

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**COMPARACIÓN DE FUENTES DE MICROORGANISMOS EFICIENTES EN
LA PRODUCCIÓN DE SANDÍA (*Citrullus lanatus*) EN QUELLOUNO, LA
CONVENCION, CUSCO**

PRESENTADO POR:

Br. DANY MARCELO GONZALES SOLIS

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

ASESOR:

DRA. CATALINA JIMÉNEZ AGUILAR

CUSCO - PERU

2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesistitulada:

COMPARACIÓN DE FUENTES DE MICROORGANISMOS EFICIENTES
EN LA PRODUCCIÓN DE SANDIA (Citrullus lanatus) EN QUELLOUNO, LA
CONVENCION, CUSCO

Presentado por: DANY MARCELO GONZALES SOLIS DNI N° 72017342

presentado por: DNI N°:

Para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO AGRÓNOMO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 3 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 2 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	☒
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	☐
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	☐

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 15 de AGOSTO de 2025



Firma

Post firma Catalina Jiménez Aguilar

Nro. de DNI 23936715

ORCID del Asesor 0000-0002-1813-7756

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:482252013

DANY MARCELO GONZALES SOLIS

COMPARACIÓN DE FUENTES DE MICROORGANISMOS EFICIENTES EN LA PRODUCCIÓN DE SANDÍA (Citrullus l

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:482252013

Fecha de entrega

12 ago 2025, 12:34 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

12 ago 2025, 12:38 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

TESIS DE DANY MARCELO GONZALES SOLIS.pdf

Tamaño de archivo

8.4 MB

107 Páginas

28.674 Palabras

144.355 Caracteres

2% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)
- Trabajos entregados
- Fuentes de Internet

Fuentes principales

- 0%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIAS

En memoria de mi padre, Carlos Gonzales Alvites quien me enseñó todo lo necesario para seguir un sendero correcto y aun en su ausencia sigo aprendiendo de él.

A mi madre Marcelina Solis de Gonzales, que día a día me enseña la fortaleza de un ser humano.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Carlos Gonzales Alvites y Marcelina Solís de Gonzales, a quienes les debo la educación de toda la vida, a mis hermanos Noemi, Carlos y Javier, que a su manera siempre tienen algo que enseñar. Y una mención especial a mi cuñado Rally, que fue por él que conocí esta hermosa carrera.

A mis sobrinas Jasel y Evita, con quienes comparto mi vida y en especial Jasel con quien crecimos como hermanos; si se pudo.

A mi asesor, Dr. Catalina Jimenes Aguilar que aún me tiene mucha paciencia y a todos los docentes de agronomía que tuve la oportunidad de conocer, dentro y fuera del salón de clases, se aprende mucho incluso en lo cotidiano.

A mis compañeros y amigos de la hermosa escuela profesional de agronomía, estoy seguro que todos aprendimos algo entre nosotros.

CONTENIDO

DEDICATORIAS.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
RESUMEN.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	1
I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Identificación del problema objeto de investigación.....	2
1.2. Formulación del problema.....	2
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos	3
2.3. Justificación.....	3
III. HIPÓTESIS	5
3.1. Hipótesis general.....	5
3.2. Hipótesis específicas.....	5
IV. MARCO TEÓRICO	6
4.1. Antecedentes de la investigación.....	6
4.2. Cultivo de sandía	11
4.3. Microorganismos eficientes.....	31
V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	45
5.1. Tipo de investigación.....	45
5.2. Ubicación temporal del experimento	45
5.3. Ubicación del campo experimental.....	45
5.4. Variables climáticas.....	45
5.5. Materiales, equipos y herramientas	46
5.6. Métodos	47
VI. RESULTADOS	62
6.1. Rendimiento	62
6.2. Peso de fruto por planta	62
6.3. Número de frutos por planta.....	63
6.4. Longitud de fruto	63
6.5. Diámetro de fruto	64

