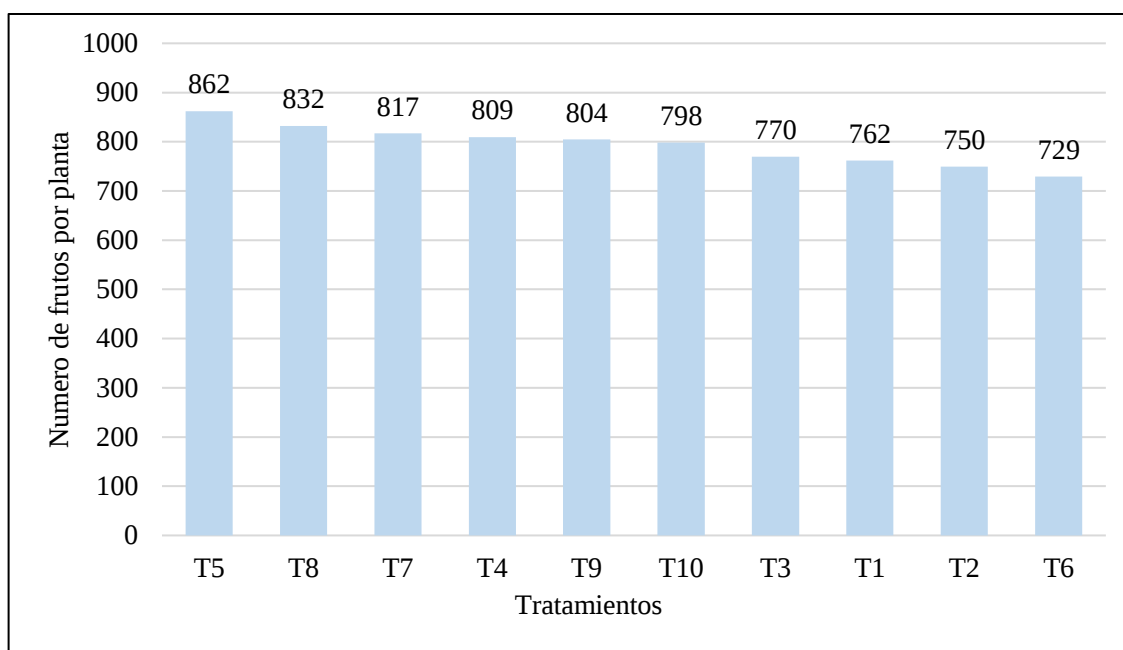
La figura 3.6 permite observar diferencias numéricas. Donde, luego de aplicar 15 ml l⁻¹ de humato junto a 1.5 % de biosíllice (T5); es decir, a dosis media se obtiene los mejores resultados en cuanto al número de frutos por planta, perfilándose como la mejor dosis.

Los datos resultan congruentes con los obtenidos por Guerrero y Rojas (2016), quienes reportan datos de 5 ecotipos, donde el Cajamarquino alcanzó 1641 frutos/planta, seguidos por el Ayacuchano con 1581 frutos/planta, Colombiano con 1511 frutos/planta, Silvestre con 1322 frutos/planta y Celendino con 1297 frutos/planta durante 6 meses de cosecha, es decir 2 meses más que el nuestro.

Sin duda, el hecho de no haber podido cosechar durante los 6 meses fue un factor determinante, en este caso en particular debido a la perturbación climática que afectó la producción de toda la campaña. Otros autores como Tapia et al. (2007) consideran que el periodo de producción dura alrededor de 9 a 11 meses. Sin embargo, muy a pesar de las dificultades, se puede decir que las aplicaciones foliares con humato y biosíllice vislumbran ciertas diferencias entre las medias. Entonces, con base a lo anterior se puede concluir que el número de frutos depende de varios factores, por ejemplo: manejo de la planta, periodo de cosecha y el ecotipo.

Figura 3.6

Comparación de medias para número de frutos por planta por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato y biosilíce versus el testigo absoluto (T10)



3.2.3. Peso total de fruto por planta (kg)

En la tabla 3.4 del análisis de varianza para el peso total de frutos por planta (kg), se observa que no existe diferencia estadística en ninguna fuente de variabilidad. Sin embargo, existe una diferencia altamente significativa en el contraste de los tratamientos del factorial (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8 y T9) versus el testigo absoluto (T10).

El coeficiente de variabilidad es de 8.63 %, valor dentro del rango aceptado para el trabajo de investigación.

Tabla 3.4.

Análisis de variancia del peso de frutos (kg) por efecto de tres dosis de humato y biosilíce foliar en el cultivo de aguaymanto

FV	GL	SC	CM	Fc	P-valor	Sig.
Bloque	2	0.43	0.21	1.22	0.3211	ns
Dosis humato (A)	2	1.26	0.63	3.62	0.0506	ns
Dosis biosilíce (B)	2	0.39	0.19	1.10	0.3558	ns
Inter (A x B)	4	1.15	0.29	1.64	0.2122	ns
Contraste (Trat. fac. vs. T10)	1	2.23	2.23	13.33	0.0016	**
Error	16	2.80	0.17			
Total	26	6.02				

C.V = 8.63 %

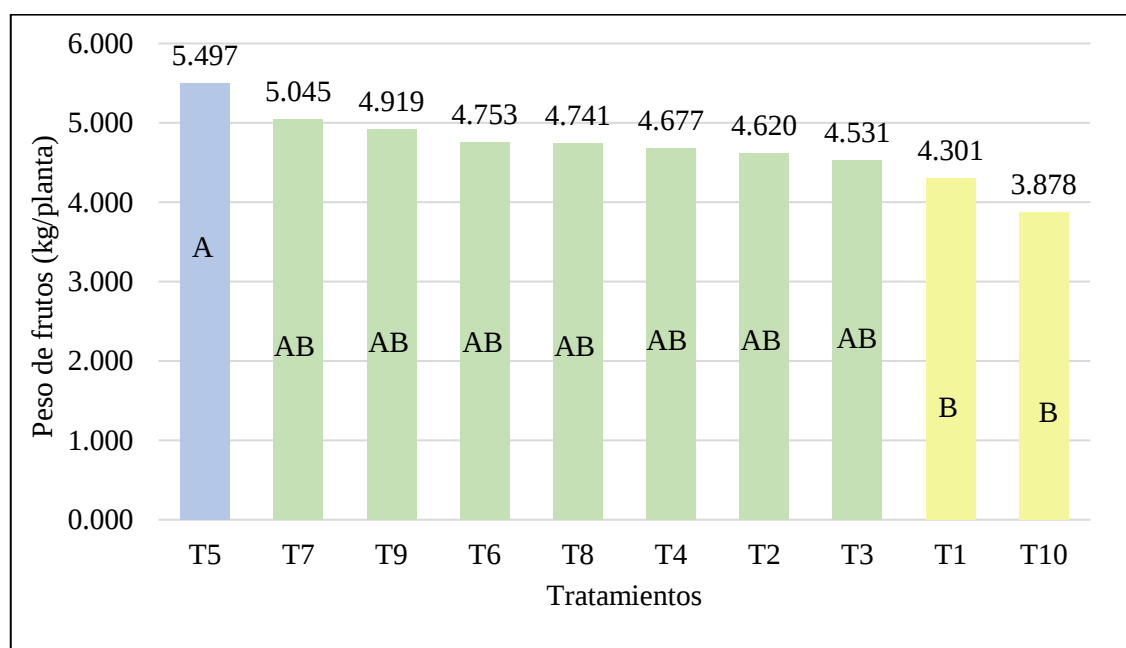
C.V (contraste) = 8.52 %

La figura 3.7 muestra que la aplicación foliar de 15 ml l⁻¹ de humato junto a 1.5 % de biosílice (T5) incrementa el rendimiento en 27.81 % respecto al testigo relativo (T1). Del mismo modo, se puede evidenciar que la aplicación del T5 sobre una base de abono edáfico incrementa el peso del fruto en 41.75 % frente al testigo absoluto (T10) que no recibió abono edáfico ni foliar como parte del tratamiento.

El Proyecto de Desarrollo Rural Sostenible y la Cooperación Alemana al Desarrollo (2011) indica que, en la región de Cajamarca, los productores de aguaymanto consideran buena producción frutos mayores a 7 kg, regular entre 4 a 6 kg y mala a aquellas que producen menores a 4 kg de frutos. Por lo tanto, el rendimiento obtenido fue regular, aun cuando fuera tan solo 4 meses de producción.

Figura 3.7

Prueba de Tukey (p 0.05) para peso de frutos por planta (kg) por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato y biosílice en cultivo de aguaymanto versus el testigo absoluto (T10)



3.2.4. Diámetro ecuatorial y polar del fruto (mm)

a) Diámetro ecuatorial (mm)

En la tabla 3.5 del análisis de varianza para el diámetro ecuatorial (mm) del fruto, se observa que no existe diferencia estadística en ninguna fuente de variabilidad.

El coeficiente de variabilidad es de 2.25 %, valor dentro del rango aceptado para el trabajo de investigación.

Tabla 3.5

Análisis de variancia del diámetro ecuatorial de fruto (mm) por efecto de tres dosis de humato y biosílice foliar en cultivo de aguaymanto

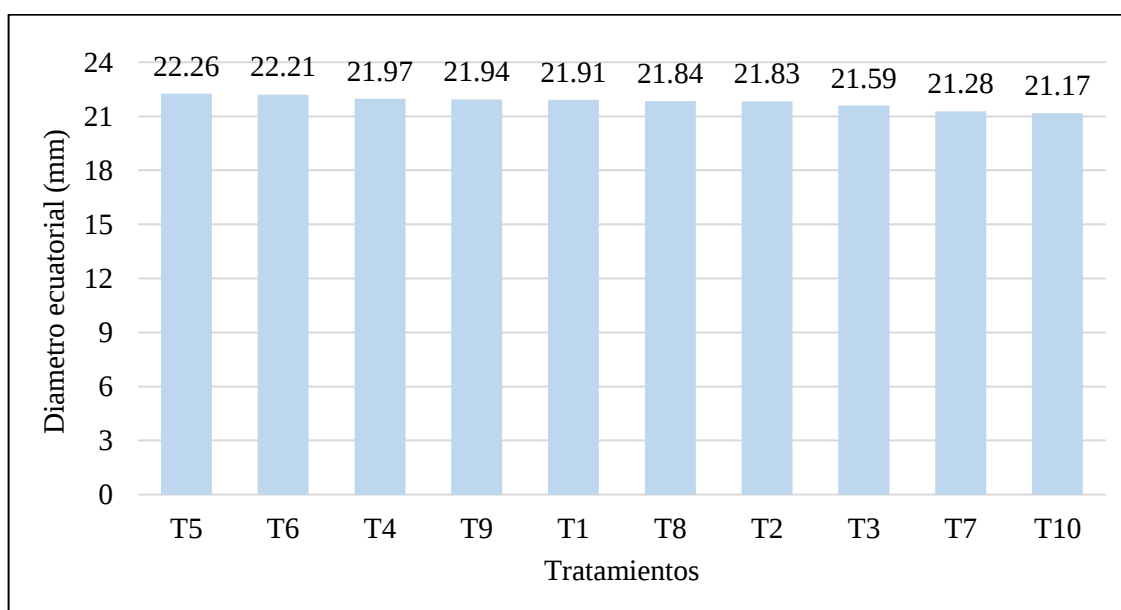
FV	GL	SC	CM	Fc	P-valor	Sig.
Bloque	2	0.47	0.24	0.98	0.3961	ns
Dosis humato (A)	2	1.08	0.54	2.22	0.1405	ns
Dosis biosílice (B)	2	0.33	0.16	0.68	0.5215	ns
Inter (A x B)	4	0.75	0.19	0.78	0.5558	ns
Contraste (Trat. fac. vs. T10)	1	1.32	1.32	6.05	0.0243	ns
Error	16	3.87	0.24			
Total	26	6.50				

C.V. = 2.25 % C.V. (contraste) = 2.14 %

La figura 3.8 permite observar la diferencia numérica del diámetro ecuatorial de los frutos, siendo la aplicación de 15 ml l⁻¹ de humato más 1.5 % de biosílice (T5) el de mayor influencia en el diámetro ecuatorial con 22.26 mm. Se observa además que los diámetros obtenidos resultan ligeramente mayores a los reportados por Guerrero (2019), quien obtuvo diámetros entre 21.17 mm y 21.46 mm del ecotipo Colombiano y San Pablo, producidos en Huancabamba, Piura a 2780 m s.n.m. Del mismo modo, Guerrero y Rojas (2016) reportaron diámetros ecuatoriales de ecotipos, Celendino, Cajamarquino, Colombiano y Ayacuchano oscila de 19.40 mm a 19.03 mm y Silvestre con 17.40 mm.

Figura 3.8

Comparación de medias para diámetro ecuatorial del fruto (mm) por efecto de la aplicación foliar de 3 dosis de humato y biosílice en cultivo de aguaymanto versus el testigo absoluto (T10)



b) Diámetro polar

En la tabla 3.6 del análisis de varianza para el diámetro polar (mm) del fruto, se observa que no existe diferencia estadística en ninguna fuente de variabilidad.

El coeficiente de variabilidad es de 1.91 %, valor dentro del rango aceptado para el trabajo de investigación.

Tabla 3.6

Análisis de variancia del diámetro polar del fruto (mm) por efecto de tres dosis de humato y biosílíce foliar en cultivo de aguaymanto

FV	GL	SC	CM	Fc	P-valor	Sig.
Bloque	2	0.20	0.10	0.55	0.5864	ns
Dosis humato (A)	2	0.81	0.40	2.23	0.1401	ns
Dosis biosílíce (B)	2	0.11	0.06	0.31	0.7376	ns
Inter (A x B)	4	0.09	0.02	0.13	0.9710	ns
Contraste (Trat. fac. vs. T10)	1	0.67	0.67	4.02	0.0602	ns
Error	16	2.91	0.18			
Total	26	4.12				

C.V = 1.97 %

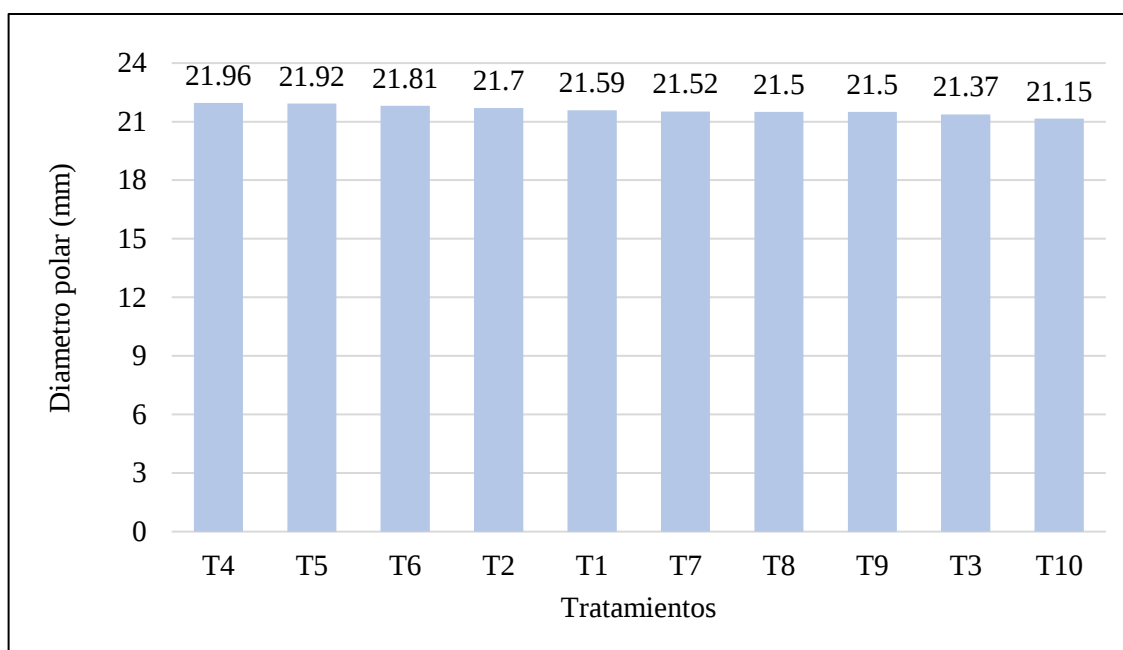
C.V (contraste) = 1.89 %

La figura 3.9 muestra una diferencia numérica de los tratamientos; en el que, el testigo absoluto (T10) presenta el menor diámetro polar (21.15 mm), además el T4 es ligeramente superior a todos. Los valores son concordantes con Guerrero y Rojas (2016), quienes reportaron valores de diámetro polar de los ecotipos, Celendino (19.73 mm), seguido del Cajamarquino (19.55 mm) y Ayacuchano (19.10 mm). De forma similar, Velázquez y Velázquez (2017) también obtuvieron diámetro ecuatorial que fluctúa de 15.3 mm a 25.1 mm para el aguaymanto de Acomayo - Cuzco y entre 10,8 mm a 19,27 mm para el de Huaribamba - Huancavelica.

Por lo cual, tanto en el diámetro polar y ecuatorial el aporte de humato y biosílíce permiten una ligera superioridad a los ecotipos referidos.

Figura 3.9

Comparación de medias para diámetro polar del fruto (mm) por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato y biosílice en cultivo de aguaymanto versus el testigo absoluto (T10)

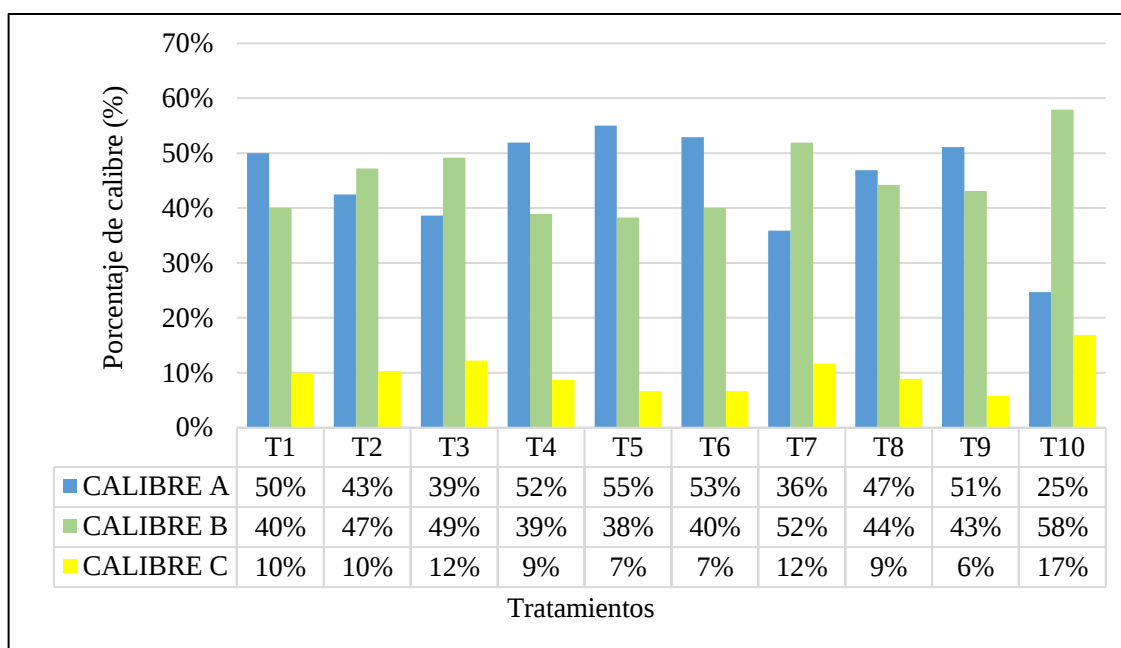


3.2.5. Clasificación de frutos por calibre (%)

Según la figura 3.10, el mejor calibre de frutos de aguaymanto se logra con T5 (15 ml l⁻¹ de humato más 1.5 % de biosílice), obteniendo un 55% de frutos con diámetro ecuatorial ≥ 22.1 mm que pertenecen al calibre A, 39 % al calibre B (20.1 mm - 22.0 mm) y tan solo 7 % al calibre C (18.1 mm - 20.0 mm). Datos similares fueron reportados desde la región Lambayeque por Huamán y Matos (2020), que obtuvieron frutos de diámetro ecuatorial que van de 18.1mm - 20.0 mm que corresponden al calibre C según la NTP 203.121:2007 (Rev. 2014). Demostrando de esta manera que el ecotipo Ayacuchano presenta buen calibre y que la aplicación del humato y biosílice mejora la calidad física del fruto.

Figura 3.10

Clasificación de frutos por calibre (%) en cada tratamiento por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato y biosíllice foliar en cultivo de aguaymanto



3.2.6. Rendimiento total (kg. ha⁻¹)

En la tabla 3.7 del análisis de varianza para el rendimiento total (kg ha⁻¹), se observa que existe diferencia altamente significativa en el contraste de los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9 y testigo absoluto (T10), mas no en las otras fuentes de variabilidad.

El coeficiente de variabilidad es de 8.73 %, valor dentro del rango aceptado para el trabajo de investigación.