6.6.	Peso de fruto	64
6.7.	Espesor de cáscara.....	65
6.8.	Contenido de sólidos solubles.....	65
VII.	DISCUCIÓN DE RESULTADOS.....	66
7.1.	Rendimiento	66
7.2.	Peso de fruto por planta	67
7.3.	Número de frutos por planta	68
7.4.	Longitud de fruto	69
7.5.	Diámetro de fruto	70
7.6.	Peso de fruto	71
7.7.	Espesor de cáscara.....	73
7.8.	Contenido de sólidos solubles.....	74
VIII.	CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS	77
IX.	BIBLIOGRAFÍA.....	79
	ANEXO 01: PANEL FOTOGRÁFICO.....	82
	ANEXO 2: RESULTADOS DE CAMPO.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Superficie cosechada de sandía (ha)	11
Tabla 2: Producción de sandía (toneladas).....	12
Tabla 3: Rendimiento de sandía (kg/ha).....	13
Tabla 4: Variables climáticas – Estación meteorológica de Quillabamba.....	45
Tabla 5: Modelo de análisis de varianza	48
Tabla 6: Tratamientos.....	48
Tabla 7: Dosis de aplicación por tratamiento.....	53
Tabla 8: Rendimiento por área neta de evaluación de 24 m ² (kg/área neta).....	62
Tabla 9: Rendimiento proyectado con información de área neta de evaluación (t/ha)	62
Tabla 10: Análisis de varianza - Rendimiento (t/ha)	62
Tabla 11: Peso de fruto por planta (kg)	62
Tabla 12: Análisis de varianza - Peso de fruto por planta (kg).....	63
Tabla 13: Número de frutos por planta	63
Tabla 14: Análisis de varianza - Número de frutos por planta.....	63
Tabla 15: Longitud de fruto (cm)	63
Tabla 16: Análisis de varianza - Longitud de fruto (cm).....	63
Tabla 17: Diámetro de fruto (cm)	64
Tabla 18: Análisis de varianza - Diámetro de fruto (cm).....	64
Tabla 19: Peso de fruto (Kg).....	64
Tabla 20: Análisis de varianza - Peso de fruto (Kg)	64
Tabla 21: Espesor de cáscara (mm)	65
Tabla 22: Análisis de varianza - Espesor de cáscara (mm).....	65
Tabla 23: Contenido de sólidos solubles (°Brix).....	65
Tabla 24: Análisis de varianza - Contenido de sólidos solubles (°Brix)	65
Tabla 23: Peso de frutos por parcela neta de evaluación (24 m ²) – dos cosechas	83
Tabla 24: Peso fresco de frutos por planta (kg) – Primera cosecha	84
Tabla 25: Peso fresco de frutos por planta (kg) – Segunda cosecha	85
Tabla 26: Peso fresco de frutos por planta (kg) – Total de las dos cosechas	86
Tabla 27: Número de frutos por planta – Primera cosecha	87
Tabla 28: Número de frutos por planta – Segunda cosecha	88

Tabla 29: Número de frutos por planta – Total de la dos cosechas	89
Tabla 30: Longitud de fruto (cm)	90
Tabla 31: Diámetro de fruto (cm)	91
Tabla 32: Peso de fruto individual (Kg)	92
Tabla 33: Espesor de cáscara (mm)	93
Tabla 34: Contenido de sólidos solubles (°Brix).....	94

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Identificación de unidades experimentales.....	54
Fotografía 2: Control fitosanitario	55
Fotografía 3: Identificación de unidades experimentales.....	56
Fotografía 4: Pesado de frutos.....	57
Fotografía 5: Longitud de fruto	58
Fotografía 6: Diámetro de fruto	59
Fotografía 7: Peso de fruto	59
Fotografía 8: Espesor de la cáscara de la fruta	60
Fotografía 9: Colocando el jugo en el refractómetro.....	60
Fotografía 10: Lectura del contenido de sólidos solubles en el refractómetro.....	61
Fotografía 11: Sandía en plena floración.....	82
Fotografía 12: Visita de la Ingeniera Asesora de la tesis	82
Fotografía 13: Primera evaluación.....	82

RESUMEN

El trabajo de investigación denominado “Comparación de fuentes de microorganismos eficientes en la producción de sandía (*Citrullus lanatus*) en Quellouno, La Convención, Cusco” fue realizada en su etapa experimental del 15 de febrero al 26 de julio del 2023.

Los objetivos fueron: evaluar si los microorganismos eficientes afectan el rendimiento del cultivo de sandía comparado con el testigo sin aplicación y determinar si los microorganismos eficientes afectan las características agronómicas, comparado con el testigo sin aplicación. Fue asumido el diseño de bloques completo al azar, con cuatro bloques y 12 unidades experimentales. Fue determinado el análisis de varianza al 1 y 5% de probabilidad. Fueron evaluados los microorganismos eficientes: EM-Compost y EM-Recuperado a una dosis de 20 l/ha, aplicado al suelo en pulverización cada ocho días en tres oportunidades, en la etapa de crecimiento activo de la planta antes de la floración.