Tabla 3.7

Análisis de variancia del rendimiento (kg ha⁻¹) por efecto de tres dosis de humato y biosíllice foliar en cultivo de aguaymanto

FV	GL	SC	CM	Fc	P-valor	Sig.
Bloque	2	4733228.74	2366614.37	1.22	0.3217	ns
Dosis humato (A)	2	14056661.02	7028330.51	3.62	0.0505	ns
Dosis biosíllice (B)	2	4286384.85	2143192.42	1.10	0.3557	ns
Inter (A x B)	4	12756608.72	3189152.18	1.64	0.2125	ns
Contraste (Trat. fac. vs. T10)	1	24781093.09	24781093.09	13.33	0.0016	**
Error	16	31078243.90	1942390.24			
Total	26	66911127.22				
C.V = 8.63%		C.V (contraste) = 8.52 %				

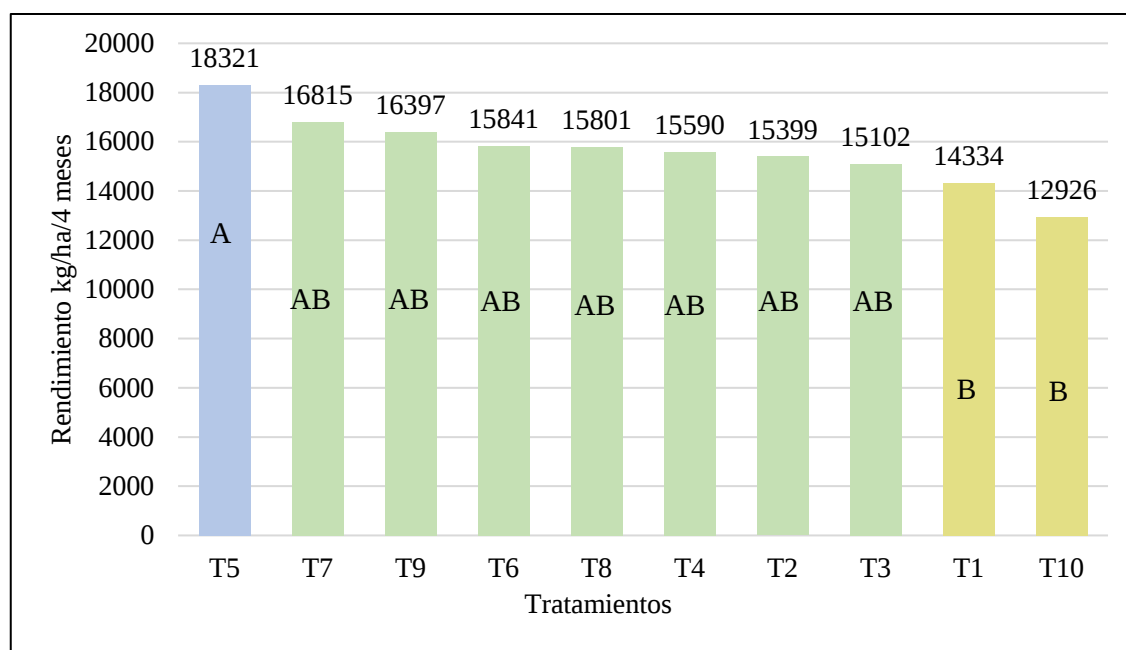
Según la Figura 3.11 de la prueba de Tukey ($p < 0.05$) para rendimiento (kg ha^{-1}) por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato y biosílice en el cultivo de aguaymanto versus el testigo absoluto (T10), se observa que cualquier aplicación de dosis de humato y biosílice al follaje de la planta permite incrementar los rendimientos, siendo la aplicación de 15 ml l^{-1} de humato junto a 1.5% de biosílice (T5) el de mejor performance ocupando el primer lugar con $18,321 \text{ kg de frutos/ha}$, lo que implica que no necesariamente las dosis foliares de bioestimulantes deben ser altas en razón a que se puede llegar a cierto nivel de toxicidad, dado que se está aplicando al follaje, un órgano no especializado.

El informe científico de Wang et al. (2015) refieren que la aplicación foliar de silicio como bioestimulante puede evitar la inmovilización fisicoquímica de nutrientes y tiene un efecto directo en comparación con la aplicación al suelo. Por otro lado, es importante considerar que la materia prima utilizada se obtiene directamente de tierra de diatomeas, lo que tiene un mérito a considerar dado que los reportes científicos refieren a silicatos altamente solubles como los potásicos, sódico o ácido salicílico (Savvas & Ntatzis, 2015).

Como referencia en cuanto al rendimiento se tiene lo mencionado por Guerrero y Rojas (2016) en su trabajo de adaptación de 5 ecotipos de aguaymanto con aplicación de abonamiento orgánico - mineral, manejo de poda y tutorado en la región de Lambayeque, quienes determinaron que el mayor rendimiento comercial de aguaymanto se obtuvo con el ecotipo Cajamarquino con $24,340 \text{ kg ha}^{-1}$, seguido por los ecotipos Ayacuchano con $22,420$, Colombiano con $21,750 \text{ kg ha}^{-1}$, Celendino con $19,300 \text{ kg ha}^{-1}$ y el ecotipo Silvestre (testigo) con tan solo $16,690 \text{ kg ha}^{-1}$, evaluados durante los 6 primeros meses de cosecha. Todos ellos superiores al ecotipo Ayacuchano, por ello recordamos que la cosecha en el experimento corresponde a los primeros 4 meses y no así durante los 6 meses, que sí fueron en el trabajo de los autores.

Figura 3.11

Prueba de Tukey (p 0.05) para rendimiento (kg ha⁻¹) por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato y biosílíce en cultivo de aguaymanto versus el testigo absoluto (T10)



3.3. ANÁLISIS ECONÓMICO

3.3.1. Ingreso bruto (S/. ha)

El ingreso bruto de producción para cada tratamiento se reporta en la tabla 3.8, donde el T5 presenta mayor rendimiento, mejor precio y por ende mayor ingreso bruto con un valor de 72,917.58 nuevos soles por hectárea de producción del cultivo de aguaymanto.

Tabla 3.8

Rendimiento, precio de venta e ingreso bruto de producción del cultivo de aguaymanto

Tratamiento	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Precio (s/. kg)	Ingreso bruto (s/. ha)
T1	14334	S/. 3.90	S/. 55,902.60
T2	15399	S/. 3.83	S/. 58,978.17
T3	15102	S/. 3.77	S/. 56,934.54
T4	15590	S/. 3.93	S/. 61,268.70
T5	18321	S/. 3.98	S/. 72,917.58
T6	15841	S/. 3.96	S/. 62,730.36
T7	16815	S/. 3.74	S/. 62,888.10
T8	15801	S/. 3.88	S/. 61,307.88
T9	16397	S/. 3.95	S/. 64,768.15
T10	12926	S/. 3.58	S/. 46,275.08

3.3.2. Costo total de producción (S/. ha)

El costo total de producción por tratamiento se puede observar en la tabla 3.9, donde los valores no presentan diferencia significativa, debido a que el manejo y la conducción de los tratamientos ha sido igual para todos, la poca diferencia que generó es la aplicación de tratamientos. El T10 presenta el costo total de producción más bajo, en virtud de que a este tratamiento no se le aplicó abono de fondo orgánico - mineral ni humato y biosilice foliar.

Tabla 3.9

Costo directo, indirecto y total de producción del cultivo de aguaymanto

Tratamiento	Costo directo (s/. ha)	Costo indirecto (s/. ha)	Costo total (s/. ha)
T1	S/. 15,290.00	S/. 6,354.00	S/. 21,644.00
T2	S/. 15,970.00	S/. 6,437.00	S/. 22,407.00
T3	S/. 16,080.00	S/. 6,448.00	S/. 22,528.00
T4	S/. 15,601.25	S/. 6,600.13	S/. 22,201.38
T5	S/. 16,031.25	S/. 6,643.13	S/. 22,674.38
T6	S/. 16,141.25	S/. 6,654.13	S/. 22,795.38
T7	S/. 15,605.00	S/. 6,600.50	S/. 22,205.50
T8	S/. 16,035.00	S/. 6,643.50	S/. 22,678.50
T9	S/. 16,145.00	S/. 6,654.50	S/. 22,799.50
T10	S/. 11,930.00	S/. 5,958.00	S/. 17,888.00

3.3.3. Ingreso neto (S/. ha)

El ingreso neto de producción para cada tratamiento se repotan en la tabla 3.8, donde el T5 presenta mayor valor de ingreso neto (s/. ha) con S/. 50,243.21 por hectárea de producción del cultivo de aguaymanto.

Tabla 3.10

Ingreso neto de producción del cultivo de aguaymanto

Tratamiento	Ingreso bruto (s/. ha)	Costo total de producción (s/. ha)	Ingreso neto (s/. ha)
T1	S/. 55,902.60	S/. 21,644.00	S/. 34,258.60
T2	S/. 58,978.17	S/. 22,407.00	S/. 36,571.17
T3	S/. 56,934.54	S/. 22,528.00	S/. 34,406.54
T4	S/. 61,268.70	S/. 22,201.38	S/. 39,067.33
T5	S/. 72,917.58	S/. 22,674.38	S/. 50,243.21
T6	S/. 62,730.36	S/. 22,795.38	S/. 39,934.99
T7	S/. 62,888.10	S/. 22,205.50	S/. 40,682.60
T8	S/. 61,307.88	S/. 22,678.50	S/. 38,629.38
T9	S/. 64,768.15	S/. 22,799.50	S/. 41,968.65
T10	S/. 46,275.08	S/. 17,888.00	S/. 28,387.08

3.3.4. Rentabilidad

El tratamiento que presenta mayor valor de la relación beneficio/costo es con aplicaciones de 15 ml l⁻¹ de humato y 1.5 % de biosilice (T5) con 2.22 nuevos soles (tabla 3.11), lo cual indica que por cada 1.00 sol invertido se recupera 2.22 soles, superando los beneficios a los costos de producción en 1.22 nuevos soles, lo que viene a ser el superávit generado por la producción de 1 hectárea de aguaymanto.

Tabla 3.11.

Rentabilidad del cultivo de aguaymanto expresado en beneficio/costo

Tratamiento	Costo total de producción (s/. ha)	Ingreso neto (s/. ha) (Beneficio)	Rentabilidad (B/C)
T1	S/. 21,644.00	S/. 34,258.60	1.58
T2	S/. 22,407.00	S/. 36,571.17	1.63
T3	S/. 22,528.00	S/. 34,406.54	1.53
T4	S/. 22,201.38	S/. 39,067.33	1.76
T5	S/. 22,674.38	S/. 50,243.21	2.22
T6	S/. 22,795.38	S/. 39,934.99	1.75
T7	S/. 22,205.50	S/. 40,682.60	1.83
T8	S/. 22,678.50	S/. 38,629.38	1.70
T9	S/. 22,799.50	S/. 41,968.65	1.84
T10	S/. 17,888.00	S/. 28,387.08	1.59

CONCLUSIONES

1. Aplicaciones individuales de dosis mayores de humato (20 ml l^{-1}) y biosílice (2 %) foliar, sin diferencia de $15 \text{ l}^{-1} \text{ ml}$ de humato y 1.5 % de biosílice favorecen al incremento de clorofila en 3.77 % y 2.96 % en plantas de aguaymanto respecto a cuándo no se aplica nada (0 ml l^{-1} de humato y 0 % de biosílice). Por su parte, el T8 (20 ml l^{-1} de humato y 1.5 % de biosílice) incrementa el contenido de clorofila hasta en 12.24 % frente al testigo absoluto (T10).
2. La aplicación foliar de 1.5 % de biosilice, sin diferencia de la dosis mayor (2 %), aumenta la altura de planta hasta en 6.72 % respecto al testigo relativo (T1). A su vez, la aplicación conjunta de 15 ml l^{-1} de humato y 1.5 % de biosilice (T5) favorece al incremento de peso de frutos por planta en 41.75 % y altura de planta en 13.25 %, ambos respecto al testigo absoluto (T10). Además, el T5 permitió obtener el rendimiento más alto (18321 kg ha^{-1}).
3. El mayor B/C obtenido en la producción de aguaymanto fue de 2.22 nuevos soles con la aplicación foliar del T5 (15 ml l^{-1} de humato más 1.5 % de biosílice).

RECOMENDACIONES

1. Difundir y considerar aplicaciones foliares de ácidos húmicos (humato) y biosílíce en programas de fertilización en el cultivo de aguaymanto.
2. Continuar la investigación realizando aplicaciones edáficas de humato y biosílíce, en el cultivo de aguaymanto, con el fin de comparar la eficiencia frente a la aplicación foliar.
3. Evaluar las características de calidad del fruto de aguaymanto, por efecto de la influencia de ambos bioestimulantes estudiados.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abdelaal, K. A., Mazrou, Y. S., & Hafez, Y. M. (2020). Silicon foliar application mitigates salt stress in sweet pepper plants by enhancing water status, photosynthesis, antioxidant enzyme activity and fruit yield. *Plants*, 9(6), 733.
- Agromil. (2013). Primer simposio internacional: *Beneficios del silicio en la agricultura*.
- Almanza, P. J. (2000). Propagación. *Producción, Poscosecha y Exportación de la Uchuva (Physalis Peruviana L.)*, 27–40.
- Alamri, S., Hu, Y., Mukherjee, S., Aftab, T., Fahad, S., Raza, A., ...&Siddiqui, M.H. (2020).Silicon-induced postponement of leaf senescence is accompanied by modulation of antioxidative defense and ion homeostasis in mustard (*Brassica juncea*) seedlings exposed to salinity and drought stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 175, 47 – 59. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.09.038>
- Añanca, P. (2019). *Producción de humus con Eisenia foetida (Lombriz roja californiana) utilizando diferentes materiales orgánicos, en el programa de investigación de pastos y ganadería – Ayacucho* [Tesis de Bachiller, Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga].
- Baglione, L. (2011). Usos de la tierra diatomea. *Revista Tecnicaña*, 27, 31-32.
- Brady, N. C., Weil, R. R., & Weil, R. R. (2008). *The nature and properties of soils* (Vol. 13, pp. 662-710). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Calderín, A., Guridi, F., Mollineda, A., García, E., Pimentel, J., Huelva, R., Valdés, R., & Hernández, O. (2009). Efectos biológicos de derivados del humus de lombriz sobre el crecimiento de plántulas de maíz (*Zea Mays L.*, Var. Canilla), *Revista Centro Agrícola*, 36(1): 27-31.
- Calzada, J. (1980). *143 frutales nativos*. El estudiante.
- Camasi, P., & Quintas, J. (2016). *Efecto de tres dosis de ácidos húmicos en tres distanciamientos de siembra en el rendimiento del cultivo de aguaymanto (Physalis peruviana L.) en condiciones de Azángaro* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica].
- Canellas, L. P., & Olivares, F. L. (2014). Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 1(1), 1-11
- Canellas, L. P., Balmori, D. M., Médici, L. O., Aguiar, N. O., Campostrini, E., Rosa, R. C., ..., & Olivares, F. L. (2013). A combination of humic substances and

- Herbaspirillum seropedicae* inoculation enhances the growth of maize (*Zea mays* L.). *Plant and soil*, 366, 119-132.
- Canellas, L. P., Olivares, F. L., Okorokova-Façanha, A. L., & Façanha, A. R. (2002). Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H⁺-ATPase activity in maize roots. *Plant physiology*, 130(4), 1951-1957.
- Casa, M. (2010). *Evaluación del efecto de los ácidos húmicos sobre los parámetros de calidad en plántulas de tomate (Solanum lycopersicum L.)* [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi-Ecuador].
- Castellanos, L., Mello, R., & Silva, C. N. (2015). El silicio en la resistencia de los cultivos a las plagas agrícolas. *Cultivos Tropicales* 36: 16–24.
- Cerda, M. (2021). *Biosílice foliar y edáficos en la tolerancia del maíz morado a salinidad, en laboratorio-Ayacucho*. 29(1).
- Chamorro, Y. P. (2022). *Estructura de la macro, meso y microfauna del suelo y su relación con parámetros de calidad del suelo en unidades agrícolas del norte de Colombia: implicaciones ecológicas* [Tesis Doctoral, Corporación Universidad de la Costa.
- Chávez, J. A., Torres, C. A., Espinoza, E. A., Zambrano, F. E., Villafuerte, A. G., Zambrano, F. E., & Velázquez, J. A., (2020). *Efectos de la cepa nativa de Trichoderma sp. y lixiviado de vermicompost bovino sobre el crecimiento foliar y contenido de clorofila en arroz (Oryza sativa L.) en fase de semillero*. Ecuador es Calidad, 7(2).
- Cooperativa Mixta La Alianza, A. C. de P. de M. C., & Asociación Civil Agro Servicio Productores de Bojó José Pineau. (2019). *Humus y extracto líquido de lombriz roja californiana (Eisenia foetida)*.
- Condeña, A., F. (2020). *Proyectos de inversión agropecuaria: Identificación, Formulación y Evaluación*. Ayacucho - Perú.
- David, P. P., Nelson, P. V., & Sanders, D. C. (1994). A humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. *Journal of plant nutrition*, 17(1), 173-184.
- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia horticultruae*, 196, 3-14.
- Proyecto de Desarrollo Rural Sostenible, & Cooperación Alemana al Desarrollo. (2011). *El aguaymanto, cultivo promisorio de la región de Cajamarca: Diagnostico de la cadena de valor*. <https://siar.regioncajamarca.gob.pe/download/file/fid/46749>

- Epstein, E. (1994). The anomaly of silicon in plant biology. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 91(1), 11-17. <https://doi.org/10.1073/pnas.91.1.11>
- Epstein, E. (1999). Silicon. *Annual review of plant biology*, 50(1), 641-664.
- Epstein, E. (2009). Silicon: its manifold roles in plants. *Annals of applied Biology*, 155(2), 155-160. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2009.00343.x>
- Fauteux, F., Rémus Borel, W., Menzies, J. G., & Bélanger, R. R. (2005). Silicon and plant disease resistance against pathogenic fungi. *FEMS Microbiology letters*, 249(1), 1-6.
- Fischer, G. (2000). Crecimiento y desarrollo. *Producción, Poscosecha y Exportación de La Uchuva (Physalis Peruviana L.)*, 9–26.
- Fischer, G., & Miranda, D. (2012). Uchuva (*Physali peruviana* L.). In G. Fischer (Ed.), *Manual para el cultivo de frutales en el trópico*, 851–873.
- Fischer, G., & Miranda, D. (2021). Avances tecnológicos en el cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. *Avances en el cultivo de las berries en el trópico. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas, Bogota*. 10, 14-36.
- Flores, L. (2015). *Efecto de la interacción entre microorganismos PGPR con Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares para la promoción de crecimiento vegetal en Aguaymanto (Physalis peruviana L.)* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina].
- Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social, Perú (FONCODES). (2014). *Producción y uso de abonos orgánicos: biol, compost y humus*. Lima, Perú. Manual Técnico N° 5, 31-41.
- Font, F. y Madeo, N. (2022). *Agricultura regenerativa* (C. Centeno, Ed.; Mundi-prensa).
- Furcal, P. (2012). Efecto del silicio en la fertilidad del suelo, en la incidencia de enfermedades y el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa*) var CR 4477. <https://hdl.handle.net/2238/2855>
- García, J. (1998). *Agricultura orgánica en Costa Rica* (EUNED, Ed.).
- Gill, S.S. y Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 48, 909-930.
- González, K. D., Rodríguez, M. N., Trejo, L. I., García, J. L. & Sánchez, J. (2013). Efluente y té de vermicompost en la producción de hortalizas de hoja en sistema nft. *Interciencia. Rev. Ciencia y Tecnología de América* 38 (12): 863-869.

- Guerrero, J. (2019). *Fenología y producción de tres ecotipos de aguaymanto (Physalis peruviana L.) en el caserio de Pulún, distrito el Carmen de la frontera Huancabamba - Piura, 2018* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Piura].
- Guerrero, L. A., & Rojas, J. C. (2016). *Adaptación y rendimiento de cinco ecotipos de aguaymanto (Physalis peruviana L.) en la parte media del valle Chancay, Lambayeque* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].
- Guntzer, F., C. Keller & J. D. Meunier. (2012). *Benefits of plant silicon for crops: A review. Agronomy for Sustainable Development* 32: 201-213.
- Haynes, R. J. (2014). A contemporary overview of silicon availability in agricultural soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 177(6), 831-844.
- Henriet, C., Draye, X., Oppitz, I., Swennen, R., & Delvaux, B. (2006). Effects, distribution and uptake of silicon in banana (*Musa spp.*) under controlled conditions. *Plant and soil*, 287, 359-374.
- Huamán, L. M. & Matos, M. J. (2020). *Evaluación de las características físicoquímicas del aguaymanto (Physalis Peruviana L.) de los sectores Kuyunayacu, Densilde y Yoyoca del distrito de Kañaris, confines de su categorización para exportación.* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].
- Koopal, L.K., Saito, J.P, Pinheiro,W.H. & Rimsdijk. (2005). *Ion binding to natural organic matter. General considerations and the NICA – Doman model.* Colloids and Surfaces: Physicochemical and Engineering Aspects 265: 40 – 54.
- Lang, D. Y., Fei, P. X., Cao, G. Y., Jia, X. X., Li, Y. T., & Zhang, X. H. (2019). Silicon promotes seedling growth and alters endogenous IAA, GA3 and ABA concentrations in *Glycyrrhiza uralensis* under 100 mM NaCl stress. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 94(1), 87-93.
- Lazo, J. V., Ascencio, J., Ugarte, J., & Yzaguirre, L. (2014). Efecto del humusbol (humato doble de potasio y fósforo) en el crecimiento del maíz en fase vegetativa. *Bioagro*, 26(3), 143-152.
- Lee, S. K., Sohn, E. Y., Hamayun, M., Yoon, J. Y., & Lee, I. J. (2010). Effect of silicon on growth and salinity stress of soybean plant grown under hydroponic system. *Agroforestry systems*, 80, 333-340.
- Liao, H. S., Chung, Y. H., & Hsieh, M. H. (2022). Glutamate: A multifunctional amino acid in plants. *Plant Science*, 318, 111238.
- Lizarazo, L. M. (2001). *Incidencia de sustancias húmicas comerciales sobre microorganismos del suelo* [Tesis Doctoral, Universidad de Alicante]

- Lovley, D. R., Fraga, J. L., Blunt Harris, E. L., Hayes, L. A., Philips, E. J. & Coates, J. D. (1998). Humic substances as a mediator for microbially catalysed metal reduction. *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 26: 152 – 157.
- Ma, G. F. & Yamaji, N. (2006). Silicon uptake and accumulation in higher plants. *Trends in Plant Sci.* 11(8), 392 – 397. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2006.06.007>
- Ma, J. F., Miyake, Y., & Takahashi, E. (2001). Silicon as a beneficial element for crop plants. *Studies in plant Science*, 8, 17-39. [https://doi.org/10.1016/S0928-3420\(01\)80006-9](https://doi.org/10.1016/S0928-3420(01)80006-9)
- Maillard, A., Ali, N., Schwarzenberg, A., Jamois, F., Yvin, J. C., & Hosseini, S. A. (2018). Silicon transcriptionally regulates sulfur and ABA metabolism and delays leaf senescence in barley under combined sulfur deficiency and osmotic stress. *Environmental and experimental botany*, 155, 394-410.
- Malavolta, E. (2006). *Manual de nutrição mineral de plantas* [en línea]. edit. Editora Agronômica Ltda, Sao Paulo, Brasil, 2006, 638 p., ISBN 85-318-0047-1.
- Martínez, D. (2006). *Evaluación del efecto del Liplant en indicadores bioquímicos-fisiológicos en el cultivo del maíz (Zea mays L.)*. [Tesis de Maestría en ciencias de la química, Universidad Agraria de la Habana].
- Martínez, A. (1988). *Diseños experimentales: métodos y elementos de teoría*. Editorial Trillas, México.
- Martínez, L. L., Martínez, S. A., & Serrato, R. (2013). Efectos de la tierra de diatomeas en las propiedades químicas del suelo en el cultivo de maíz (*Zea mays*, L.). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 4(2).
- Matichenkov, V. V., & Bocharnikova, E. A. (2001). The relationship between silicon and soil physical and chemical properties. In L. E. Datnoff, G. H. Snyder, & G. H. Korndorfer (Eds.), *Silicon in agriculture*. Vol. 8, 209–219.
- Mato, M. C., Olmedon, M. C. & Mendez, J. (1972). Inhibition of índole acetic acid oxidase by soil humic acids fractionated I Sephadex. *Soil Biology and Biochemistry* 4: 469 – 473.
- Mengel, K. & Kirkby, E. A. (2011). *Principios y nutrición vegetal*: 4° Edición.
- Ministerio de agricultura y riego (MINAGRI) (2018). *MINAGRI impulsa producción de aguaymanto en Ayacucho para conquistar mercados externos, Ayacucho, Perú*.
- Mora, R., Pena, A., López, E., Ayala, J. & Ponce, D. (2006). Agrofenología de *Physalis peruviana* L. en invernadero y fertirriego. *Revista Chapingo, Serie Horticultura*. 12 (1), 57-63.

- Muñoz, M., Cabello, C. I., Canafoglia, M. E., González, M. J., Botto, I. L., & González, M. (2019). *Caracterización fisicoquímica y valorización de tierra de diatomea de Antofagasta de la Sierra, Catamarca, Argentina*. V Reunión Argentina de Geoquímica de la Superficie (RAGSU) (La Plata, 12 al 14 de junio de 2019).
- Muscolo, A., Sidari, M., Pizzeghello, D., & Nardi, S. (2009). Effects of humic substances isolated from earthworm faeces. *Dynamic Soil, Dynamic Plant*, 2, 45-52.
- Nardi, S., Carletti, P., Pizzeghello, D., & Muscolo, A. (2009). Biological activities of humic substances. *Biophysico-chemical processes involving natural nonliving organic matter in environmental systems*, 2(1), 305-339.
- Normas Técnicas Peruanas - NTP 203.121:2007. (Revisada, 2014). Frutas andinas tipo berries (bayas). Aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) fresco. Especificaciones. 1° Edición.
- Novoa, R. & Villagrán, N. (2002). Evaluación de un instrumento medidor de clorofila en la determinación de niveles de nitrógeno foliar en maíz. *Agricultura Técnica*, 62(1), 166–171. <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072002000100017>
- Obregón, A. J., Augusto, C. C., Contreras, E., Arias, G. C., & Bracamonte, M. (2021). Características fisicoquímicas, nutricionales y morfológicas de frutas nativas. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 23(1), 17–25.
- Palacios C., J. B. & Vera L., M. M. (2022). *Aplicación de tres distancias de siembra del cultivo de jengibre (Zingiber officinales) con aplicaciones foliar y edáfica de tierra de diatomeas* [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi extensión la mana].
- Patel, J.K., Patel, N.M. & Shiyani, R. L. (2001). Coefficient of variation in field experiments and yardstick thereof-an empirical study. *Current Science* 81(9):1163-1164. <https://www.currentscience.ac.in/Volumes/81/09/1163.pdf>
- Payeras, A. (2013). Ácidos húmicos y ácidos fúlvicos. *Revista Bonsai Menorca*.
- Pei, Z. F., Ming, D. F., Liu, D., Wan, G. L., Geng, X. X., Gong, H. J., & Zhou, W. J. (2010). Silicon improves the tolerance to water-deficit stress induced by polyethylene glycol in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *Journal of plant growth regulation*, 29, 106-115.
- Peña, V. R. (2018). *Aplicación foliar de diatomita en el control de la polilla de la col (Plutella xylostella) y pulgón (Brevicoryne brassicae) en el cultivo de brócoli*

- (*Brassica oleracea* L. var. *Itálica*) cv. “Rumba.” [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Agustín].
- Pérez E. (1996). *Plantas útiles de Colombia Cauca*, Cargraphics: 5° edición.
- Pérez, L. & Lamadrid, L. J. (2002). Efecto del lixiviado de humus de lombriz sobre indicadores morfológicos en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.). *Centro Agrícola*, 41(4):33-37. Editorial Feijoo.
- Pettit, R.E. (2012). *Organic matter, humus, humate, humic acid, fulvic acid and humin: their importance in soil fertility and plant health*. College Station, Texas, Unites States: Texas A & M University.
- Piccolo, A. (1996). Humus y conservación del suelo: *Sustancias húmicas en los ecosistemas terrestres*. Ámsterdam, Países bajos, 225 – 265.
- Pizzeghello, D., Nicolini, G., & Nardi, S. (2001). Hormone-like activity of humic substances in *Fagus sylvatica* forests. *New Phytologist*, 151(3), 647-657.
- Preciado, P., Hernández, M., García, J. L., Puente, E., Esparza, J. R., Lara, A.,... & Orozco, J. (2011). Evaluation of organic nutrient solutions for greenhouse tomato production. *Interciencia*, 36(9), 689-693. <http://www.interciencia.org/>
- Promix. (2022, September 15). *Rol del silicio en el cultivo de plantas*. <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-silicio-en-el-cultivo-de-plantas/>
- Proyecto de Desarrollo Rural Sostenible, & Cooperación Alemana al Desarrollo. (2011). *El aguaymanto, cultivo promisorio de la región de Cajamarca: Diagnostico de la cadena de valor*.
- Quero, E. (2015). *Silicio en la protección de plantas*. Agromix. Agricultura. México.
- Ramadan, M. F. (2011). *Bioactive phytochemicals, nutritional value, and functional properties of cape gooseberry (Physalis peruviana)*: 44, 1830–1836.
- Ramírez, J. F. (2012). *Evaluación geológica de diatomitas en la cuenca Ayacucho y sus implicancias económicas*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería].
- Reyes, J. J., Murillo, B., Nieto, A., Troyo, E., Rueda, E. O., Hernández, L. G., & López, R. J. (2016). Uso de humatos de vermicompost para disminuir el efecto de la salinidad en el crecimiento y desarrollo de albahaca (*Ocimum basilicum* L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(6), 1375-1387.

- Reynoso, A. F., Cosme, R. C., Adamas, E., Juscamaita, J., & Quispe, M. R. (2022). Manual Técnico - Producción de biofertilizante líquido acelerado. <https://hdl.handle.net/20.500.12955/1673>
- Rodríguez, M. N., Alcántar, G., Aguilar, A., Etchevers, J. D., & Santizó, J. A. (1998). Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra Latinoamericana*, 16(2), 135-141.
- Rodrigues, F., WM, Datnoff, LE, Jones, JB y Rollins, JA (2005). Silicon influences cytological and molecular events in compatible and incompatible rice (Magnaporthe grisea) interactions. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 66: 144-159.
- Romo, J. R. (2018). *Evaluación del rendimiento del cultivo de uvilla (Physalis peruviana L.) bajo dos sistemas de producción, sometido a la aplicación de abonos orgánicos y NPK, en el Sector Miraflores, Provincia del Carchi*. [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo, sede el Ángel – Carchi].
- Sahebi, M., Hanafi, M. M., Siti Nor Akmar, A., Rafii, M. Y., Azizi, P., Tengoua, F. F., ..., & Shabanimofrad, M. (2015). Importance of silicon and mechanisms of biosilica formation in plants. *BioMed research international*, 2015.
- Sánchez, E., Ruiz, J. M., Romero, L., Preciado, R. P., Flores, C. M., & Marquez, Q. C. (2018). ¿Son los ecosistemas buenos indicadores de la relación de nitrógeno, fosforo, y potasio en frijol ejotero?. *Ecosistema y recursos agropecuarios*, 5 (15): 387 – 398.
- Sánchez, M. (2011). *Cultivo de brócoli (Brassica oleracea L, variedad Italica) con suplementación de cuatro abonos foliares, en Canaan a 2750 m.s.n.m. – Ayacucho* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga].
- Saqib, M., Zörb, C., & Schubert, S. (2008). Silicon-mediated improvement in the salt resistance of wheat (Triticum aestivum) results from increased sodium exclusion and resistance to oxidative stress. *Functional Plant Biology*, 35(7), 633-639. <https://doi.org/10.1071/FP08100>
- Savvas, D., & Ntatsi, G. (2015). Biostimulant activity of silicon in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196:66-81. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.010>
- Schiavon, M., Pizzeghello, D., Muscolo, A., Vaccaro, S., Francioso, O., & Nardi, S. (2010). High molecular size humic substances enhance phenylpropanoid metabolism in maize (Zea mays L.). *Journal of chemical ecology*, 36, 662-669.
- Sierra y Selva Exportadora. (2020). *Análisis de mercado aguaymanto 2015 - 2020*.

- Silos, R. (12 de junio de 2020). *Uso de silicio biogénico en la agricultura* [Archivo de video]. <https://www.youtube.com/watch?v=koA5vzI8VZo>
- Steelink, C. (1986). *Implication of elemental characteristics of humic substances*. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19861902284>
- Stevenson, F. J. (1994). *Humus chemistry: genesis, composition, reactions*. John Wiley & Sons.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Fisiología vegetal* (Castello de la palma, Vol. 1). Universitat Jaume I.
- Tamayo, R. (8 de agosto de 2002). *El cultivo de uchuva (Physalis peruviana L.), en el municipio de Sansón Antioquia*. Seminario Nacional de Frutales de Clima Frio Moderado, Antioquia, Colombia.
- Tapia, M. E., Fries, A. M., Mazar, I., & Rosell, C. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*. Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú.
- Tineo B., A. L. (28 – 30 de noviembre de 2023). *Producción de lombricompost (Humus de lombriz) y manejo de la Lombriz Roja Californiana* [discurso principal]. Manejo de residuos orgánicos para la producción de bioinsumos sólidos y líquidos, EE Canaán, Ayacucho, Perú.
- Trevisan, S., Botton, A., Vaccaro, S., Vezzaro, A., Quaggiotti, S., & Nardi, S. (2011). Humic substances affect Arabidopsis physiology by altering the expression of genes involved in primary metabolism, growth and development. *Environmental and Experimental Botany*, 74, 45-55. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2011.04.017>
- Tv Agro (28 de noviembre 2017). Uchuva de Exportación Sonsón Antioquia - TvAgro por Juan Gonzalo Ángel. [Archivo de video].
- Valdiviezo, D., Rondoy, A. B., Lima, E., & Diane, M. (2017). *Dirección de Recursos Minerales y Energéticos Equipo de Investigación*.
- Velasco, J., Aguirre, G., & Ortuño, N. (2016). Humus líquido y microorganismos para favorecer la producción de lechuga (*Lactuca sativa* var. Crespa) en cultivo de hidroponía. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 4(2), 71-83.
- Velásquez, E. J., & Velásquez, K. I. (2017). *Evaluación de las características fisicoquímicas el aguaymanto (Physalis peruviana L.) de la zona andina y selva en diferentes estados de madurez*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Centro].

- Veobides, H., Guridi, F., Cartaya, O., Vázquez, V., Alarcón, O. A., & Martínez, D. (2022). Efecto de un extracto de vermicompost en *Lactuca sativa* L. cultivada con bajos suministros hídricos. *Cultivos Tropicales*, 43(2), e09-e09.
- Wang, S. Y., & Galletta, G. J. (1998). Foliar application of potassium silicate induces metabolic changes in strawberry plants. *Journal of Plant Nutrition*, 21(1), 157-167.
- Wang, S. Y., Wang, F., & Gao, G. (2015). Foliar application with nano-silicon alleviates Cd toxicity in rice seedlings. *Environ Sci Pollut Res In*. 22(4), 2837 – 2845. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3525-0>
- Yilmaz, Y., & Korkmaz, A. (2023). Effects of different types of irrigation water quality and silicon doses on fruit yield, chlorophyll and carotenoid contents of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) under soilless culture technique. *Journal of Agricultural Sciences*, 29(3).
- Zapata, J. L., Saldarriaga, A., Londoño, M., & Díaz, C. (2005). Las enfermedades limitantes en cultivo y poscosecha de la uchuva y su control. *Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (Physalis peruviana L.) en Colombia. Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá*, 97-110.
- Zhu, Y. X., Xu, X. B, Hu, Y. H., Han, W. H., Yin, J. L., Li, H. L., & Gong, H. J. (2015). Silicon improves salt tolerance by increasing root water uptake in *Cucumis sativus* L. *Plant Cell Reports*, 34, 1629-1646.
- Nalvarte, I. (2016). *Control de inventarios y rentabilidad de la empresa industrias Kael S.A.C. del distrito de San Luis*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo, Lima]. http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/3728/Nalvarte_CIL.pdf?sequence=1
- Quinde, C. A., & Ramos, T. K. (2018). *Valuación y control del inventario y su efecto en la rentabilidad*. [Tesis de pregrado, Guayaquil] <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/2285/1/T-ULVR-2082.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Costos de producción del cultivo de aguaymanto

Área de producción : 1ha

Densidad : 3333 plantas/ha

Anexo 1.1. Materiales y equipos para todos los tratamientos

2.1. Materiales y equipos	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario S/.	Sub total S/.
Bolsas para repique	millar	3.5	20.00	70.00
Mochila fumigadora 15 litros	unidad	1	380.00	380.00
Minolta 502 - medidor de clorofila	servicio	6	20.00	120.00
Pico	unidad	5	28.00	140.00
Azadón	unidad	5	25.00	125.00
Azuela	unidad	2	35.00	70.00
Martillo	unidad	2	25.00	50.00
Alicate	unidad	2	30.00	60.00
Cordel	metros	50	0.20	10.00
Alambre #16	Kg	200	5.00	1,000.00
Rollizos de 2.5 m	unidad	350	5.00	1,750.00
Hilo pabilo	Cono	45	15.00	675.00
Tijeras de podar	unidad	4	35.00	140.00
Wincha 50 m	unidad	1	55.00	55.00
TOTAL				4645.00

Anexo 1.2. Costo de producción del cultivo de aguaymanto con el tratamiento 1

ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	SUB TOTAL (S/.)
I. COSTOS DIRECTOS (CD)				15,290.00
1.1. Mano de obra				11,530.00
1.1.1. Habilitación de vivero				75.00
Limpieza, trazo y nivelación del terreno	Jornal	0.5	50.00	25.00
Instalación y protección del vivero	Jornal	1	50.00	50.00
1.1.2. Producción de plantines				725.00
Preparación de sustrato para cama de almacigo	Jornal	1	50.00	50.00
Desinfección y almacigado de semillas	Jornal	0.5	50.00	25.00
Preparación de sustrato para embolsado	jornal	1	50.00	50.00
Embolsado de sustrato	Jornal	6	50.00	300.00
Repique de plántulas de aguaymanto	Jornal	4	50.00	200.00
Riego de plántulas	Jornal	2	50.00	100.00
1.1.3. Preparación del terreno				880.00
Arado	HM	2	80.00	160.00
Pasada de rastra	HM	2	80.00	160.00
Surcado	HM	2	80.00	160.00
Apertura de hoyos 30x30x30 cm	Jornal	8	50.00	400.00
1.1.4. Obtención de insumos para el experimento				-
Tamizado de diatomita (biosílice)	Jornal	-	-	-
Extracción de ácidos húmicos y fúlvicos (humato)	Jornal	-	-	-
1.1.5. Labores culturales				9,850.00
Abonamiento de fondo	Jornal	4	50.00	200.00
Plantación, tapado y apisonado	Jornal	15	50.00	750.00
Control de riego	Jornal	8	50.00	400.00
Control fitosanitario	Jornal	2	50.00	100.00
Aporque y segundo abonamiento	Jornal	10	50.00	500.00
Control de malezas	Jornal	18	50.00	900.00
Tutorado	Jornal	24	50.00	1,200.00
Poda de formación	Jornal	6	50.00	300.00
Poda de mantenimiento	Jornal	10	50.00	500.00
Cosechas	Jornal	100	50.00	5,000.00
1.1.6. Aplicación de tratamientos				-
Primera aplicación (20 DDT)	Jornal	-	-	-
Segundo aplicación (35 DDT)	Jornal	-	-	-
Tercero aplicación (65 DDT)	Jornal	-	-	-
Cuarto aplicación (95 DDT)	Jornal	-	-	-
1.2. Insumos				3,760.00
1.2.1. Sustrato				600.00
Tierra negra	kg	500	0.30	150.00
Arena fina	kg	500	0.30	150.00
Humus de lombriz	kg	300	1.00	300.00
1.2.2. Fertilizantes				2,410.00
Fosfato di amónico	kg	140	4.50	630.00
Nitrato de amonio	kg	230	4.00	920.00
Sulfato de potasio	kg	200	4.30	860.00
1.2.3. Abonos orgánicos				750.00
Guano de isla	kg	500	1.50	750.00
Diatomita (Biosílice)	kg	-	-	-
Humus de lombriz para humato	kg	-	-	-
II. COSTOS INDIRECTOS				6,354.00
2.1. Materiales y equipos				4,645.00
2.2. Servicios				180.00
Análisis de caracterización del suelo	servicio	1	80.00	80.00
Análisis químico del "humato"	servicio	-	-	-
Análisis químico del tratamiento (solución)	servicio	-	-	-
Flete por traslado de materiales	servicio	1	100.00	100.00
2.3. Gastos administrativos 5% CD			5%	764.50
2.4. Improvistos 5% CD			5%	764.50
III. COSTO TOTAL				21,644.00

Anexo 1.3. Costo de producción del cultivo de aguaymanto con el tratamiento 2

ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	SUB TOTAL (S/.)
I. COSTOS DIRECTOS (CD)				15,970.00
1.1. Mano de obra				12,180.00
1.1.1. Habilitación de vivero				75.00
Limpieza, trazo y nivelación del terreno	Jornal	0.5	50.00	25.00
Instalación y protección del vivero	Jornal	1	50.00	50.00
1.1.2. Producción de plantines				725.00
Preparación de sustrato para cama de almacigo	Jornal	1	50.00	50.00
Desinfección y almacigado de semillas	Jornal	0.5	50.00	25.00
Preparación de sustrato para embolsado	jornal	1	50.00	50.00
Embolsado de sustrato	Jornal	6	50.00	300.00
Repique de plántulas de aguaymanto	Jornal	4	50.00	200.00
Riego de plántulas	Jornal	2	50.00	100.00
1.1.3. Preparación del terreno				880.00
Arado	HM	2	80.00	160.00
Pasada de rastra	HM	2	80.00	160.00
Surcado	HM	2	80.00	160.00
Apertura de hoyos 30x30x30 cm	Jornal	8	50.00	400.00
1.1.4. Obtención de insumos para el experimento				400.00
Tamizado de diatomita (biosílíce)	Jornal	8	50.00	400.00
Extracción de ácidos húmicos y fúlvicos (humato)	Jornal	-	-	-
1.1.5. Labores culturales				9,850.00
Abonamiento de fondo	Jornal	4	50.00	200.00
Plantación, tapado y apisonado	Jornal	15	50.00	750.00
Control de riego	Jornal	8	50.00	400.00
Control fitosanitario	Jornal	2	50.00	100.00
Aporque y segundo abonamiento	Jornal	10	50.00	500.00
Control de malezas	Jornal	18	50.00	900.00
Tutorado	Jornal	24	50.00	1,200.00
Poda de formación	Jornal	6	50.00	300.00
Poda de mantenimiento	Jornal	10	50.00	500.00
Cosechas	Jornal	100	50.00	5,000.00
1.1.6. Aplicación de tratamientos				250.00
Primera aplicación (20 DDT)	Jornal	0.5	50.00	25.00
Segundo aplicación (35 DDT)	Jornal	1	50.00	50.00
Tercero aplicación (65 DDT)	Jornal	1.5	50.00	75.00
Cuarto aplicación (95 DDT)	Jornal	2	50.00	100.00
1.2. Insumos				3,790.00
1.2.1. Sustrato				600.00
Tierra negra	kg	500	0.30	150.00
Arena fina	kg	500	0.30	150.00
Humus de lombriz	kg	300	1.00	300.00
1.2.2. Fertilizantes				2,410.00
Fosfato di amónico	kg	140	4.50	630.00
Nitrato de amonio	kg	230	4.00	920.00
Sulfato de potasio	kg	200	4.30	860.00
1.2.3. Abonos orgánicos				780.00
Guano de isla	kg	500	1.50	750.00
Diatomita (Biosílíce)	kg	15	2.00	30.00
Humus de lombriz para humato	kg	-	-	-
II. COSTOS INDIRECTOS				6,437.00
2.1. Materiales y equipos				4,645.00
2.2. Servicios				195.00
Análisis de caracterización del suelo	servicio	1	80.00	80.00
Análisis químico del "humato"	servicio	-	-	-
Análisis químico del tratamiento (solución)	servicio	1	15.00	15.00
Flete por traslado de materiales	servicio	1	100.00	100.00
2.3. Gastos administrativos 5% CD			5%	798.50
2.4. Improvistos 5% CD			5%	798.50
III. COSTO TOTAL				22,407.00