En los resultados se tiene: no se presentaron diferencias significativas al 1 y 5% de probabilidad para los indicadores de rendimiento y características agronómicas, sin embargo, aritméticamente el tratamiento EM-Compost presentó los mejores resultados para: peso de frutos por hectárea con 56.3 t/ha, peso de frutos por planta con 13.63 kg/planta, número de frutos por planta con 1.4 frutos/planta, longitud de fruto con 34.89 cm, diámetro de fruto con 22.61 cm, para peso de fruto 10.42 kg/fruto y contenido de sólidos solubles con 10.19°Brix, mientras que para espesor de cáscara el mejor fue testigo, sin aplicación de microorganismos eficientes con 16.23 mm.

Las conclusiones fueron: los microorganismos eficientes aplicados al suelo en pulverización no incrementan el rendimiento del cultivo de sandía, expresado como peso de frutos por hectárea, peso y número de frutos por planta, ya que, presentan promedios estadísticamente iguales al 1 y 5% de probabilidad, tampoco afectan las características agronómicas: longitud, diámetro y peso del fruto, espesor de la cáscara y el contenido de sólidos solubles, ya que presentaron promedios estadísticamente iguales al 1 y 5% de probabilidad.

INTRODUCCIÓN

La sandía es una fruta agradable para el consumo humano y es muy apreciado por los consumidores locales. En situación actual la demanda de esta fruta es satisfecha con producción foránea, principalmente de las regiones de Arequipa y Tacna, ya que la producción en la región Cusco se limita a áreas pequeñas, especialmente en zonas de ceja de selva, principalmente provincia de La Convención, debido a que existen condiciones de suelo y clima favorables para el cultivo.

Como es de conocimiento general la producción de sandía, en la costa peruana utiliza un gran número de agroquímicos y fertilizantes, que muchas veces es aplicado en forma indiscriminada y en dosis excesiva, generando contaminación del fruto con residuos de tóxicos, dañinos para la salud humana, mientras que, en la provincia de La Convención, los pocos agricultores que cultivan sandía, aún lo realizan en forma orgánica o con muy pocas aplicaciones, obteniendo frutos menos contaminados, razón por la cual, es necesario reforzar esta tecnología investigando alternativas amigables con el ecosistema, como es la tecnología de los microorganismos eficientes.

Los microorganismos eficientes está conformado por bacterias ácidos lácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras y actinomicetos, cuyos beneficios en la agricultura son: fijación biológica de nitrógeno atmosférico, descomposición acelerada de residuos y materia orgánica en el suelo, supresión de agentes fitopatógenos del suelo, promoción del reciclaje de nutrientes en el suelo, solubilización acelerada de elementos minerales fijados en el suelo, efectos positivos sobre el desarrollo de raíces y mejora en la nutrición de las plantas, mejoran la tolerancia a factores de estrés de las plantas, todo lo anterior conlleva a mejorar el rendimiento del cultivo, razón por la cual, investigar en las fuentes y las formas de aplicación de los microorganismos eficientes en el cultivo de sandía es de gran importancia para el desarrollo de una agricultura orgánica y sostenible.

El autor

I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación del problema objeto de investigación

El cultivo de sandía, especialmente en la costa peruana, emplea un gran número de agroquímicos que no solamente son tóxicos para la salud humana y animal, sino son contaminantes del suelo y las fuentes de agua y afectan severamente la vida silvestre, dentro de este grupo de agroquímicos se ubican no solamente los pesticidas agrícolas y los bioestimulantes sintéticos, sino también la gran cantidad de fertilizantes sintéticos utilizados para incrementar el rendimiento de los cultivos, entre ellos la sandía.

Una alternativa para resolver el problema antes mencionado es utilizar productos orgánicos amigables con el medio ambiente y la salud humana y animal para mejorar el rendimiento y calidad de las cosechas, en ese contexto el uso de microorganismos eficientes se convierte en una alternativa viable para el cultivo orgánico de la sandía, sin embargo, no se tiene información al menos regional de la efectividad de estos productos en el rendimiento y las características del fruto de la sandía, razón por la cual se realiza las siguientes preguntas de investigación:

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general.

¿Cual será el efecto de los microorganismos eficientes en el rendimiento y las características agronómicas de sandía (*Citrullus lanatus*) en Quellouno, La Convencion, Cusco?

1.2.2. Problemas específicos.

1. ¿Los microorganismos eficientes afectan el rendimiento del cultivo de sandía comparado con el testigo sin aplicación?
2. ¿Los microorganismos eficientes afectan las características agronómicas de longitud, diámetro, peso, espesor de cáscara y contenido de sólidos solubles del fruto de sandía, comparado con el testigo sin aplicación?

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Objetivo general

Determinar el efecto de los microorganismos eficientes en el rendimiento y las características agronómicas de sandía (*Citrullus lanatus*) en Quellouno, La Convencion, Cusco.

2.2. Objetivos específicos

1. Evaluar si los microorganismos eficientes afectan el rendimiento del cultivo de sandía comparado con el testigo sin aplicación.
2. Determinar si los microorganismos eficientes afectan las características agronómicas de longitud, diámetro, peso, espesor de cáscara y contenido de sólidos solubles del fruto de sandía, comparado con el testigo sin aplicación.

2.3. Justificación

La producción de sandía es una actividad económica que genera ingresos monetarios a muchos productores a nivel nacional y regional. Los ingresos económicos que genera este cultivo depende del rendimiento, la calidad de los frutos y de los precios pagados en chacra, razón por la cual, determinar si los microorganismos eficientes aplicados en la etapa de crecimiento activo de las plantas de sandía incrementan el rendimiento, expresado como peso de frutos por hectárea y mejoran las características agronómicas del fruto como es el contenido de azúcares de la pulpa, el espesor de la cáscara, el peso y tamaño de fruto, es de gran importancia ya que, determina en gran medida el ingreso económico que reciben los productores de sandía en la región Cusco.

Incrementar el rendimiento del cultivo de sandía y obtener frutos con mejores características agronómicas como consecuencia del uso de microorganismos eficientes aplicados en la etapa de crecimiento influye en el bienestar social y en la mejora de la calidad de vida de los productores, ya que, esta condición se encuentra fuertemente vinculado al ingreso económico que reciben las familias

productoras del cultivo, el cual a su vez se encuentra relacionado con el rendimiento, por tal razón, investigar en el efecto que tienen los microorganismos eficientes sobre el rendimiento y las características agronómicas del fruto de sandía es de gran importancia y justifica la presente investigación.

El uso de agroquímicos para el control de plagas y enfermedades aplicados al suelo o al follaje ha generado impacto negativo sobre el ambiente, este impacto ha sido mayor debido a que muchos de estos agroquímicos fueron aplicados en forma indiscriminada sin respetar las dosis y frecuencias recomendadas, igual problema ha generado el uso inadecuado de los fertilizantes sintéticos, este efecto negativo en el suelo ha sido en muchos casos reducir drásticamente el contenido de microorganismos benéficos que son habitantes comunes del suelo, por las razones anteriores, investigar en el efecto que tiene el uso de microorganismos eficientes sobre el rendimiento y las características agronómicas del fruto de sandía es de gran importancia, ya que, estos productos son totalmente amigables con el medio ambiente, al comportarse como mejoradores del suelo y no tener residuos contaminantes, por lo que, se justifica plenamente la presente investigación.

Investigar sobre el efecto que tiene el uso de microorganismos eficientes aplicados al suelo en el momento de crecimiento activo del cultivo de sandía sobre el rendimiento y las características agronómicas del fruto es de gran importancia científica, ya que, incrementará el acervo de conocimientos existentes con respecto a este tema y permitirá recomendar a los productores el uso de microorganismos eficientes como un conocimiento que ha sido confirmado con investigación científica correctamente conducido y con resultado honesto y no direccionado según interés comercial.

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

Los microorganismos eficientes aplicados al suelo mejoran la producción de sandía en condiciones de Quellouno, La Convención – Cusco comparado con el testigo sin aplicación.