Anexo 1.4. Costo de producción del cultivo de aguaymanto con el tratamiento 3

ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	SUB TOTAL (S/.)
I. COSTOS DIRECTOS (CD)				16,080.00
1.1. Mano de obra				12,280.00
1.1.1. Habilitación de vivero				75.00
Limpieza, trazo y nivelación del terreno	Jornal	0.5	50.00	25.00
Instalación y protección del vivero	Jornal	1	50.00	50.00
1.1.2. Producción de plantines				725.00
Preparación de sustrato para cama de almacigo	Jornal	1	50.00	50.00
Desinfección y almacigado de semillas	Jornal	0.5	50.00	25.00
Preparación de sustrato para embolsado	jornal	1	50.00	50.00
Embolsado de sustrato	Jornal	6	50.00	300.00
Repique de plántulas de aguaymanto	Jornal	4	50.00	200.00
Riego de plántulas	Jornal	2	50.00	100.00
1.1.3. Preparación del terreno				880.00
Arado	HM	2	80.00	160.00
Pasada de rastra	HM	2	80.00	160.00
Surcado	HM	2	80.00	160.00
Apertura de hoyos 30x30x30 cm	Jornal	8	50.00	400.00
1.1.4. Obtención de insumos para el experimento				500.00
Tamizado de diatomita (biosílíce)	Jornal	10	50.00	500.00
Extracción de ácidos húmicos y fúlvicos (humato)	Jornal	-	-	-
1.1.5. Labores culturales				9,850.00
Abonamiento de fondo	Jornal	4	50.00	200.00
Plantación, tapado y apisonado	Jornal	15	50.00	750.00
Control de riego	Jornal	8	50.00	400.00
Control fitosanitario	Jornal	2	50.00	100.00
Aporque y segundo abonamiento	Jornal	10	50.00	500.00
Control de malezas	Jornal	18	50.00	900.00
Tutorado	Jornal	24	50.00	1,200.00
Poda de formación	Jornal	6	50.00	300.00
Poda de mantenimiento	Jornal	10	50.00	500.00
Cosechas	Jornal	100	50.00	5,000.00
1.1.6. Aplicación de tratamientos				250.00
Primera aplicación (20 DDT)	Jornal	0.5	50.00	25.00
Segundo aplicación (35 DDT)	Jornal	1	50.00	50.00
Tercero aplicación (65 DDT)	Jornal	1.5	50.00	75.00
Cuarto aplicación (95 DDT)	Jornal	2	50.00	100.00
1.2. Insumos				3,800.00
1.2.1. Sustrato				600.00
Tierra negra	kg	500	0.30	150.00
Arena fina	kg	500	0.30	150.00
Humus de lombriz	kg	300	1.00	300.00
1.2.2. Fertilizantes				2,410.00
Fosfato di amónico	kg	140	4.50	630.00
Nitrato de amonio	kg	230	4.00	920.00
Sulfato de potasio	kg	200	4.30	860.00
1.2.3. Abonos orgánicos				790.00
Guano de isla	kg	500	1.50	750.00
Diatomita (Biosílíce)	kg	20	2.00	40.00
Humus de lombriz para humato	kg	-	-	-
II. COSTOS INDIRECTOS				6,448.00
2.1. Materiales y equipos				4,645.00
2.2. Servicios				195.00
Análisis de caracterización del suelo	servicio	1	80.00	80.00
Análisis químico del "humato"	servicio	-	-	-
Análisis químico del tratamiento (solución)	servicio	1	15.00	15.00
Flete por traslado de materiales	servicio	1	100.00	100.00
2.3. Gastos administrativos 5% CD			5%	804.00
2.4. Improvistos 5% CD			5%	804.00
III. COSTO TOTAL				22,528.00

Anexo 1.5. Costo de producción del cultivo de aguaymanto con el tratamiento 4

ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	SUB TOTAL (S/.)
I. COSTOS DIRECTOS (CD)				15,601.25
1.1. Mano de obra				11,830.00
1.1.1. Habilitación de vivero				75.00
Limpieza, trazo y nivelación del terreno	Jornal	0.5	50.00	25.00
Instalación y protección del vivero	Jornal	1	50.00	50.00
1.1.2. Producción de plantines				725.00
Preparación de sustrato para cama de almacigo	Jornal	1	50.00	50.00
Desinfección y almacigado de semillas	Jornal	0.5	50.00	25.00
Preparación de sustrato para embolsado	jornal	1	50.00	50.00
Embolsado de sustrato	Jornal	6	50.00	300.00
Repique de plántulas de aguaymanto	Jornal	4	50.00	200.00
Riego de plántulas	Jornal	2	50.00	100.00
1.1.3. Preparación del terreno				880.00
Arado	HM	2	80.00	160.00
Pasada de rastra	HM	2	80.00	160.00
Surcado	HM	2	80.00	160.00
Apertura de hoyos 30x30x30 cm	Jornal	8	50.00	400.00
1.1.4. Obtención de insumos para el experimento				50.00
Tamizado de diatomita (biosílíce)	Jornal	-	-	-
Extracción de ácidos húmicos y fúlvicos (humato)	Jornal	1	50.00	50.00
1.1.5. Labores culturales				9,850.00
Abonamiento de fondo	Jornal	4	50.00	200.00
Plantación, tapado y apisonado	Jornal	15	50.00	750.00
Control de riego	Jornal	8	50.00	400.00
Control fitosanitario	Jornal	2	50.00	100.00
Aporque y segundo abonamiento	Jornal	10	50.00	500.00
Control de malezas	Jornal	18	50.00	900.00
Tutorado	Jornal	24	50.00	1,200.00
Poda de formación	Jornal	6	50.00	300.00
Poda de mantenimiento	Jornal	10	50.00	500.00
Cosechas	Jornal	100	50.00	5,000.00
1.1.6. Aplicación de tratamientos				250.00
Primera aplicación (20 DDT)	Jornal	0.5	50.00	25.00
Segundo aplicación (35 DDT)	Jornal	1	50.00	50.00
Tercero aplicación (65 DDT)	Jornal	1.5	50.00	75.00
Cuarto aplicación (95 DDT)	Jornal	2	50.00	100.00
1.2. Insumos				3,771.25
1.2.1. Sustrato				600.00
Tierra negra	kg	500	0.30	150.00
Arena fina	kg	500	0.30	150.00
Humus de lombriz	kg	300	1.00	300.00
1.2.2. Fertilizantes				2,410.00
Fosfato di amónico	kg	140	4.50	630.00
Nitrato de amonio	kg	230	4.00	920.00
Sulfato de potasio	kg	200	4.30	860.00
1.2.3. Abonos orgánicos				761.25
Guano de isla	kg	500	1.50	750.00
Diatomita (Biosílíce)	kg	-	-	-
Humus de lombriz para humato	kg	3.75	3.00	11.25
II. COSTOS INDIRECTOS				6,600.13
2.1. Materiales y equipos				4,645.00
2.2. Servicios				395.00
Análisis de caracterización del suelo	servicio	1	80.00	80.00
Análisis químico del "humato"	servicio	1	200.00	200.00
Análisis químico del tratamiento (solución)	servicio	1	15.00	15.00
Flete por traslado de materiales	servicio	1	100.00	100.00
2.3. Gastos administrativos 5% CD			5%	780.06
2.4. Improvistos 5% CD			5%	780.06
III. COSTO TOTAL				22,201.38

Anexo 1.6. Costo de producción del cultivo de aguaymanto con el tratamiento 5

ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	SUB TOTAL (S/.)
I. COSTOS DIRECTOS (CD)				16,031.25
1.1. Mano de obra				12,230.00
1.1.1. Habilitación de vivero				75.00
Limpieza, trazo y nivelación del terreno	Jornal	0.5	50.00	25.00
Instalación y protección del vivero	Jornal	1	50.00	50.00
1.1.2. Producción de plantines				725.00
Preparación de sustrato para cama de almacigo	Jornal	1	50.00	50.00
Desinfección y almacigado de semillas	Jornal	0.5	50.00	25.00
Preparación de sustrato para embolsado	jornal	1	50.00	50.00
Embolsado de sustrato	Jornal	6	50.00	300.00
Repique de plántulas de aguaymanto	Jornal	4	50.00	200.00
Riego de plántulas	Jornal	2	50.00	100.00
1.1.3. Preparación del terreno				880.00
Arado	HM	2	80.00	160.00
Pasada de rastra	HM	2	80.00	160.00
Surcado	HM	2	80.00	160.00
Apertura de hoyos 30x30x30 cm	Jornal	8	50.00	400.00
1.1.4. Obtención de insumos para el experimento				450.00
Tamizado de diatomita (biosílice)	Jornal	8	50.00	400.00
Extracción de ácidos húmicos y fúlvicos (humato)	Jornal	1	50.00	50.00
1.1.5. Labores culturales				9,850.00
Abonamiento de fondo	Jornal	4	50.00	200.00
Plantación, tapado y apisonado	Jornal	15	50.00	750.00
Control de riego	Jornal	8	50.00	400.00
Control fitosanitario	Jornal	2	50.00	100.00
Aporque y segundo abonamiento	Jornal	10	50.00	500.00
Control de malezas	Jornal	18	50.00	900.00
Tutorado	Jornal	24	50.00	1,200.00
Poda de formación	Jornal	6	50.00	300.00
Poda de mantenimiento	Jornal	10	50.00	500.00
Cosechas	Jornal	100	50.00	5,000.00
1.1.6. Aplicación de tratamientos				250.00
Primera aplicación (20 DDT)	Jornal	0.5	50.00	25.00
Segundo aplicación (35 DDT)	Jornal	1	50.00	50.00
Tercero aplicación (65 DDT)	Jornal	1.5	50.00	75.00
Cuarto aplicación (95 DDT)	Jornal	2	50.00	100.00
1.2. Insumos				3,801.25
1.2.1. Sustrato				600.00
Tierra negra	kg	500	0.30	150.00
Arena fina	kg	500	0.30	150.00
Humus de lombriz	kg	300	1.00	300.00
1.2.2. Fertilizantes				2,410.00
Fosfato di amónico	kg	140	4.50	630.00
Nitrato de amonio	kg	230	4.00	920.00
Sulfato de potasio	kg	200	4.30	860.00
1.2.3. Abonos orgánicos				791.25
Guano de isla	kg	500	1.50	750.00
Diatomita (Biosílice)	kg	15	2.00	30.00
Humus de lombriz para humato	kg	3.75	3.00	11.25
II. COSTOS INDIRECTOS				6,643.13
2.1. Materiales y equipos				4,645.00
2.2. Servicios				395.00
Análisis de caracterización del suelo	servicio	1	80.00	80.00
Análisis químico del "humato"	servicio	1	200.00	200.00
Análisis químico del tratamiento (solución)	servicio	1	15.00	15.00
Flete por traslado de materiales	servicio	1	100.00	100.00
2.3. Gastos administrativos 5% CD			5%	801.56
2.4. Improvistos 5% CD			5%	801.56
III. COSTO TOTAL				22,674.38

Anexo 1.7. Costo de producción del cultivo de aguaymanto con el tratamiento 6

ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	SUB TOTAL (S/.)
I. COSTOS DIRECTOS (CD)				16,141.25
1.1. Mano de obra				12,330.00
1.1.1. Habilitación de vivero				75.00
Limpieza, trazo y nivelación del terreno	Jornal	0.5	50.00	25.00
Instalación y protección del vivero	Jornal	1	50.00	50.00
1.1.2. Producción de plantines				725.00
Preparación de sustrato para cama de almacigo	Jornal	1	50.00	50.00
Desinfección y almacigado de semillas	Jornal	0.5	50.00	25.00
Preparación de sustrato para embolsado	jornal	1	50.00	50.00
Embolsado de sustrato	Jornal	6	50.00	300.00
Repique de plántulas de aguaymanto	Jornal	4	50.00	200.00
Riego de plántulas	Jornal	2	50.00	100.00
1.1.3. Preparación del terreno				880.00
Arado	HM	2	80.00	160.00
Pasada de rastra	HM	2	80.00	160.00
Surcado	HM	2	80.00	160.00
Apertura de hoyos 30x30x30 cm	Jornal	8	50.00	400.00
1.1.4. Obtención de insumos para el experimento				550.00
Tamizado de diatomita (biosílice)	Jornal	10	50.00	500.00
Extracción de ácidos húmicos y fúlvicos (humato)	Jornal	1	50.00	50.00
1.1.5. Labores culturales				9,850.00
Abonamiento de fondo	Jornal	4	50.00	200.00
Plantación, tapado y apisonado	Jornal	15	50.00	750.00
Control de riego	Jornal	8	50.00	400.00
Control fitosanitario	Jornal	2	50.00	100.00
Aporque y segundo abonamiento	Jornal	10	50.00	500.00
Control de malezas	Jornal	18	50.00	900.00
Tutorado	Jornal	24	50.00	1,200.00
Poda de formación	Jornal	6	50.00	300.00
Poda de mantenimiento	Jornal	10	50.00	500.00
Cosechas	Jornal	100	50.00	5,000.00
1.1.6. Aplicación de tratamientos				250.00
Primera aplicación (20 DDT)	Jornal	0.5	50.00	25.00
Segundo aplicación (35 DDT)	Jornal	1	50.00	50.00
Tercero aplicación (65 DDT)	Jornal	1.5	50.00	75.00
Cuarto aplicación (95 DDT)	Jornal	2	50.00	100.00
1.2. Insumos				3,811.25
1.2.1. Sustrato				600.00
Tierra negra	kg	500	0.30	150.00
Arena fina	kg	500	0.30	150.00
Humus de lombriz	kg	300	1.00	300.00
1.2.2. Fertilizantes				2,410.00
Fosfato di amónico	kg	140	4.50	630.00
Nitrato de amonio	kg	230	4.00	920.00
Sulfato de potasio	kg	200	4.30	860.00
1.2.3. Abonos orgánicos				801.25
Guano de isla	kg	500	1.50	750.00
Diatomita (Biosílice)	kg	20	2.00	40.00
Humus de lombriz para humato	kg	3.75	3.00	11.25
II. COSTOS INDIRECTOS				6,654.13
2.1. Materiales y equipos				4,645.00
2.2. Servicios				395.00
Análisis de caracterización del suelo	servicio	1	80.00	80.00
Análisis químico del "humato"	servicio	1	200.00	200.00
Análisis químico del tratamiento (solución)	servicio	1	15.00	15.00
Flete por traslado de materiales	servicio	1	100.00	100.00
2.3. Gastos administrativos 5% CD			5%	807.06
2.4. Improvistos 5% CD			5%	807.06
III. COSTO TOTAL				22,795.38

Anexo 1.8. Costo de producción del cultivo de aguaymanto con el tratamiento 7

ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	SUB TOTAL (S/.)
I. COSTOS DIRECTOS (DC)				15,605.00
1.1. Mano de obra				11,830.00
1.1.1. Habilitación de vivero				75.00
Limpieza, trazo y nivelación del terreno	Jornal	0.5	50.00	25.00
Instalación y protección del vivero	Jornal	1	50.00	50.00
1.1.2. Producción de plantines				725.00
Preparación de sustrato para cama de almacigo	Jornal	1	50.00	50.00
Desinfección y almacigado de semillas	Jornal	0.5	50.00	25.00
Preparación de sustrato para embolsado	jornal	1	50.00	50.00
Embolsado de sustrato	Jornal	6	50.00	300.00
Repique de plántulas de aguaymanto	Jornal	4	50.00	200.00
Riego de plántulas	Jornal	2	50.00	100.00
1.1.3. Preparación del terreno				880.00
Arado	HM	2	80.00	160.00
Pasada de rastra	HM	2	80.00	160.00
Surcado	HM	2	80.00	160.00
Apertura de hoyos 30x30x30 cm	Jornal	8	50.00	400.00
1.1.4. Obtención de insumos para el experimento				50.00
Tamizado de diatomita (biosílice)	Jornal	-	-	-
Extracción de ácidos húmicos y fúlvicos (humato)	Jornal	1	50.00	50.00
1.1.5. Labores culturales				9,850.00
Abonamiento de fondo	Jornal	4	50.00	200.00
Plantación, tapado y apisonado	Jornal	15	50.00	750.00
Control de riego	Jornal	8	50.00	400.00
Control fitosanitario	Jornal	2	50.00	100.00
Aporque y segundo abonamiento	Jornal	10	50.00	500.00
Control de malezas	Jornal	18	50.00	900.00
Tutorado	Jornal	24	50.00	1,200.00
Poda de formación	Jornal	6	50.00	300.00
Poda de mantenimiento	Jornal	10	50.00	500.00
Cosechas	Jornal	100	50.00	5,000.00
1.1.6. Aplicación de tratamientos				250.00
Primera aplicación (20 DDT)	Jornal	0.5	50.00	25.00
Segundo aplicación (35 DDT)	Jornal	1	50.00	50.00
Tercero aplicación (65 DDT)	Jornal	1.5	50.00	75.00
Cuarto aplicación (95 DDT)	Jornal	2	50.00	100.00
1.2. Insumos				3,775.00
1.2.1. Sustrato				600.00
Tierra negra	kg	500	0.30	150.00
Arena fina	kg	500	0.30	150.00
Humus de lombriz	kg	300	1.00	300.00
1.2.2. Fertilizantes				2,410.00
Fosfato di amónico	kg	140	4.50	630.00
Nitrato de amonio	kg	230	4.00	920.00
Sulfato de potasio	kg	200	4.30	860.00
1.2.3. Abonos orgánicos				765.00
Guano de isla	kg	500	1.50	750.00
Diatomita (Biosílice)	kg	-	-	-
Humus de lombriz para humato	kg	5	3.00	15.00
II. COSTOS INDIRECTOS				6,600.50
2.1. Materiales y equipos				4,645.00
2.2. Servicios				395.00
Análisis de caracterización del suelo	servicio	1	80.00	80.00
Análisis químico del "humato"	servicio	1	200.00	200.00
Análisis químico del tratamiento (solución)	servicio	1	15.00	15.00
Flete por traslado de materiales	servicio	1	100.00	100.00
2.3. Gastos administrativos 5% CD			5%	780.25
2.4. Improvistos 5% CD			5%	780.25
III. COSTO TOTAL				22,205.50

Anexo 1.9. Costo de producción del cultivo de aguaymanto con el tratamiento 8

ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	SUB TOTAL (S/.)
I. COSTOS DIRECTOS (CD)				16,035.00
1.1. Mano de obra				12,230.00
1.1.1. Habilitación de vivero				75.00
Limpieza, trazo y nivelación del terreno	Jornal	0.5	50.00	25.00
Instalación y protección del vivero	Jornal	1	50.00	50.00
1.1.2. Producción de plantines				725.00
Preparación de sustrato para cama de almacigo	Jornal	1	50.00	50.00
Desinfección y almacigado de semillas	Jornal	0.5	50.00	25.00
Preparación de sustrato para embolsado	jornal	1	50.00	50.00
Embolsado de sustrato	Jornal	6	50.00	300.00
Repique de plántulas de aguaymanto	Jornal	4	50.00	200.00
Riego de plántulas	Jornal	2	50.00	100.00
1.1.3. Preparación del terreno				880.00
Arado	HM	2	80.00	160.00
Pasada de rastra	HM	2	80.00	160.00
Surcado	HM	2	80.00	160.00
Apertura de hoyos 30x30x30 cm	Jornal	8	50.00	400.00
1.1.4. Obtención de insumos para el experimento				450.00
Tamizado de diatomita (biosílice)	Jornal	8	50.00	400.00
Extracción de ácidos húmicos y fúlvicos (humato)	Jornal	1	50.00	50.00
1.1.5. Labores culturales				9,850.00
Abonamiento de fondo	Jornal	4	50.00	200.00
Plantación, tapado y apisonado	Jornal	15	50.00	750.00
Control de riego	Jornal	8	50.00	400.00
Control fitosanitario	Jornal	2	50.00	100.00
Aporque y segundo abonamiento	Jornal	10	50.00	500.00
Control de malezas	Jornal	18	50.00	900.00
Tutorado	Jornal	24	50.00	1,200.00
Poda de formación	Jornal	6	50.00	300.00
Poda de mantenimiento	Jornal	10	50.00	500.00
Cosechas	Jornal	100	50.00	5,000.00
1.1.6. Aplicación de tratamientos				250.00
Primera aplicación (20 DDT)	Jornal	0.5	50.00	25.00
Segundo aplicación (35 DDT)	Jornal	1	50.00	50.00
Tercero aplicación (65 DDT)	Jornal	1.5	50.00	75.00
Cuarto aplicación (95 DDT)	Jornal	2	50.00	100.00
1.2. Insumos				3,805.00
1.2.1. Sustrato				600.00
Tierra negra	kg	500	0.30	150.00
Arena fina	kg	500	0.30	150.00
Humus de lombriz	kg	300	1.00	300.00
1.2.2. Fertilizantes				2,410.00
Fosfato di amónico	kg	140	4.50	630.00
Nitrato de amonio	kg	230	4.00	920.00
Sulfato de potasio	kg	200	4.30	860.00
1.2.3. Abonos orgánicos				795.00
Guano de isla	kg	500	1.50	750.00
Diatomita (Biosílice)	kg	15	2.00	30.00
Humus de lombriz para humato	kg	5	3.00	15.00
II. COSTOS INDIRECTOS				6,643.50
2.1. Materiales y equipos				4,645.00
2.2. Servicios				395.00
Análisis de caracterización del suelo	servicio	1	80.00	80.00
Análisis químico del "humato"	servicio	1	200.00	200.00
Análisis químico del tratamiento (solución)	servicio	1	15.00	15.00
Flete por traslado de materiales	servicio	1	100.00	100.00
2.3. Gastos administrativos 5% CD			5%	801.75
2.4. Improvistos 5% CD			5%	801.75
III. COSTO TOTAL				22,678.50