3.2. Hipótesis específicas

1. Los microorganismos eficientes aplicados al suelo mejoran el rendimiento del cultivo de sandía comparado con el testigo, ya que, los promedios de los tratamientos son estadísticamente diferentes.
2. Los microorganismos eficientes aplicados al suelo mejoran las características de longitud, diámetro, peso, espesor de cáscara y contenido de sólidos solubles del fruto de sandía, comparado con el testigo sin aplicación.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. Antecedentes de la investigación

Antecedentes internacionales

Piza (2021) en la investigación denominada: Efecto de activadores naturales de suelo con *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Pseudomonas monteilli*, en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*), con el objetivo de incrementar la productividad con el uso de activadores naturales; *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Pseudomonas monteilli*, en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*), evaluó dos tratamientos: fertilizantes en el nivel 50-125-300 + microorganismos eficientes y fertilizantes en el nivel 50-125-300, asumió el diseño de bloques completo al azar y la investigación fue realizada en la Universidad Agraria del Ecuador, reportó los siguientes resultados: el tratamiento NPK (150-125-130) más activador natural del suelo presentó el mejor resultado para: longitud de fruto con 30.8 cm, diámetro de fruto con 18.8 cm, número de frutos por planta 3.12, peso de fruto promedio 6.44 kg y 66.491 t/ha de frutos. La conclusión fue que los microorganismos eficientes tienen incidencia positiva en el desarrollo agronómico de las plantas, ya que, los tratamientos presentaron diferencias significativas en sus promedios.

Solis (2020) en la tesis “Efectos de un regulador fisiológico sobre la producción de dos híbridos de sandía (*Citrullus lanatus*), Colimes – Guayas” realizada en la Univesidad Agraria del Ecuador con el objetivo de determinar el efecto de una fitohormona sobre la producción de dos híbridos de sandía (*Citrullus lanatus*), Colimes – Guayas, la fitohormona evaluada fue el ácido naftalenacético, fue asumido el diseño de bloques completo al azar con cuatro tratamiento y cinco repeticiones, con un total de 20 unidades experimentales, obtuvo los siguientes resultados: el tratamiento Ácido naftalenacético más la variedad Santa Amelia obtuvo el mejor resultado para número de frutos por planta promedio de 1.75, longitud de fruto con 35.62 cm, diámetro de fruto con 18.90 cm, un peso promedio de 5.41 kg y concentración de sólidos solubles de 10.78. La conclusión final fue que el bioestimulante Ácido naftalenacético mejoraron las características del fruto comparado con el testigo. La conclusión del experimento fue que la fitohormona

evaluada generó efectos positivos en las características agronómicas de la sandía.

Pérez (2021) en la tesis “Uso de mezclas de abonos orgánicos en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L.) variedad royal Charleston recinto Bijagual- Cantón Salitre” realizada en la Universidad Agraria del Ecuador con el objetivo de evaluar el efecto del uso de mezclas de abonos orgánicos en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L.) variedad Royal Charleston, establecido en el recinto Bijagual cantón Salitre, fue utilizado el diseño de bloques completo al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones con un total de 20 unidades experimentales, los tratamientos evaluados fueron: humus + guano, guano +biol, biol + humus y testigo, obtuvo los siguientes resultados: el mejor resultado para número de frutos por planta fue para el testigo (Abonamiento convencional) con 2.74 frutos por planta promedio, el mejor diámetro de fruto fue para el testigo con 17.29 cm, el mejor peso de fruto fue para testigo con 6.61 kg, el mejor rendimiento fue también para testigo con 22.648 t/ha. La conclusión fue que en todas las variables evaluadas el mejor tratamiento fue el testigo y no hubo efecto de las mezclas de abonos utilizados.

Antecedentes nacionales

Franco (2013) en la tesis “Efectos de la aplicación de sustancias húmicas y microorganismos eficaces dirigidas al suelo, en el rendimiento y calidad del fruto del cultivo de sandia (*Citrullus lanatus*) en la irrigación La Cano – Arequipa – 2012” fue realizada en Arequipa en la Universidad Católica de Santa María, con el objetivo de determinar el mejor tratamiento, en el rendimiento y calidad del fruto con aplicaciones dirigidas al suelo de sustancias húmicas y microorganismos eficientes en el cultivo de sandia (*Citrullus lanatus*), en las condiciones de la Irrigación La Cano. En esta investigación se considera los términos eficientes y eficaces como sinónimo, sin embargo, el término más utilizado es eficiente, según la revisión bibliográfica realizada. Fue asumido el diseño bloques completo al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones con un total de 16 unidades experimentales, fueron evaluados los siguientes tratamientos: testigo sin aplicación, sin microorganismes eficientes + sustancias húmicas, con