Anexo 1.10. Costo de producción del cultivo de aguaymanto con el tratamiento 9

ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	SUB TOTAL (S/.)
I. COSTOS DIRECTOS (CD)				16,145.00
1.1. Mano de obra				12,330.00
1.1.1. Habilitación de vivero				75.00
Limpieza, trazo y nivelación del terreno	Jornal	0.5	50.00	25.00
Instalación y protección del vivero	Jornal	1	50.00	50.00
1.1.2. Producción de plantines				725.00
Preparación de sustrato para cama de almacigo	Jornal	1	50.00	50.00
Desinfección y almacigado de semillas	Jornal	0.5	50.00	25.00
Preparación de sustrato para embolsado	jornal	1	50.00	50.00
Embolsado de sustrato	Jornal	6	50.00	300.00
Repique de plántulas de aguaymanto	Jornal	4	50.00	200.00
Riego de plántulas	Jornal	2	50.00	100.00
1.1.3. Preparación del terreno				880.00
Arado	HM	2	80.00	160.00
Pasada de rastra	HM	2	80.00	160.00
Surcado	HM	2	80.00	160.00
Apertura de hoyos 30x30x30 cm	Jornal	8	50.00	400.00
1.1.4. Obtención de insumos para el experimento				550.00
Tamizado de diatomita (biosílice)	Jornal	10	50.00	500.00
Extracción de ácidos húmicos y fúlvicos (humato)	Jornal	1	50.00	50.00
1.1.5. Labores culturales				9,850.00
Abonamiento de fondo	Jornal	4	50.00	200.00
Plantación, tapado y apisonado	Jornal	15	50.00	750.00
Control de riego	Jornal	8	50.00	400.00
Control fitosanitario	Jornal	2	50.00	100.00
Aporque y segundo abonamiento	Jornal	10	50.00	500.00
Control de malezas	Jornal	18	50.00	900.00
Tutorado	Jornal	24	50.00	1,200.00
Poda de formación	Jornal	6	50.00	300.00
Poda de mantenimiento	Jornal	10	50.00	500.00
Cosechas	Jornal	100	50.00	5,000.00
1.1.6. Aplicación de tratamientos				250.00
Primera aplicación (20 DDT)	Jornal	0.5	50.00	25.00
Segundo aplicación (35 DDT)	Jornal	1	50.00	50.00
Tercero aplicación (65 DDT)	Jornal	1.5	50.00	75.00
Cuarto aplicación (95 DDT)	Jornal	2	50.00	100.00
1.2. Insumos				3,815.00
1.2.1. Sustrato				600.00
Tierra negra	kg	500	0.30	150.00
Arena fina	kg	500	0.30	150.00
Humus de lombriz	kg	300	1.00	300.00
1.2.2. Fertilizantes				2,410.00
Fosfato di amónico	kg	140	4.50	630.00
Nitrato de amonio	kg	230	4.00	920.00
Sulfato de potasio	kg	200	4.30	860.00
1.2.3. Abonos orgánicos				805.00
Guano de isla	kg	500	1.50	750.00
Diatomita (Biosílice)	kg	20	2.00	40.00
Humus de lombriz para humato	kg	5	3.00	15.00
II. COSTOS INDIRECTOS				6,654.50
2.1. Materiales y equipos				4,645.00
2.2. Servicios				395.00
Análisis de caracterización del suelo	servicio	1	80.00	80.00
Análisis químico del "humato"	servicio	1	200.00	200.00
Análisis químico del tratamiento (solución)	servicio	1	15.00	15.00
Flete por traslado de materiales	servicio	1	100.00	100.00
2.3. Gastos administrativos 5% CD			5%	807.25
2.4. Improvistos 5% CD			5%	807.25
III. COSTO TOTAL				22,799.50

Anexo 1.11. Costo de producción del cultivo de aguaymanto con el tratamiento 10

ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	SUB TOTAL (S/.)
I. COSTOS DIRECTOS (CD)				11,930.00
1.1. Mano de obra				11,330.00
1.1.1. Habilitación de vivero				75.00
Limpieza, trazo y nivelación del terreno	Jornal	0.5	50.00	25.00
Instalación y protección del vivero	Jornal	1	50.00	50.00
1.1.2. Producción de plantines				725.00
Preparación de sustrato para cama de almacigo	Jornal	1	50.00	50.00
Desinfección y almacigado de semillas	Jornal	0.5	50.00	25.00
Preparación de sustrato para embolsado	jornal	1	50.00	50.00
Embolsado de sustrato	Jornal	6	50.00	300.00
Repique de plántulas de aguaymanto	Jornal	4	50.00	200.00
Riego de plántulas	Jornal	2	50.00	100.00
1.1.3. Preparación del terreno				880.00
Arado	HM	2	80.00	160.00
Pasada de rastra	HM	2	80.00	160.00
Surcado	HM	2	80.00	160.00
Apertura de hoyos 30x30x30 cm	Jornal	8	50.00	400.00
1.1.4. Obtención de insumos para el experimento				-
Tamizado de diatomita (biosílice)	Jornal	-	-	-
Extracción de ácidos húmicos y fúlvicos (humato)	Jornal	-	-	-
1.1.5. Labores culturales				9,650.00
Abonamiento de fondo	Jornal	-	-	-
Plantación, tapado y apisonado	Jornal	15	50.00	750.00
Control de riego	Jornal	8	50.00	400.00
Control fitosanitario	Jornal	2	50.00	100.00
Aporque y segundo abonamiento	Jornal	10	50.00	500.00
Control de malezas	Jornal	18	50.00	900.00
Tutorado	Jornal	24	50.00	1,200.00
Poda de formación	Jornal	6	50.00	300.00
Poda de mantenimiento	Jornal	10	50.00	500.00
Cosechas	Jornal	100	50.00	5,000.00
1.1.6. Aplicación de tratamientos				-
Primera aplicación (20 DDT)	Jornal	-	-	-
Segundo aplicación (35 DDT)	Jornal	-	-	-
Tercero aplicación (65 DDT)	Jornal	-	-	-
Cuarto aplicación (95 DDT)	Jornal	-	-	-
1.2. Insumos				600.00
1.2.1. Sustrato				600.00
Tierra negra	kg	500	0.30	150.00
Arena fina	kg	500	0.30	150.00
Humus de lombriz	kg	300	1.00	300.00
1.2.2. Fertilizantes				-
Fosfato di amónico	kg	-	-	-
Nitrato de amonio	kg	-	-	-
Sulfato de potasio	kg	-	-	-
1.2.3. Abonos orgánicos				-
Guano de isla	kg	-	-	-
Diatomita (Biosílice)	kg	-	-	-
Humus de lombriz para humato	kg	-	-	-
II. COSTOS INDIRECTOS				5,958.00
2.1. Materiales y equipos				4,645.00
2.2. Servicios				180.00
Análisis de caracterización del suelo	servicio	1	80.00	80.00
Análisis químico del "humato"	servicio	-	-	-
Análisis químico del tratamiento (solución)	servicio	-	-	-
Flete por traslado de materiales	servicio	1	100.00	100.00
2.3. Gastos administrativos 5% CD			5%	566.50
2.4. Improvistos 5% CD			5%	566.50
III. COSTO TOTAL				17,888.00

Anexo 2. Precio ponderado de kg de fruto para cada tratamiento

Tratamiento	Calibre de frutos	Cantidad de frutos (%)	Precio (S/. kg)	Cantidad de frutos (%) x Precio (S/. kg)	Precio ponderado (S/.)
T1	A	50%	4.5	2.25	S/. 3.9
	B	40%	3.5	1.4	
	C	10%	2.5	0.25	
T2	A	43%	4.5	1.935	S/. 3.83
	B	47%	3.5	1.645	
	C	10%	2.5	0.25	
T3	A	39%	4.5	1.755	S/. 3.77
	B	49%	3.5	1.715	
	C	12%	2.5	0.3	
T4	A	52%	4.5	2.34	S/. 3.93
	B	39%	3.5	1.365	
	C	9%	2.5	0.225	
T5	A	55%	4.5	2.475	S/. 3.98
	B	38%	3.5	1.33	
	C	7%	2.5	0.175	
T6	A	53%	4.5	2.385	S/. 3.96
	B	40%	3.5	1.4	
	C	7%	2.5	0.175	
T7	A	36%	4.5	1.62	S/. 3.74
	B	52%	3.5	1.82	
	C	12%	2.5	0.3	
T8	A	47%	4.5	2.115	S/. 3.88
	B	44%	3.5	1.54	
	C	9%	2.5	0.225	
T9	A	51%	4.5	2.295	S/. 3.95
	B	43%	3.5	1.505	
	C	6%	2.5	0.15	
T10	A	25%	4.5	1.125	S/. 3.58
	B	58%	3.5	2.03	
	C	17%	2.5	0.425	

Anexo 3. Resultados del análisis de caracterización del suelo de la parcela experimental



MULTISERVICIOS AGROLAB

INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

ASESORÍA Y CAPACITACIÓN EN:

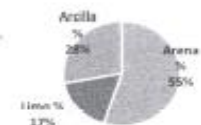
- EVALUACIÓN Y MUESTREO DE SUELOS.
- INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS AGRÍCOLA.
- USO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS.
- ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL.
- AGRICULTURA SUSTENTABLE.

Solicitante	Srta. Lizbeth Pillaca Quispe				Fecha	02/11/2019
Nombre de proyecto	Tres dosis de humato y biosilice foliar en el contenido de clorofila y rendimiento de aguaymanto (Physalis peruviana L.), Ayacucho – 2019.					
Departamento	Ayacucho	Provincia	Huamanga	Distrito	Andrés A. Cáceres D.	
Comunidad		Altitud (m.s.n.m.)	N/A	Coordenadas	N/A	
Código de muestra	12597	Referencia de Campo	0	Instalación: Pino		

Parámetro	Resultado	Unidad	Clasificación
1 pH (1:1)	6.92	Unidad pH	Neutro
2 Conductividad (1:1)	0.38	dS m. ⁻¹	No salino

Acido	Neutro	Básico
6.92		
No salino	0.38	F. Salino

Clase textural			
Arena	%	55	Clase Fr.Ar.A.
Limo	%	17	
Arcilla	%	28	



3 Carbonatos	0.00	%	Muy bajo
4 Materia orgánica	3.42	%	Alto
5 Fósforo disponible	34.6	ppm	Muy Alto
6 Potasio disponible	198	ppm	Muy Alto
7 Nitrogeno	0.17	ppm	Alto
8 C.I.C.	21.25	Cmol (+).kg-1	Medio

Muy bajo	Medio	Muy alto
0.00	3.42	34.6
	198	0.17
	21.25	

Parámetro	Resultado	Unidad	Clasificación
10 Ca ⁺⁺	15.18	Cmol (+).kg-1	Alto
11 Mg ⁺⁺	4.34	Cmol (+).kg-1	Alto
12 K ⁺	1.31	Cmol (+).kg-1	Alto
13 Na ⁺	0.43	Cmol (+).kg-1	Bajo
14 Al ³⁺ = H ⁺	0.00	Cmol (+).kg-1	Muy bajo
15 Saturación de bases	100	%	Alto

Bajo	Medio	Alto
15.18	4.34	1.31
0.43	0.00	100

Relaciones catiónicas		
Parámetro	Resultado	Valoración
Ca / K	11.61	Deficiencia de Calcio
Ca / Mg	3.50	Deficiencia de Calcio
Mg / K	3.32	Deficiencia de Potasio
(Ca + Mg + K)/Al	-	

02/11/2019



Ph.D. Marilén Córdova Gómez
Responsable de Laboratorio

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

Urb. Mariscal Cáceres Mz. "G-12" - Ayacucho / ☎ (066) 312049 - 📠 966938028 - 966631889 / 📞 982781298 ✉ agrolab01@yahoo.es - agrolab107@gmail.com

Anexo 4. Resultados del análisis químico del “humato”



MULTISERVICIOS AGROLAB

INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

ASESORÍA Y CAPACITACIÓN EN:

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

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ABONO

N° 1250079

Solicitante: Grta. Lizbeth Pilaca Quiapo

Proyecto: Tres dosis de humato y biosilice foliar en el contenido de clorofila y rendimiento de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), Ayacucho – 2019.

Muestra: Humato

Departamento: Ayacucho

Provincia: Huamanga

Distrito: Ayacucho

Fecha: 02-11-19

Nº Lab.	Muestra	pH	C.E. dSm	MO %	Ni (ppm)	P2O5 (ppm)	K2O (ppm)	SO4 (ppm)
AAF 724	Humato	8.30	9.71	0.05	98	0.0	1.8	159

Nº Lab.	Muestra	CaO (ppm)	MgO (ppm)	Na (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
AAF 724	Humato	1.40	0.0	3.0	17.50	0.0	1.00	2.00

02-11-2019
Ph.D. Marilevi Cerda Gómez
Responsable de Laboratorio

Anexo 5. Resultados del análisis químico de los tratamientos



MULTISERVICIOS AGROLAB

INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

ASESORÍA Y CAPACITACIÓN EN:

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

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ABONO

N° 1250080

Solicitante: Srta. Lizbeth Píllaca Quijpe

Proyecto: Tres dosis de humato y biosilíce foliar en el contenido de clorofila y rendimiento de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), Ayacucho – 2019.

Muestra: solución biosilíce-humato

Departamento: Ayacucho

Provincia: Huamanga

Distrito: Ayacucho

Fecha: 02-11-19

Nº Lab.	Muestra	Tratamiento	pH	C.E. (µS/cm)
AAF 716	1.5% Si- 0 ml Humato	T2	7.07	317
AAF 717	2.0 % Si- 0 ml Humato	T3	7.00	339
AAF 718	0.0 % Si- 15 ml Humato	T4	6.95	737
AAF 719	1.5 % Si- 15 ml Humato	T5	6.95	789
AAF 720	2.0 % Si- 15 ml Humato	T6	6.87	824
AAF 721	0.0 % Si- 20 ml Humato	T7	7.11	965
AAF 722	1.5 % Si- 20 ml Humato	T8	7.09	906
AAF 723	2.0 % Si- 20 ml Humato	T9	6.92	930

02-11-2019



Ph.D. Marilene Cerda Gómez

Responsable de Laboratorio

Urb. Mariscal Cáceres Mz. "G-12" - Ayacucho / ☎(066) 312049 - 📠9666938028 - 966631889

📞 982781298 ✉ agrolab01@yahoo.es • agrolab107@gmail.com

Anexo 6. Resultado de datos obtenidos de las variables evaluadas

Anexo 6.1. Resultados del contenido de clorofila en unidades SPAD

Tratamiento										
Bloque	A1			A2			A3			Test.
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	Abs.(T10)
I	51.49	50.27	54.31	53.07	54.49	54.32	51.68	56.06	54.93	46.650
II	50.38	52.63	53.58	53.49	55.10	55.37	51.90	53.39	55.06	47.793
III	52.90	52.26	50.39	52.67	54.02	53.03	53.53	55.34	53.98	52.370

Anexo 6.2. Resultados de numero de frutos por planta

Tratamiento										
Bloque	A1			A2			A3			Test. Abs. (T10)
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	
I	812.66	703.28	668.42	844.16	786.56	696.00	690.80	893.44	696.42	820.28
II	834.64	674.10	744.34	851.48	897.76	612.40	869.20	794.98	810.52	731.70
III	638.64	871.34	896.32	731.60	901.38	879.80	890.52	807.76	906.44	842.22

Anexo 6.3. Resultados del peso de frutos por planta (kg)

Tratamiento										
Bloque	A1			A2			A3			Test.
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	Abs.(T10)
I	4.681	4.638	4.341	4.728	4.905	4.511	4.411	4.735	4.542	3.916
II	4.592	4.521	4.432	4.927	6.038	4.314	5.262	4.684	4.968	3.614
III	3.629	4.701	4.821	4.377	5.548	5.433	5.462	4.803	5.248	4.104

Anexo 6.4. Resultados de diámetro ecuatorial (mm)

Tratamiento										
Bloque	A1			A2			A3			Test.
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	Abs.(T10)
I	21.84	22.17	22.20	21.41	22.71	22.41	20.78	21.97	22.82	21.42
II	21.89	21.77	20.97	22.78	21.78	22.33	21.69	22.03	21.50	20.97
III	21.99	21.55	21.59	21.71	22.29	21.89	21.36	21.51	21.50	21.12

Anexo 6.5. Resultados de diámetro polar (mm)

Tratamiento										
Bloque	A1			A2			A3			Test.
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	Abs.(T10)
I	21.19	22.40	21.57	21.38	22.10	21.84	21.18	21.78	21.94	21.10
II	21.77	21.19	21.21	22.46	21.23	21.83	21.57	21.39	21.11	21.28
III	21.80	21.50	21.32	22.03	22.42	21.76	21.80	21.34	21.46	21.08

Anexo 6.6. Resultados de altura de planta a 30 días

Tratamiento										
Bloque	A1			A2			A3			Test.
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	Abs.(T10)
I	25.2	23.88	22.96	25.04	23.74	26.24	23.75	22.36	22.69	24.42
II	25.44	23.43	23.3	22.4	24.5	22.3	26.64	24.82	22.2	24.1
III	20.54	29.08	25.82	21.95	24.7	27.2	23.86	22.72	25.14	25.7

Anexo 6.7. Resultados de altura de planta a 120 días

Tratamiento										
Bloque	A1			A2			A3			Test. Abs. (T10)
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	
I	138.44	183.88	189.96	173.04	187.75	187.24	181.75	198.36	190.68	162.42
II	181.44	181.43	191.3	187.4	183.5	183.13	184.26	192.82	180.2	172.1
III	178.54	187.06	183.82	179.95	191.7	185.2	181.86	186.72	183.14	175.7

Anexo 6.8. Resultados calibre de frutos (%)

Tratamiento										
Bloque	A1			A2			A3			Test.
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	Abs.(T10)
CALIBRE A	50%	43%	39%	52%	55%	53%	36%	47%	51%	25%
CALIBRE B	40%	47%	49%	39%	38%	40%	52%	44%	43%	58%
CALIBRE C	10%	10%	12%	9%	7%	7%	12%	9%	6%	17%

Anexo 6.9. Rendimiento del cultivo de aguaymanto (kg ha⁻¹)

Tratamiento										
Bloque	A1			A2			A3			Test.
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	Abs.(T10)
I	15603	15459	14467	15759	16349	15036	14703	15783	15138	13052
II	15304	15070	14771	16423	20124	14380	17537	15612	16560	12047
III	12095	15668	16069	14588	18490	18107	18205	16009	17492	13679

Anexo 7. Fenología del cultivo de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) evaluadas en el campo experimental de la EEA Canaán del INIA, Ayacucho.

Estados fenológicas	Fecha	N° días	DDT
Almacigo	18/08/2019	0	
Germinación	01/09/2019	14	
Repique	14/10/2019	43	
Trasplante	13/11/2019	30	0
Ramificación	15/12/2019	32	32
Botones florales	20/12/2019	5	37
Floración	01/01/2020	12	49
Fructificación	23/01/2020	22	71
Madurez fisiológica	18/02/2020	26	97
Primera cosecha	22/02/2020	4	101
Segunda cosecha	07/03/2020	14	115
Tercera cosecha	14/03/2020	7	121
Cuarta cosecha	24/03/2020	10	131
Quinta cosecha	30/03/2020	6	137
Sexta cosecha	04/04/2020	5	142
Séptima cosecha	15/04/2020	11	153
Octava cosecha	25/04/2020	10	163
Noveno cosecha	02/05/2020	7	170
Decima cosecha	25/05/2020	23	193

Fuente: propia

Nota: DDT (Días después del trasplante)

Anexo 8. Evidencias fotográficas



Anexo 8.1. Plantines de aguaymanto



Anexo 8.2. Preparación y surcado de terreno



Anexo 8.3. Plantación en campo definitivo



Anexo 8.4. Riego por gravedad



Anexo 8.5. Desarrollo del testigo absoluto



Anexo 8.6. Desarrollo del cultivo con tratamiento



Anexo 8.7. Evaluación del contenido de clorofila con el medidor en unidades SPAD



Anexo 8.8. Cultivos con presencia de quemaduras y deformaciones con aplicación de altas concentraciones de humato y biosilice



Anexo 8.9. Cultivos de aguaymanto en fructificación



Anexo 8.10. *Maduración progresiva de los frutos*



Anexo 8.11. *Comercialización en el mercado local*



Anexo 8.12. *Frutos del aguaymanto ecotipo Ayacuchano*



Anexo 8.13. *Diámetro ecuatorial del fruto*

**UNSCH**FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. LIZBETH PILLACA QUISPE
R.D. N° 178-2024-UNSCH-FCA-D

En la ciudad de Ayacucho a diecinueve días del mes de julio del año dos mil veinticuatro, siendo las once horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del M.Sc. Francisco Condeña Almora Decano (e) de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del jurado conformado por M.Sc. Francisco Condeña Almora, Ph.D. Marhleni Cerda Gómez como asesora, M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez y el Ing. Juan Benjamín Girón Molina; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Tres dosis de humato y biosílice foliar en el contenido de clorofila y rendimiento de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), Ayacucho - 2019**, para obtener el Título Profesional de Ingeniera Agrónoma presentado por la Bachiller **LIZBETH PILLACA QUISPE**

El señor Decano, previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberación y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
M.Sc. Francisco Condeña Almora	17	16	16	16
Ph.D. Marhleni Cerda Gómez	18	16	18	17
M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez	17	15	16	16
Ing. Juan Benjamín Girón Molina	16	16	16	16
PROMEDIO GENERAL				16

Acto seguido se invita a la sustentante y publico en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.

M.Sc. Francisco Condeña Almora
Presidente

Ph.D. Marhleni Cerda Gómez
Asesora

M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez
Jurado

Ing. Juan Benjamín Girón Molina
Jurado

Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe coordinador responsable de la valoración y verificación de originalidad de los trabajos de investigación y de tesis de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, designado mediante la RCF N° 005-2024-UNSCH-FCA-CF; hace constar que el trabajo de tesis titulado;

Tres dosis de humato y biosílíce foliar en el contenido de clorofila y rendimiento de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), Ayacucho - 2019

Autor : Lizbeth Pillaca Quispe
Asesor : Marhleni Cerda Gómez

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación, aprobado mediante RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, y RCU N° 1530-2023-UNSCH-CU, emitiendo un resultado de **trece (13 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2466301816

Ayacucho, 26 de setiembre de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias
Dr. Yuri Gálvez Gastelú
Coordinador de Control de originalidad de
trabajo de investigación y tesis

Tres dosis de humato y biosílice foliar en el contenido de clorofila y rendimiento de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), Ayacucho - 2019

por Lizbeth Pillaca Quispe

Fecha de entrega: 26-sep-2024 11:01a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2466301816

Nombre del archivo: TESIS-LPQ-2024.docx (17.07M)

Total de palabras: 26857

Total de caracteres: 140458

Tres dosis de humato y biosílice foliar en el contenido de clorofila y rendimiento de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), Ayacucho - 2019

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	revistas.unsch.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	documents.mx Fuente de Internet	<1%
7	www.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1%

9	www.ucla.edu.ve Fuente de Internet	<1 %
10	fdocuments.es Fuente de Internet	<1 %
11	www.scielo.org.bo Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.uaaan.mx Fuente de Internet	<1 %
14	http://200.13.202.26/proyectos/pdf/public/981151082te Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to unap Trabajo del estudiante	<1 %
16	ciqa.repositorioinstitucional.mx Fuente de Internet	<1 %
17	revistacta.agrosavia.co Fuente de Internet	<1 %
18	Nand Kumar Fageria, Zhenli He, Virupax C. Baligar. "Phosphorus Management in Crop Production", CRC Press, 2019 Publicación	<1 %
19	dspace.utb.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

20	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
21	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
22	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
23	repositorio.udea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	www.corpoica.org.co Fuente de Internet	<1 %
26	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
27	ouci.dntb.gov.ua Fuente de Internet	<1 %
28	http://200.13.202.26/proyectos/pdf/981251150inf.pdf Fuente de Internet	<1 %
29	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
30	rua.ua.es Fuente de Internet	<1 %
31	documentop.com Fuente de Internet	<1 %

32

agua.org.mx

Fuente de Internet

<1 %

33

biologiaintelectual.blogspot.com

Fuente de Internet

<1 %

34

repositorio.unsa.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

35

repositorio.utea.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

TRES DOSIS DE HUMATO Y BIOSÍLICE FOLIAR EN EL CONTENIDO DE CLOROFILA Y RENDIMIENTO DE AGUAYMANTO (*Physalis peruviana* L.), AYACUCHO - 2019

Bach. Lizbeth Pillaca Quispe
lizbeth.pillaca.01@unsch.edu.pe

Ph.D. Marhleni Cerda Gómez
marhleni.cerda@unsch.edu.pe

Área: Medio ambiente

Línea de investigación: Sistemas de producción agrícola

RESUMEN

La investigación se realizó en la Estación Experimental Agraria Canaán - Ayacucho del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) a 2735 m s. n. m. con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato y biosíllice en el cultivo de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), ecotipo Ayacuchano. Los tratamientos corresponden a un arreglo factorial de 3A x 3B (A: dosis de humato 20, 15 y 0 ml l⁻¹; B: dosis de biosíllice 2, 1.5 y 0 % p/v), con 3 repeticiones, con abono de fondo orgánico - mineral y un testigo absoluto (T10), haciendo un total de 30 unidades experimentales, dispuestos en el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA). Los resultados refieren que la aplicación conjunta de 20 ml l⁻¹ de humato y 1.5 % de biosíllice (T8) favorece al incremento en contenido de clorofila (54.93 SPAD) y altura de planta a 120 ddt, (192.63 cm). La aplicación simultánea de 15 ml l⁻¹ de humato y 1.5 % de biosíllice (T5) aumenta en 41.75 % el peso de frutos por planta respecto al testigo absoluto (T10), lo que permite alcanzar mayor rendimiento (18321 kg ha⁻¹) y buen calibre de frutos. Así como, mayor tasa de retorno en la producción del cultivo de aguaymanto con una relación beneficio/costo de S/. 2.22. El número de frutos/planta, diámetro ecuatorial y polar (mm), no muestran diferencia estadística con aplicaciones individuales ni simultáneas de ambos bioestimulantes; no obstante, cualquier aplicación de humato y biosíllice es de mejor performance respecto al testigo relativo (T1) y testigo absoluto (T10).

Palabras clave: Aguaymanto, humato, biosíllice, ecotipo, clorofila.

THREE DOSES OF FOLIAR HUMATE AND BIOSILICE ON CHLOROPHYLL CONTENT AND YIELD OF CAPE GOOSEBERRY (*Physalis peruviana* L.), AYACUCHO – 2019

ABSTRACT

The research was carried out at the Canaan - Ayacucho Agrarian Experimental Station of the National Institute for Agrarian Innovation (INIA) at 2735 m a.s.l. with the objective of evaluating the effect of foliar application of three doses of humate and biosilice on the cultivation of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.), Ayacuchano ecotype. The treatments correspond to a factorial arrangement of 3A x 3B (A: humate doses 20, 15 and 0 ml l⁻¹; B: biosilice doses 2, 1.5 and 0 % w/v), with 3 repetitions, with organic - mineral base fertilizer and an absolute control (T10), making a total of 30 experimental units, arranged in the Randomized Complete Block Design (DBCA). The results indicate that the joint application of 20 ml l⁻¹ of humate and 1.5% of biosilice (T8) favors the increase in chlorophyll content (54.93 SPAD) and plant height at 120 ddt, (192.63 cm). The simultaneous application of 15 ml l⁻¹ of humate and 1.5% of biosilice (T5) increases the weight of fruits per plant by 41.75% compared to the absolute control (T10), which allows to achieve higher yield (18321 kg ha⁻¹) and good fruit size. As well as, a higher rate of return in the production of the cape gooseberry crop with a benefit/cost ratio of S/. 2.22. The number of fruits/plant, equatorial and polar diameter (mm), do not show statistical difference with individual or simultaneous applications of both biostimulants; However, any application of humate and biosilice has better performance compared to the relative control (T1) and absolute control (T10).

Keyword: cape gooseberry, humate, biosilica, ecotype, chlorophyll.

INTRODUCCIÓN

Physalis peruviana L., conocido en Perú como “capulí o aguaymanto”, es una planta herbácea, frutícola nativa de interés en mercados internacionales, debido a sus características nutricionales y propiedades medicinales que posee el fruto (Pérez, 1996). Colombia alcanza rendimientos de 35 tn ha⁻¹/año (Tv Agro, 2017). En 2020, Perú produjo en promedio 1753 toneladas, con 80 % de participación de la región Huánuco y el 20 % restante otros departamentos, entre ellos Ayacucho (Sierra y selva Exportadora, 2020), cuyos rendimientos fluctúan entre 4 y 7.5 kg/planta/año (MINAGRI, 2018), lo que hace pensar en la necesidad de mejorar las condiciones de manejo. Es así que, en busca de incrementar los rendimientos y aprovechar la máxima capacidad productiva del cultivo, y dentro de los intereses actuales de practicar un modelo de agricultura orgánica se propuso emplear “humato”, fuente de sustancias húmicas extraídas del humus de lombriz

(*Eisetia foetida*), reconocida por su acción bioestimulante (Nardi et al., 2009) al potencializar los procesos fisiológicos y metabólicos en los cultivos (Canellas et al., 2014). Por otro lado; el silicio, segundo elemento más abundante en la corteza terrestre, considerado como elemento benéfico para muchos cultivos. Sus efectos están relacionados a la capacidad de incrementar rendimientos, mejorar la arquitectura de la planta, regular la evapotranspiración, generar tolerancia a la toxicidad por metales pesados, permitir mayor resistencia al ataque de plagas y enfermedades (Castellanos et al., 2015). Asimismo, estimula la producción de sustancias defensivas como los fenólicos y fitoalexinas (Rodríguez et al., 2005). La diatomita es una alternativa como fuente de silicio biogénico (biosílice), económicamente viable, de fácil acceso local, compuesta principalmente por SiO_2 (80 - 86%) y pequeñas cantidades de CaO , Fe_2O_3 , K_2O , Na_2O , P_2O_5 , MgO , Al_2O_3 (Valdiviezo et al., 2017).

En el presente, se emplean ambos bioestimulantes como complemento a un abonamiento orgánico - mineral en el cultivo de aguaymanto a fin de evaluar el efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato y biosílice en el contenido de clorofila y rendimiento; así como, conocer el costo de producción.

METODOLOGÍA

UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS

La investigación se realizó en la Estación Experimental Agraria Canaán del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) a 2735 m s. n. m., ubicada en el departamento de Ayacucho, provincia de Huamanga, distrito de Andrés Avelino Cáceres. Durante el periodo de ejecución (agosto 2019 - mayo 2020) la precipitación total alcanzó los 434.4 mm, siendo diciembre a marzo los meses más lluviosos; temperatura media promedio de 17.57 °C, humedad relativa promedio de 72.86 % y velocidad de viento de 2.25 m s⁻¹. El suelo es de textura franco arcillo arenoso, pH 6.92, no salino, libre de CaCO_3 , buena C.I.C (21.25 Cmol kg⁻¹), alto en materia orgánica (3.42%), fósforo y potasio.

MATERIAL VEGETAL

Para la investigación se emplearon semillas de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) del ecotipo Ayacuchano que fueron proporcionados por el área de Recursos Genéticos del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).

OBTENCION DE HUMATO Y BIOSÍLICE

El biosílice se obtuvo de la diatomita, roca extraída del yacimiento de Quicapata, Ayacucho, mediante molienda en un batán de piedra y tamizada en una malla de 60 mesh. El humato se extrajo del humus de lombriz usando KOH al 0.0357 M en una proporción de 1:5 (m:v). Su composición química fue: pH (8.30), materia orgánica (0.05 %), C.E. (9.17 dS.m⁻¹), N - total (98 ppm), P_2O_5 (0.0 ppm), K_2O (1.8 ppm), SO_4 (159 ppm), CaO (1.40 ppm), Na (3.0 ppm), Fe (17.5 ppm), Zn (1.0 ppm), Mn (2.0 ppm), MgO (0.0 ppm) y Cu (0.0 ppm).

DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS

La investigación fue planteada en el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial de 3A x 3B (A: dosis de humato 20, 15 y 0 ml l⁻¹; B: dosis de biosílice 2, 1.5 y 0 % p/v), resultando 9 tratamientos con abono de fondo orgánico - mineral y adicional a ello un testigo absoluto (T10), cada tratamiento con 3 repeticiones, haciendo un total de 30 unidades experimentales, la descripción y las características químicas de la solución por tratamiento se observa en la tabla 1.

Tabla 1

Descripción de tratamientos

Trat.	Abono de fondo	Dosis de humato (A)	Dosis de biosílice (B)	Descripción (A x B)	pH	C.E (μS cm ⁻¹)
T1	Orgánico- mineral	0 ml l ⁻¹	0 %	Testigo relativo	-	-
T2		0 ml l ⁻¹	1.5 %	0 ml l ⁻¹ de humato con 1.5 % de Si	7.07	317
T3		0 ml l ⁻¹	2 %	0 ml l ⁻¹ de humato con 2 % de Si	7	339
T4		15 ml l ⁻¹	0 %	15 ml l ⁻¹ de humato con 0 % de Si	6.95	737
T5		15 ml l ⁻¹	1.5 %	15 ml l ⁻¹ de humato con 1.5 % de Si	6.95	789
T6		15 ml l ⁻¹	2 %	15 ml l ⁻¹ de humato con 2 % de Si	6.87	824
T7		20 ml l ⁻¹	0 %	20 ml l ⁻¹ de humato con 0 % de Si	7.11	965
T8		20 ml l ⁻¹	1.5 %	20 ml l ⁻¹ de humato con 1.5 % de Si	7.09	908
T9		20 ml l ⁻¹	2 %	20 ml l ⁻¹ de humato con 2 % de Si	6.92	930
T10	Ninguno	-	-	Testigo absoluto	-	-

La unidad experimental constó de 3 hileras, con 5 plantas cada una, haciendo un total de 15 plantas por unidad experimental. Para las evaluaciones de variables se seleccionó la columna media y los extremos fueron considerados efecto borde.

INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

Las semillas se sembraron sobre una cama de almácigo con sustrato preparado. En promedio, la germinación ocurrió a los 10 a 14 días y fueron repicadas a los 60 días, una vez que las plántulas mostraron 3 a 4 hojas verdaderas y vigor necesario a bolsas con sustrato preparado. La preparación del terreno se realizó con tracción mecánica. Los hoyos fueron dispuestos a 1.5 m entre plantas y 2 m entre surcos, con dimensiones de 0.40 m x 0.40 m x 0.40 m que permitió una densidad de 3333 plantas/ha. El trasplante a campo definitivo se realizó una vez que las plántulas alcanzaron alturas de 15 cm a 20 cm. La dosis de fertilización aplicada fue: N (100 kg ha⁻¹) - P₂O₅ (70 kg ha⁻¹) - K₂O (100 kg ha⁻¹) más 500 kg ha⁻¹ de guano de isla. El abonamiento se realizó en 3 momentos: primero, al trasplantar (150 g guano de isla y 42 g fosfato di amónico/planta); segundo, al inicio de floración (37 g nitrato de amonio y 30 g sulfato de potasio/planta) y tercero, en cuajado de frutos (32 g nitrato de amonio y 30 g sulfato de potasio/planta). La parcela recibió riego por gravedad. El deshiero se realizó de forma manual utilizando azadones cada vez que fuese necesario. Se realizó 2 tipos de poda: de formación y mantenimiento o sanitaria. El aporque se llevó a cabo a 30 días después del trasplante con objetivo de

brindar estabilidad y mejorar las condiciones radicales y administrar la segunda dosis de fertilización. El sistema de tutorado empleado fue el “T” doble. Para el control preventivo de plagas y enfermedades se aplicó COBOSS (sulfato de cobre pentahidratado) a dosis de 2.5 ml l⁻¹ y FASTAC (cipermetrina) a dosis de 1.3 ml l⁻¹. La cosecha fue progresiva tras alcanzar la madurez fisiológica.

APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS

Para preparar los tratamientos, primero se dispuso de agua limpia, luego se agregó un adherente comercial a una dosis de 0.5 ml l⁻¹, en seguida se agregó la dosis de humato y biosílce según el tratamiento, se homogenizó y finalmente se procedió a asperjar. Se realizaron 4 aplicaciones en diferentes estados fenológicos: a 20 días después del trasplante (ddt) (desarrollo vegetativo), a 35 ddt (inicio de floración), a 65 ddt, (inicio de fructificación) y a 95 ddt (fructificación y maduración).

PARÁMETROS EVALUADOS

Contenido de clorofila (SPAD)

Se utilizó el dispositivo SPAD MINOLTA 502, que reporta instantáneamente un valor numérico expresado en unidades SPAD, valor que es proporcional a la cantidad relativa de contenido de clorofila presente en las hojas (Rodríguez et al., 1998).

Para la evaluación se tomó la hoja del tercio medio de la planta y la medición se realizó en el limbo de la hoja. La primera evaluación se realizó a 2 semanas después de la plantación en la etapa de desarrollo vegetativo antes de la aplicación del primer tratamiento, y luego cada 5 días antes y después de la aplicación de tratamientos.

Caracteres productivos

Para altura de planta (cm), las mediciones se realizaron a 30 y 120 días después del trasplante desde la base del tallo (nivel del suelo) hasta el ápice de la rama de mayor altura con un flexómetro. El número de frutos por planta se contabilizó en cada cosecha. Para peso total de frutos por planta (kg), se pesó el total de frutos por planta desde la primera cosecha hasta finalizar la primera campaña (4 meses) utilizando una balanza digital. Para diámetro ecuatorial y polar del fruto (mm), se tomaron 10 frutos al azar de cada unidad experimental, se retiró el cáliz y se procedió a medir haciendo uso de un vernier digital. La clasificación de frutos por calibre (%), se realizó de acuerdo al diámetro ecuatorial de cada fruto, según establece las Normas Técnicas Peruanas 203.121:2007 (Revisado 2014), cuyos rangos son: calibre A (≥ 22.1 mm), calibre B (20.1-22.0 mm), calibre C (18.1-20.0 mm), calibre D (15.1 -18.0 mm) y calibre E (≤ 15). El rendimiento (kg ha⁻¹) se determinó conociendo el peso promedio de frutos/planta por tratamiento y número de plantas por hectárea durante los 4 meses de cosecha.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos fueron sometidos a la prueba de ANVA en el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial 3A x 3B y los caracteres que resultaron significativos se sometieron a la prueba de Tukey a una probabilidad del 5%. También se

realizó el contraste ortogonal de los tratamientos del factorial (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8 y T9) versus el testigo absoluto (T10).

ANÁLISIS ECONÓMICO

Los costos de producción (S/. ha) fueron calculados considerando los costos directos y costos indirectos para cada tratamiento. El valor bruto de producción (S/. ha) se obtuvo multiplicando el rendimiento de cada tratamiento (kg ha^{-1}) por el precio medio ponderado de venta (S/. kg), los precios cotizados en Ayacucho son: S/. 4.5 (calibre A), S/. 3.5 (calibre B), S/. 2.5 (calibre C). El valor neto de producción (S/. ha) fue deducido de la diferencia entre el valor bruto (S/. ha) y el costo total de producción (S/. ha) y la rentabilidad, expresada en beneficio/costo (B/C) ha sido calculado al operar el ingreso neto (S/. ha) entre los costos de producción (S/. ha).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CONTENIDO DE CLOROFILA

La tabla 2 muestra diferencia altamente significativa en la variable dosis de humato (A) y diferencia significativa en dosis de biosílíce (B). Del mismo modo, el contraste ortogonal de los tratamientos del factorial (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8 y T9) versus al testigo absoluto (T10) muestran alta significación estadística.

Tabla 2

Análisis de varianza del contenido de clorofila (SPAD) por efecto de tres dosis de humato y biosílíce foliar en cultivo de aguaymanto

FV	GL	SC	CM	Fc	P-valor	Sig.
Bloque	2	0.521	0.3	0.17	0.8469	ns
Dosis humato (A)	2	22.7	11.3	7.32	0.0055	**
Dosis biosílíce (B)	2	13.0	6.5	4.18	0.0349	*
Inter (A x B)	4	5.0	1.2	0.80	0.5420	ns
Contraste (Trat. fac. vs. T10)	1	51.88	51.88	21.65	0.0002	**
Error	16	24.8	1.5			
Total	26	65.93				

C.V. = 2.33 %

C.V. (contraste) = 2.93 %

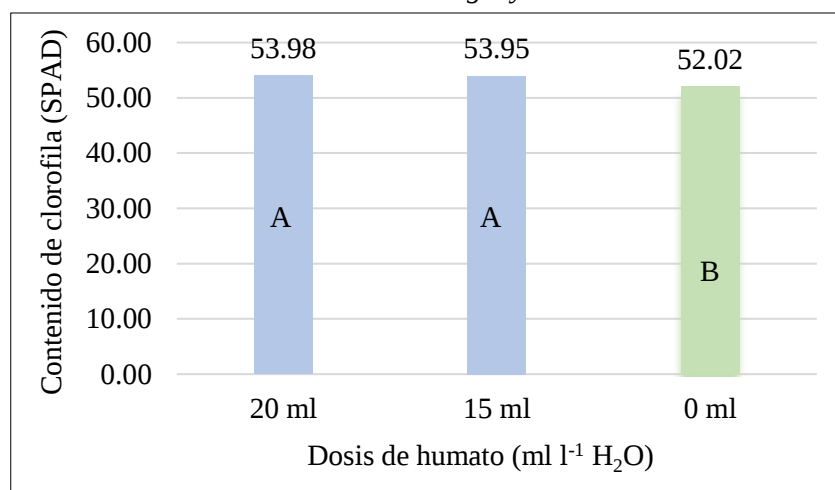
La figura 1 de la prueba de Tukey ($p 0.05$) muestra que aplicar humato a dosis de 20 ml l^{-1} y 15 ml l^{-1} permite obtener mayor contenido de clorofila en las hojas de aguaymanto, alcanzando lecturas de 53.98 y 53.95 SPAD, respectivamente, sin diferencia estadística entre ambas dosis. Pero, siendo ambos mayores, hasta en 3.77 % y 3.71 % respecto a cuándo no se aplica nada (0 ml l^{-1}).

La información es escasa; sin embargo, hay investigaciones que pueden acercarnos a una respuesta confiable. Así como Lazo (2014), quien con la aplicación edáfica (7 l ha^{-1}) y foliar (5 ml l^{-1}) de enmienda líquida constituida por ácidos húmicos y fúlvicos logró incrementar el contenido de clorofila en hojas del cultivo de maíz, sugiriendo que los

compuestos húmicos aumentan la disponibilidad de nutrientes en la solución del suelo y aplicado al follaje provoca mayor absorción de iones por la raíz. Asimismo, Calderin et al. (2009) mencionan que las sustancias húmicas incrementan la permeabilidad de las membranas celulares y la acción de proteínas transportadoras de iones; efecto que podría incrementar la asimilación de trazas minerales, sobre todo del nitrógeno y hierro presentes en el humato. Por su parte, Martínez (2006) considera que las sustancias húmicas participan en la actividad enzimática involucradas en la asimilación de nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+) en las hojas. Al respecto, Novoa y Villagrán (2002) mencionan que el contenido de nitrógeno en las hojas está altamente correlacionado con el contenido de clorofila, dado que el nitrógeno es componente esencial de la estructura molecular de la clorofila (Taiz & Zeiger 2006). Por lo tanto, el dispositivo portátil también ayuda en estimar la concentración de nitrógeno y detectar los niveles críticos a tiempo real.

Figura 1

Prueba de Tukey (p 0.05) para contenido de clorofila (SPAD) por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato en cultivo de aguaymanto



La figura 2 de la prueba de Tukey (p 0.05) muestra que la aplicación foliar de 2 % de biosílice respecto a cuándo no se aplica nada (0 %), presentan alta diferencia estadística. Pero, siendo ambos sin diferencia estadística respecto al 1.5 % de biosílice. En consecuencia, se determina que la aplicación foliar de 2 % de biosílice incrementan el contenido de clorofila en 2.96 % respecto a cuándo no se aplica nada (0%). El resultado es coherente con lo hallado por Yilmaz y Karkmaz (2023), quienes encontraron que dosis crecientes de silicio (0, 0.5, 1 y 2 mM) en tomate aumentaron significativamente el contenido de clorofila - a, clorofila - b y clorofila total. Por su parte, Cerda (2021) evidencia que la dosis foliar de biosílice al 2 % y 1.5 % en el cultivo de maíz morado permite mejorar algunas funciones de la planta, tal es el caso de la clorofila.

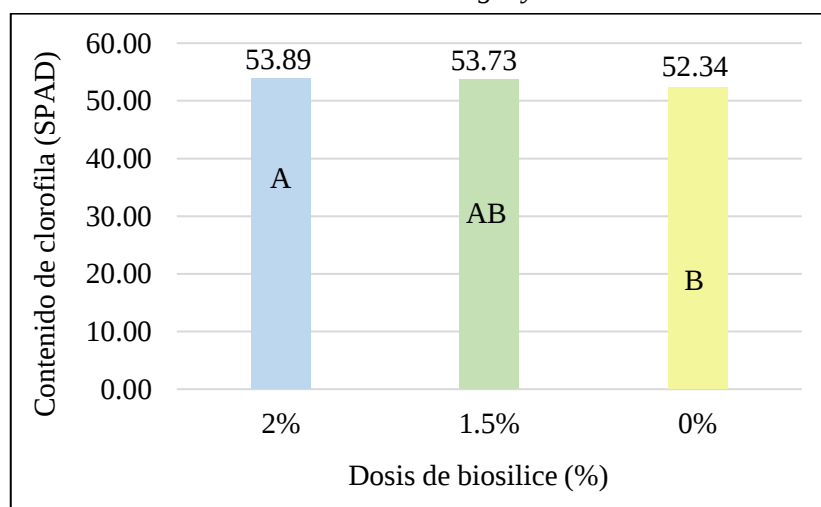
Silos (2020) refiere que el ácido ortosilícico H_4SiO_4 se transforma en un gel de sílice ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) que forma tricomas en las plantas, actuando como protector contra plagas y enfermedades. Mengel y Kirkby (2011) consideran que aplicar silicio al follaje mejora la estructura de las hojas, manteniéndolas rígidas y erguidas para una mayor exposición a la

luz. Filtra la radiación solar (Savvas & Ntatsi, 2015), favoreciendo la fotosíntesis (Baglione, 2011).

Aplicar silicio también puede acelerar la asimilación de nitrato en las plantas, aumentando la síntesis de glutamato (Maillard, 2018), precursor de otros aminoácidos y reactivo clave en la formación de clorofila (Liao et al., 2022). Alamri et al. (2020) explica que el aumento de la clorofila por adición de silicio en plantas con estrés salino se debe a la disminución de enzimas que degradan la clorofila y un aumento de las responsables de la síntesis.

Figura 2

Prueba de Tukey (p 0.05) para contenido de clorofila (SPAD) por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de biosílice en cultivo de aguaymanto

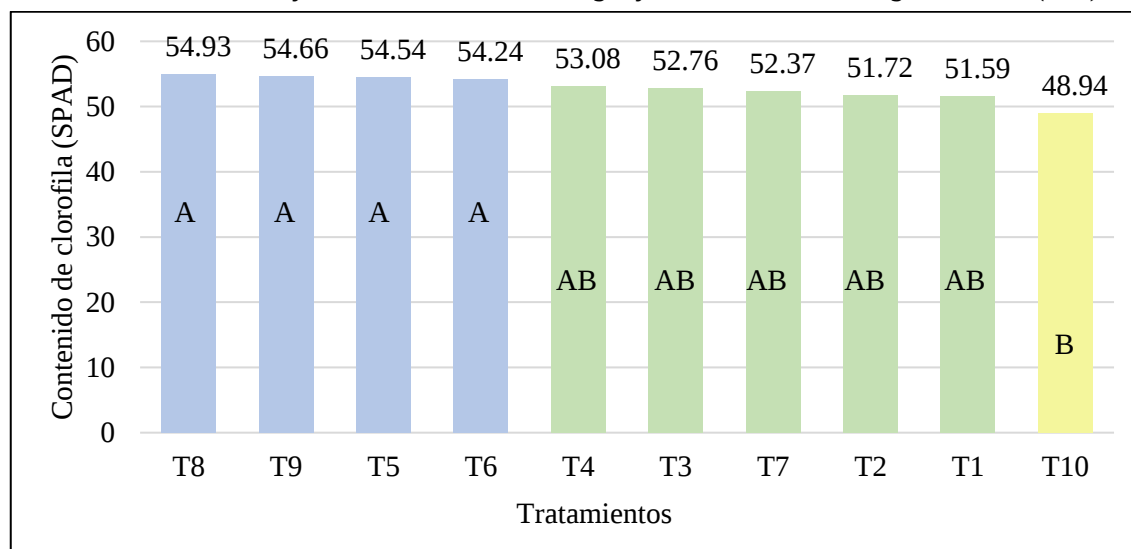


La figura 3 de la prueba de Tukey (p 0.05) muestra que los tratamientos T8, T9, T5 y T6 ocupan los primeros lugares, presentando alta diferencia estadística respecto al testigo absoluto (T10). Por lo tanto, cualquier dosis de humato acompañando preferentemente de 1.5 % de biosílice sobre una base de abonamiento orgánico - mineral resulta mejor. Así, el T8 (20 ml l⁻¹ de humato + 1.5 % de biosílice) con 54.93 SPAD supera en 12.24 % al testigo absoluto (T10) con 48.94 SPAD y respecto al testigo relativo (T1) resulta mayor en 6.47 %, este incremento corresponde específicamente al efecto estimulador del humato y biosílice.

Los resultados son similares a lo obtenido por Sánchez (2011), quien aplicando cuatro suplementos de abonos foliares al cultivo de brócoli demostró que el biol preparado local enriquecido con diatomita dio mejores resultados. Al respecto, Reynoso et al. (2022) menciona que el extracto de humus estimula la disponibilidad y absorción de nutrientes, favoreciendo su crecimiento y desarrollo (Agromil, 2013). De manera que aplicaciones conjuntas de humato y biosílice foliar resultan favorable en el incremento de clorofila.

Figura 3

Prueba de Tukey (p 0.05) para contenido de clorofila (SPAD) por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato y biosilíce en cultivo de aguaymanto versus el testigo absoluto (T10)



CARACTERES PRODUCTIVOS

Altura de planta (cm)

En la tabla 3 del análisis de varianza para altura de planta a 30 ddt, no existe diferencia estadística para ninguna fuente de variabilidad. Sin embargo, a 120 ddt, existe diferencia estadística para la variable dosis de biosilíce. Del mismo modo, para el contraste de los tratamientos del factorial (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8 y T9) versus el testigo absoluto (T10).

Tabla 3

Análisis de varianza de altura de planta (cm) por efecto de tres dosis de humato y biosilíce foliar en cultivo de aguaymanto a 30 y 120 ddt

FV	GL	30 ddt			120 ddt		
		CM	P-valor	Sig.	CM	P-valor	Sig.
Bloque	2	1.17	0.7720	ns	36.32	0.6683	ns
D. humato (A)	2	0.88	0.8219	ns	118.04	0.2888	ns
D. biosilíce (B)	2	0.57	0.8812	ns	359.95	0.0366	*
Inter (A x B)	4	3.72	0.5207	ns	92.79	0.4099	ns
Contraste (Trat. fac. vs. T10)	1	0.96	0.6291	ns	486.93	0.0245	*
Error	16	4.44			87.86		
Total	26						

C.V. para altura de planta a 30 ddt = 8.72 %, C.V. (contraste) = 8.23 %

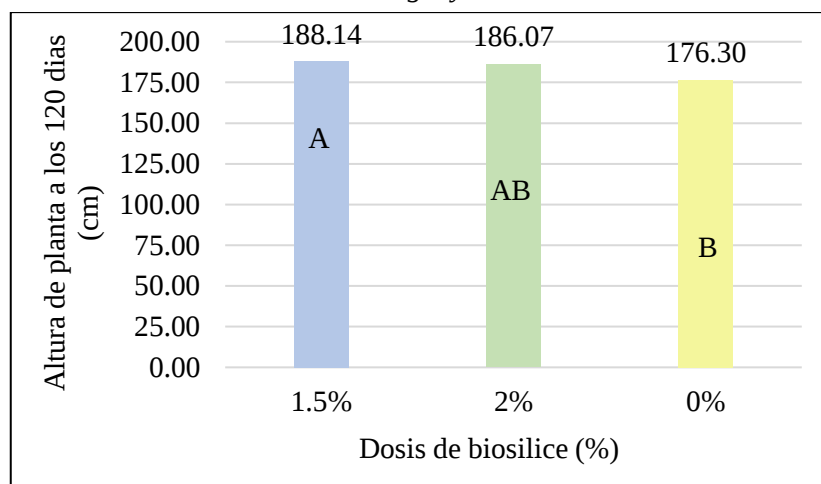
C.V. para altura de planta a 120 ddt = 5.11 %, C.V. (contraste) = 4.93 %

En la figura 4 de la prueba de Tukey (p 0.05) para altura de planta (cm) a 120 ddt, se observa que la aplicación foliar de 1.5 % de biosilíce respecto a cuándo no se aplica nada (0 %) presenta alta diferencia estadística con medias de 188.14 cm y 176.30 cm, respectivamente. Pero siendo ambas sin diferencia estadística al emplear 2 % de biosilíce.

Por lo tanto, aplicar 1.5 % y 2 % de biosílíce incrementan la altura de planta en 6.72 % y 5.54 % respecto a cuándo no se aplica nada (0 %). Al respecto Lee et al. (2010) y Lang et al. (2019) afirman que el silicio estimula y regula la producción de algunas fitohormonas como las gibelinas y las auxinas.

Figura 4

Prueba de Tukey (p 0.05) para altura de planta (cm) por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de biosílíce a 120 ddt en cultivo de aguaymanto

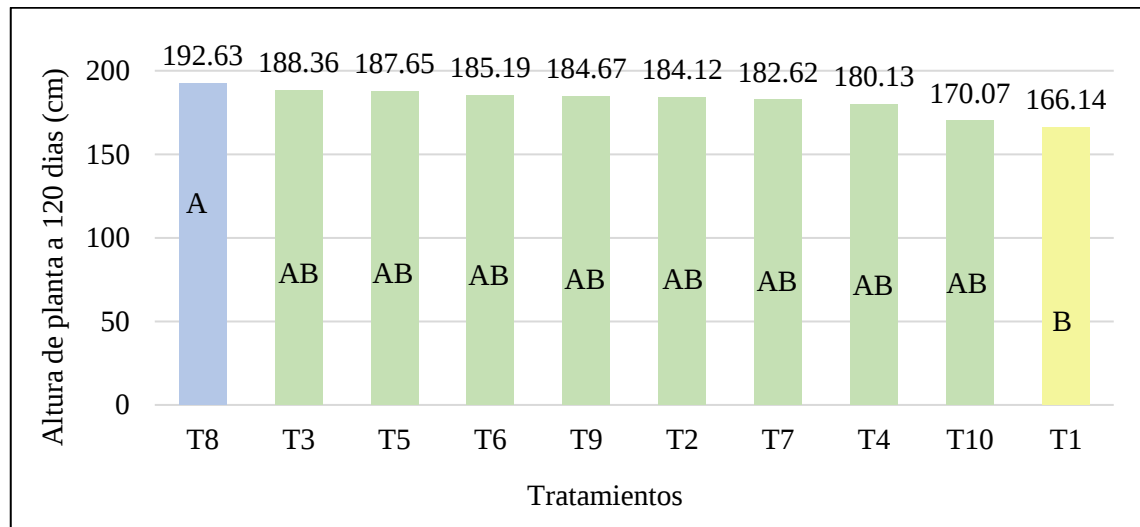


La figura 5 muestra que el abonar y tratar con 20 ml l⁻¹ humato y 1.5 % de biosílíce foliar (T8) mejora la altura de planta en 13.27 % respecto al testigo absoluto (T10) que no recibió abono ni tratamiento. Estos resultados son similares a los obtenidos por Romo (2018), quien con aplicaciones de abonos orgánico y NPK bajo invernadero logró obtener 193.37 cm de altura máxima de planta a 120 ddt. Mientras que, Guerrero (2019) reportó alturas de planta a 130 ddt que fluctúan entre 68.5 cm y 79.7 cm del ecotipo Colombiano y San Pablo tratadas solo con fertilización mineral, sin manejo de poda ni tutorado.

La solución del T8 posee un pH de 7.09 y una C.E. de 908 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Esta condición neutra y cierto contenido de sales es tolerada por el cultivo de aguaymanto que muestra un buen crecimiento y desarrollo tras su aplicación. Quero (2015) refiere que la absorción de silicio permite solubilizar compuestos que usualmente están cristalizados como fosfatos u oxalatos de calcio, Mg, Fe, Al. En general, mejora la solubilidad de cationes y el anión (HPO_4)⁻. Además, se atribuye que aumentar la estabilidad y expresión genética y por si fuera poco puede formar complejos solubles con Fe, Zn potencializando su acción en las células. Por otro lado, González et al (2013) mencionan que los lixiviados estimulan la elongación y diferenciación celular.

Figura 5

Prueba de Tukey ($p 0.05$) para altura de planta (cm) por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato y biosílice a 120 ddt en cultivo de aguaymanto versus el testigo absoluto (T10)



Número de frutos por planta

Tabla 4

Análisis de varianza del número de frutos por planta por efecto de tres dosis de humato y biosílice foliar en cultivo de aguaymanto

FV	GL	SC	CM	Fc	P-valor	Sig.
Bloque	2	30118.934	15059.5	1.61	0.2301	ns
Dosis humato (A)	2	15540.9	7770.4	0.83	0.4531	ns
Dosis biosílice (B)	2	9934.6	4967.3	0.53	0.5975	ns
Inter (A x B)	4	18525.4	4631.4	0.50	0.7390	ns
Contraste (Trat. fac. vs. T10)	1	75.57	75.57	0.01	0.9267	ns
Error	16	149417.1	9338.6			
Total	26	223536.96				

C.V. = 12.19 % C.V. (contraste) = 11.74 %

En la tabla 4, observamos que no existe diferencia estadística en ninguna fuente de variabilidad.

Peso total de fruto por planta (kg)

Tabla 5

Análisis de variancia del peso de frutos (kg) por efecto de tres dosis de humato y biosílice foliar en el cultivo de aguaymanto

FV	GL	SC	CM	Fc	P-valor	Sig.
Bloque	2	0.43	0.21	1.22	0.3211	ns
Dosis humato (A)	2	1.26	0.63	3.62	0.0506	ns
Dosis biosílice (B)	2	0.39	0.19	1.10	0.3558	ns
Inter (A x B)	4	1.15	0.29	1.64	0.2122	ns
Contraste (Trat. fac. vs. T10)	1	2.23	2.23	13.33	0.0016	**
Error	16	2.80	0.17			
Total	26	6.02				

C.V. = 8.63 % C.V. (contraste) = 8.52 %

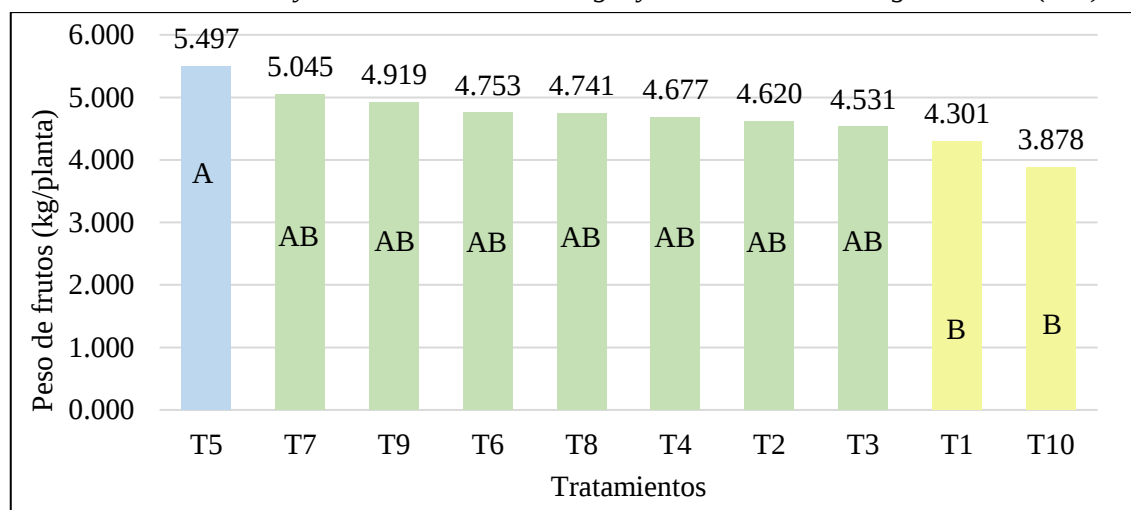
La tabla 5 muestra que hay diferencia estadística solo en el contraste de los tratamientos del factorial (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8 y T9) versus el testigo absoluto (T10).

La figura 6 muestra que la aplicación foliar de 15 ml l⁻¹ de humato junto a 1.5 % de biosílice (T5) incrementa el rendimiento en 27.81 % respecto al testigo relativo (T1). Del mismo modo, aplicar T5 sobre una base de abono edáfico incrementa el peso del fruto en 41.75 % frente al testigo absoluto (T10).

El Proyecto de Desarrollo Rural Sostenible y la Cooperación Alemana al Desarrollo (2011) indica que, en la región de Cajamarca, los productores de aguaymanto consideran una buena producción a plantas que producen más de 7 kg de fruto, regular entre 4 a 6 kg y mala a menores de 4 kg. Entonces, el rendimiento fue regular, aun cuando fuera tan solo 4 meses de cosecha.

Figura 6

Prueba de Tukey (p 0.05) para peso de frutos por planta (kg) por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato y biosílice en cultivo de aguaymanto versus el testigo absoluto (T10)



Diámetro ecuatorial y polar del fruto (mm)

- Diámetro ecuatorial (mm)

En la tabla 6, se observa que no existe diferencia estadística en ninguna fuente de variabilidad.

Tabla 6

Análisis de variancia del diámetro ecuatorial de fruto (mm) por efecto de tres dosis de humato y biosílice foliar en cultivo de aguaymanto

FV	GL	SC	CM	Fc	P-valor	Sig.
Bloque	2	0.47	0.24	0.98	0.3961	ns
Dosis humato (A)	2	1.08	0.54	2.22	0.1405	ns
Dosis biosílice (B)	2	0.33	0.16	0.68	0.5215	ns
Inter (A x B)	4	0.75	0.19	0.78	0.5558	ns
Contraste (Trat. fac. vs. T10)	1	1.32	1.32	6.05	0.0243	ns
Error	16	3.87	0.24			
Total	26	6.50				

C.V. = 2.25 %

C.V. (contraste) = 2.14 %

- Diámetro polar

En la tabla 7, se observa que no existe diferencia estadística en ninguna fuente de variabilidad.

Tabla 7

Análisis de variancia del diámetro polar del fruto (mm) por efecto de tres dosis de humato y biosílice foliar en cultivo de aguaymanto

FV	GL	SC	CM	Fc	P-valor	Sig.
Bloque	2	0.20	0.10	0.55	0.5864	ns
Dosis humato (A)	2	0.81	0.40	2.23	0.1401	ns
Dosis biosílice (B)	2	0.11	0.06	0.31	0.7376	ns
Inter (A x B)	4	0.09	0.02	0.13	0.9710	ns
Contraste (Trat. fac. vs. T10)	1	0.67	0.67	4.02	0.0602	ns
Error	16	2.91	0.18			
Total	26	4.12				

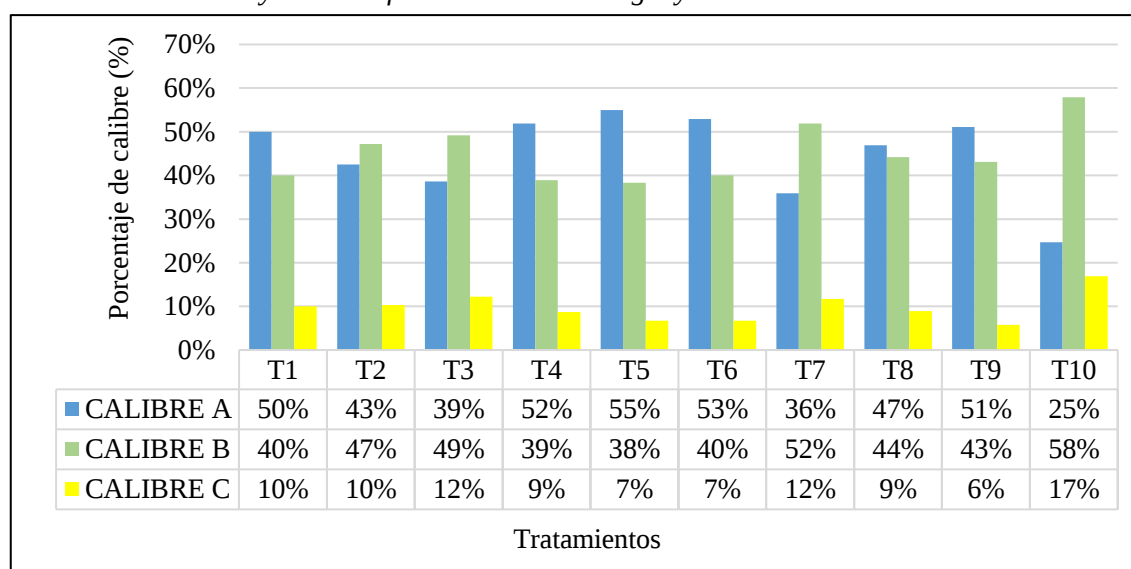
C.V = 1.97 % C.V (contraste) = 1.89 %

Clasificación de frutos por calibre (%)

Según la figura 7, se observa que el T5 (15 ml l⁻¹ de humato más 1.5 % de biosílice) permite obtener el mejor calibre de frutos de aguaymanto del ecotipo Ayacuchano, obteniendo un 55 % de frutos de calibre A (≥ 22.1 mm), 39 % de calibre B (20.1 mm - 22.0 mm) y solo 7 % de calibre C (18.1 mm - 20.0 mm). Datos similares se encontraron en la región Lambayeque por Huamán y Matos (2020), demostrando que el ecotipo Ayacuchano tiene buen calibre y que la aplicación del humato y biosílice mejora la calidad física del fruto.

Figura 7

Clasificación de frutos por calibre (%) en cada tratamiento por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato y biosílice foliar en cultivo de aguaymanto



Rendimiento total (kg. ha⁻¹)

En la tabla 8 del análisis de varianza para el rendimiento total (kg ha⁻¹), se observa que existe diferencia altamente significativa en el contraste de los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9 y testigo absoluto (T10), mas no en las otras fuentes de variabilidad.

Tabla 8

Análisis de variancia del rendimiento (kg ha⁻¹) por efecto de tres dosis de humato y biosílice foliar en cultivo de aguaymanto

FV	GL	SC	CM	Fc	P-valor	Sig.
Bloque	2	4733228.74	2366614.37	1.22	0.3217	ns
Dosis humato (A)	2	14056661.02	7028330.51	3.62	0.0505	ns
Dosis biosílice (B)	2	4286384.85	2143192.42	1.10	0.3557	ns
Inter (A x B)	4	12756608.72	3189152.18	1.64	0.2125	ns
Contraste (Trat. fac. vs. T10)	1	24781093.09	24781093.09	13.33	0.0016	**
Error	16	31078243.90	1942390.24			
Total	26	66911127.22				

C.V = 8.63%

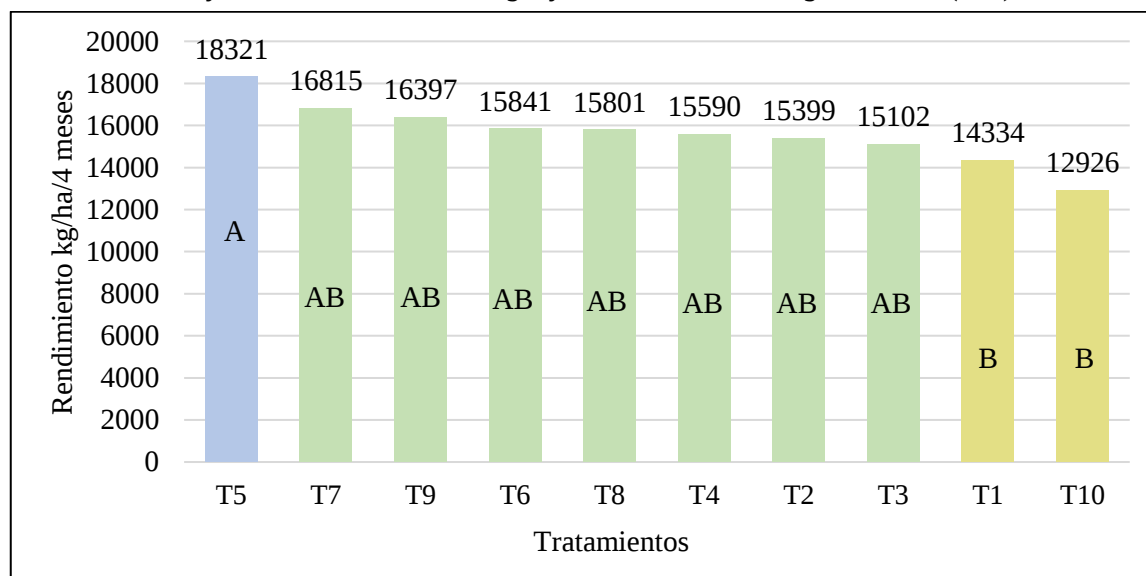
C.V (contraste) = 8.52 %

Según la figura 8 de la prueba de Tukey (p 0.05), se observa que la aplicación foliar de humato y biosílice incrementa los rendimientos en plantas de aguaymanto. Siendo 15 ml l⁻¹ de humato junto a 1.5 % de biosílice (T5) el de mejor performance con 18,321 kg de frutos/ha. Esto sugiere que no necesariamente las dosis foliares de bioestimulantes deben ser altas a razón de que puede causar cierto nivel de toxicidad, dado que se está aplicando al follaje, un órgano no especializado.

El estudio de Wang et al. (2015) indica que la aplicación foliar de silicio como bioestimulante puede evitar la inmovilización fisicoquímica de nutrientes y tiene un efecto directo en comparación con la aplicación al suelo. Por otro lado, es importante considerar que la materia prima utilizada, se obtiene directamente de tierra de diatomeas, lo que tiene un mérito a considerar dado que los reportes científicos refieren a silicatos altamente solubles como los potásicos, sódico o ácido salicílico (Savvas & Ntatzis, 2015). Guerrero y Rojas (2016) determinaron que el ecotipo Cajamarquino tuvo el mayor rendimiento comercial con 24,340 kg ha⁻¹, seguido del Ayacuchano con 22,420, Colombiano con 21,750 kg ha⁻¹, Celendino con 19,300 kg ha⁻¹ y Silvestre (testigo) con tan solo 16,690 kg ha⁻¹, evaluados durante los 6 primeros meses de cosecha. Todos ellos superiores al ecotipo Ayacuchano, por ello recordamos que la cosecha en la investigación corresponde a los primeros 4 meses, y no así durante los 6 meses, que sí fueron en el trabajo de los autores.

Figura 8

Prueba de Tukey (p 0.05) para rendimiento (kg ha⁻¹) por efecto de la aplicación foliar de tres dosis de humato y biosílíce en cultivo de aguaymanto versus el testigo absoluto (T10)



ANÁLISIS ECONÓMICO

Ingreso bruto (S/. ha)

La tabla 9 muestra que el T5 presenta mayor rendimiento y mejor precio, generando el mayor ingreso bruto de 72,917.58 nuevos soles por hectárea de producción del cultivo de aguaymanto.

Tabla 9

Rendimiento, precio de venta e ingreso bruto de producción del cultivo de aguaymanto

Tratamiento	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Precio (s/. kg)	Ingreso bruto (s/. ha)
T1	14334	S/. 3.90	S/. 55,902.60
T2	15399	S/. 3.83	S/. 58,978.17
T3	15102	S/. 3.77	S/. 56,934.54
T4	15590	S/. 3.93	S/. 61,268.70
T5	18321	S/. 3.98	S/. 72,917.58
T6	15841	S/. 3.96	S/. 62,730.36
T7	16815	S/. 3.74	S/. 62,888.10
T8	15801	S/. 3.88	S/. 61,307.88
T9	16397	S/. 3.95	S/. 64,768.15
T10	12926	S/. 3.58	S/. 46,275.08

Costo total de producción (S/. ha)

La tabla 10 detalla el costo de producción por tratamiento. El T10 presenta el costo más bajo al no recibir abono de fondo orgánico - mineral ni humato y biosílíce foliar.

Tabla 10*Costo directo, indirecto y total de producción del cultivo de aguaymanto*

Tratamiento	Costo directo (s/. ha)	Costo indirecto (s/. ha)	Costo total (s/. ha)
T1	S/. 15,290.00	S/. 6,354.00	S/. 21,644.00
T2	S/. 15,970.00	S/. 6,437.00	S/. 22,407.00
T3	S/. 16,080.00	S/. 6,448.00	S/. 22,528.00
T4	S/. 15,601.25	S/. 6,600.13	S/. 22,201.38
T5	S/. 16,031.25	S/. 6,643.13	S/. 22,674.38
T6	S/. 16,141.25	S/. 6,654.13	S/. 22,795.38
T7	S/. 15,605.00	S/. 6,600.50	S/. 22,205.50
T8	S/. 16,035.00	S/. 6,643.50	S/. 22,678.50
T9	S/. 16,145.00	S/. 6,654.50	S/. 22,799.50
T10	S/. 11,930.00	S/. 5,958.00	S/. 17,888.00

Ingreso neto (S/. ha)

La tabla 11 muestra el ingreso neto por tratamiento, destacando que el T5 tiene el mayor valor con S/. 50,243. 21 por hectárea de producción del cultivo de aguaymanto.

Tabla 11*Ingreso neto de producción del cultivo de aguaymanto*

Tratamiento	Ingreso bruto (s/. ha)	Costo total de producción (s/. ha)	Ingreso neto (s/. ha)
T1	S/. 55,902.60	S/. 21,644.00	S/. 34,258.60
T2	S/. 58,978.17	S/. 22,407.00	S/. 36,571.17
T3	S/. 56,934.54	S/. 22,528.00	S/. 34,406.54
T4	S/. 61,268.70	S/. 22,201.38	S/. 39,067.33
T5	S/. 72,917.58	S/. 22,674.38	S/. 50,243.21
T6	S/. 62,730.36	S/. 22,795.38	S/. 39,934.99
T7	S/. 62,888.10	S/. 22,205.50	S/. 40,682.60
T8	S/. 61,307.88	S/. 22,678.50	S/. 38,629.38
T9	S/. 64,768.15	S/. 22,799.50	S/. 41,968.65
T10	S/. 46,275.08	S/. 17,888.00	S/. 28,387.08

Rentabilidad

Según la tabla 12, el tratamiento más rentable es con aplicaciones conjuntas de 15 ml l-1 de humato y 1.5 % de biosilice (T5), recuperando 2.22 soles por cada 1 sol invertido.

Tabla 12*Rentabilidad del cultivo de aguaymanto expresado en beneficio/costo*

Tratamiento	Costo total de producción (s/. ha)	Ingreso neto (s/. ha) (Beneficio)	Rentabilidad (B/C)
T1	S/. 21,644.00	S/. 34,258.60	1.58
T2	S/. 22,407.00	S/. 36,571.17	1.63
T3	S/. 22,528.00	S/. 34,406.54	1.53
T4	S/. 22,201.38	S/. 39,067.33	1.76
T5	S/. 22,674.38	S/. 50,243.21	2.22
T6	S/. 22,795.38	S/. 39,934.99	1.75
T7	S/. 22,205.50	S/. 40,682.60	1.83
T8	S/. 22,678.50	S/. 38,629.38	1.70
T9	S/. 22,799.50	S/. 41,968.65	1.84
T10	S/. 17,888.00	S/. 28,387.08	1.59

CONCLUSIONES

1. Aplicaciones individuales de dosis mayores de humato (20 ml l^{-1}) y biosílice (2 %) foliar, sin diferencia de $15 \text{ l}^{-1} \text{ ml}$ de humato y 1.5 % de biosílice favorecen al incremento de clorofila en 3.77 % y 2.96 % en plantas de aguaymanto respecto a cuándo no se aplica nada (0 ml l^{-1} de humato y 0 % de biosílice). Por su parte, el T8 (20 ml l^{-1} de humato y 1.5 % de biosílice) incrementa el contenido de clorofila hasta en 12.24 % frente al testigo absoluto (T10).
2. La aplicación foliar de 1.5 % de biosílice, sin diferencia de la dosis mayor (2 %), aumenta la altura de planta hasta en 6.72 % respecto al testigo relativo (T1). A su vez, la aplicación conjunta de 15 ml l^{-1} de humato y 1.5 % de biosílice (T5) favorece al incremento de peso de frutos por planta en 41.75 % y altura de planta en 13.25 %, ambos respecto al testigo absoluto (T10). Además, el T5 permitió obtener el rendimiento más alto (18321 kg ha^{-1}).
3. El mayor B/C obtenido en la producción de aguaymanto fue de 2.22 nuevos soles con la aplicación foliar del T5 (15 ml l^{-1} de humato más 1.5 % de biosílice).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agromil. (2013). Primer simposio internacional: *Beneficios del silicio en la agricultura*.
- Alamri, S., Hu, Y., Mukherjee, S., Aftab, T., Fahad, S., Raza, A., ...& Siddiqui, M.H. (2020). Silicon-induced postponement of leaf senescence is accompanied by modulation of antioxidative defense and ion homeostasis in mustard (*Brassica juncea*) seedlings exposed to salinity and drought stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 175, 47 – 59. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.09.038>
- Baglione, L. (2011). Usos de la tierra diatomea. *Revista Tecnicaña*, 27, 31-32.
- Canellas, L. P., & Olivares, F. L. (2014). Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 1(1), 1-11
- Castellanos, L., Mello, R., & Silva, C. N. (2015). El silicio en la resistencia de los cultivos a las plagas agrícolas. *Cultivos Tropicales* 36: 16–24.
- Calderin, A., Guridi, F., Mollineda, A., García, E., Pimentel, J., Huelva, R., Valdés, R., & Hernández, O. (2009). Efectos biológicos de derivados del humus de lombriz sobre el crecimiento de plántulas de maíz (*Zea Mays* L., Var. Canilla), *Revista Centro Agrícola*, 36(1): 27-31.
- Cerda, M. (2021). *Biosílice foliar y edáficos en la tolerancia del maíz morado a salinidad, en laboratorio-Ayacucho*. 29(1).

- Proyecto de Desarrollo Rural Sostenible, & Cooperación Alemana al Desarrollo. (2011). *El aguaymanto, cultivo promisorio de la región de Cajamarca: Diagnostico de la cadena de valor*. <https://siar.regioncajamarca.gob.pe/download/file/fid/46749>
- González, K. D., Rodríguez, M. N., Trejo, L. I., García, J. L. & Sánchez, J. (2013). Efluente y té de vermicompost en la producción de hortalizas de hoja en sistema nft. *Interciencia. Rev. Ciencia y Tecnología de América* 38 (12): 863-869.
- Guerrero, J. (2019). *Fenología y producción de tres ecotipos de aguaymanto (Physalis peruviana L.) en el caserio de Pulún, distrito el Carmen de la frontera Huancabamba - Piura, 2018* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Piura].
- Guerrero, L. A., & Rojas, J. C. (2016). *Adaptación y rendimiento de cinco ecotipos de aguaymanto (Physalis peruviana L.) en la parte media del valle Chancay, Lambayeque* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].
- Huamán, L. M. & Matos, M. J. (2020). *Evaluación de las características físicoquímicas del aguaymanto (Physalis Peruviana L.) de los sectores Kuyunayacu, Densilde y Yoyoca del distrito de Kañaris, confines de su categorización para exportación*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].
- Lazo, J. V., Ascencio, J., Ugarte, J., & Yzaguirre, L. (2014). Efecto del humusbol (humato doble de potasio y fósforo) en el crecimiento del maíz en fase vegetativa. *Bioagro*, 26(3), 143-152.
- Liao, H. S., Chung, Y. H., & Hsieh, M. H. (2022). Glutamate: A multifunctional amino acid in plants. *Plant Science*, 318, 111238.
- Lee, S. K., Sohn, E. Y., Hamayun, M., Yoon, J. Y., & Lee, I. J. (2010). Effect of silicon on growth and salinity stress of soybean plant grown under hydroponic system. *Agroforestry systems*, 80, 333-340.
- Lang, D. Y., Fei, P. X., Cao, G. Y., Jia, X. X., Li, Y. T., & Zhang, X. H. (2019). Silicon promotes seedling growth and alters endogenous IAA, GA3 and ABA concentrations in Glycyrrhiza uralensis under 100 mM NaCl stress. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 94(1), 87-93.
- Ministerio de agricultura y riego (MINAGRI) (2018). *MINAGRI impulsa producción de aguaymanto en Ayacucho para conquistar mercados externos, Ayacucho, Perú*.
- Martínez, D. (2006). *Evaluación del efecto del Pillan en indicadores bioquímicos-fisiológicos en el cultivo del maíz (Zea mays L.)*. [Tesis de Maestría en ciencias de la química, Universidad Agraria de la Habana].
- Mengel, K. & Kirkby, E. A. (2011). *Principios y nutrición vegetal*: 4º Edición.
- Maillard, A., Ali, N., Schwarzenberg, A., Jamois, F., Yvin, J. C., & Hosseini, S. A. (2018). Silicon transcriptionally regulates sulfur and ABA metabolism and delays leaf senescence in barley under combined sulfur deficiency and osmotic stress. *Environmental and experimental botany*, 155, 394-410.

- Nardi, S., Carletti, P., Pizzeghello, D., & Muscolo, A. (2009). Biological activities of humic substances. *Biophysico-chemical processes involving natural nonliving organic matter in environmental systems*, 2(1), 305-339.
- Normas Técnicas Peruanas - NTP 203.121:2007. (Revisada, 2014). Frutas andinas tipo berries (bayas). Aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) fresco. Especificaciones. 1° Edición.
- Novoa, R. & Villagrán, N. (2002). Evaluación de un instrumento medidor de clorofila en la determinación de niveles de nitrógeno foliar en maíz. *Agricultura Técnica*, 62(1), 166–171. <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072002000100017>
- Pérez E. (1996). *Plantas útiles de Colombia Cauca*, Cargraphics: 5° edición.
- Quero, E. (2015). *Silicio en la protección de plantas*. Agromix. Agricultura. Mexico.
- Rodríguez, F., WM, Datnoff, LE, Jones, JB y Rollins, JA (2005). Silicon influences cytological and molecular events in compatible and incompatible rice (*Magnaporthe grisea*) interactions. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 66: 144-159.
- Rodríguez, M. N., Alcántar, G., Aguilar, A., Etchevers, J. D., & Santizó, J. A. (1998). Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra Latinoamericana*, 16(2), 135-141.
- Silos, R. (12 de junio de 2020). *Uso de silicio biogénico en la agricultura* [Archivo de video]. <https://www.youtube.com/watch?v=koA5vzI8VZo>
- Savvas, D., & Ntatsi, G. (2015). Biostimulant activity of silicon in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196:66-81. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.010>
- Sánchez, M. (2011). *Cultivo de brócoli (Brassica oleracea L, variedad Italica) con suplementación de cuatro abonos foliares, en Canaan a 2750 m.s.n.m. – Ayacucho* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga].
- Tv Agro (28 de noviembre 2017). Uchuva de Exportación Sonsón Antioquia - TvAgro por Juan Gonzalo Ángel. [Archivo de video].
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Fisiología vegetal* (Castello de la palma, Vol. 1). Universitat Jaume I.
- Valdiviezo, D., Rondoy, A. B., Lima, E., & Diane, M. (2017). *Dirección de Recursos Minerales y Energéticos Equipo de Investigación*.
- Wang, S. Y., Wang, F., & Gao, G. (2015). Foliar application with nano-silicon alleviates Cd toxicity in rice seedlings. *Environ Sci Pollut Res In*. 22(4), 2837 – 2845. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3525-0>
- Yilmaz, Y., & Korkmaz, A. (2023). Effects of different types of irrigation water quality and silicon doses on fruit yield, chlorophyll and carotenoid contents of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) under soilless culture technique. *Journal of Agricultural Sciences*, 29(3).

- Romo, J. R. (2018). *Evaluación del rendimiento del cultivo de uvilla (Physalis peruviana L.) bajo dos sistemas de producción, sometido a la aplicación de abonos orgánicos y NPK, en el Sector Miraflores, Provincia del Carchi*. [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo, sede el Ángel – Carchi].
- Reynoso, A. F., Cosme, R. C., Adamas, E., Juscamaita, J., & Quispe, M. R. (2022). Manual Técnico - Producción de biofertilizante líquido acelerado. <https://hdl.handle.net/20.500.12955/1673>