microorganismos eficientes + sin sustancias húmicas y microorganismos eficientes + sustancias húmicas, obtuvo los siguientes resultados: para rendimiento los microorganismos eficientes con 23.913 t/ha y sustancias húmicas con 24.328 t/ha obtuvieron los mejores resultados, mientras que, las sustancias húmicas presentaron mayor resultado para espesor de cáscara con 11.01 mm, sólidos solubles con 9.46° Brix y peso de fruto con 4.39 kg. La conclusión fue que la aplicación conjunta de microorganismos eficientes y sustancias húmicas producen incremento del rendimiento y en las características agronómicas del cultivo de sandía.

Ormeño (2022) en la tesis “Efecto de cuatro productos hormonales en el rendimiento y calidad de fruto en *Citrullus lanatus* sandia en el valle de Huaral” realizada en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carreón, en Huacho, con el objetivo de evaluar el efecto de cuatro productos hormonales en el rendimiento y calidad de fruto en *Citrullus lanatus* sandia en el valle de Huaral, fue asumido el diseño de bloques completo al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones con un total de 20 unidades experimentales, fueron evaluados las fitohormonas: Rother excelón, acigib 10%, citoone 1.4, trihomax y testigo, obtuvo los siguientes resultados: el mejor rendimiento de 43.4 t/ha de fruto fue obtenido por el bioestimulante Trihomax aplicado a los 24 días del trasplante, el mayor peso de fruto con 7.85 kg se obtuvo con el bioestimulante Acigib, el mejor diámetro de fruto de 23.5 cm se logró con el bioestimulante Trihomax, el grado Brix más alto de 10.4 se obtuvo con el bioestimulante Citoone, la conclusión fue que los bioestimulantes mejoraron el rendimiento y la calidad de sandia en comparación el testigo sin aplicación. La conclusión fue que el uso de fitohormonas en el cultivo de sandia incremento el rendimiento y características del fruto.

Pino (2018) en la tesis “Niveles de humus de lombriz y crema de algas marinas en el rendimiento de frutos de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb) en condiciones edafoclimáticas de la Irrigación San Camilo de Arequipa” realizada en la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa con el objetivo de establecer el efecto del abonamiento del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb) en base a humus de lombriz y crema de algas marinas en el rendimiento de frutos de sandía

en condiciones edafoclimáticas de la Irrigación San Camilo de Arequipa, fue asumido el diseño bloques completo al azar con seis tratamientos y tres repeticiones con un total de 18 unidades experimentales, para el factor dosis de humus fueron evaluados los niveles: 4, 8 y 12 t/ha y para el factor crema de algas marinas se evaluaron los niveles: 2 y 4 l/ha, obtuvo los siguientes resultados: el peso promedio de fruto se presentó con ocho toneladas de humus de lombriz por hectárea con 8.9 kg por fruto, el mejor resultado para sólidos solubles se presentó en el tratamiento crema de algas marinas con 10.7 °Brix, el mejor rendimiento de frutos se presentó con crema algas marinas con 46.048 t/ha seguido de 8 toneladas por hectárea de humus de lombriz con 45.572 t/ha. La conclusión fue que el tratamiento que mejor rendimiento obtuvo fue 8 t/ha de humus de lombriz y 2 litros/ha de crema de algas marinas.

Panta (2015) en la tesis “Niveles de fertilización potásica en la producción y calidad de sandía (*Citrullus lanatus*) cv. Blackfire” realizada en la Universidad Nacional Agraria La Molina con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de fertilizantes potásicos en el rendimiento y calidad del cultivo de sandía de la variedad Black Fire, fue asumido el diseño de bloques completo al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones con un total de 20 unidades experimentales, fueron evaluados los niveles: 0, 160, 210 y 260 kg/ha de potasio, obtuvo los siguientes resultados: No se presentaron diferencias significativas para rendimiento de frutos, los cuales fluctuaron de 19.22 t/ha para el testigo hasta 36.12 t/ha para el nivel 220-184-160, no se presentaron diferencias significativas para los indicadores de calidad: peso promedio de fruto que se presentó en el rango de 7.85 y 8.73 kg, longitud de fruto de 31.4 a 33.87 cm, diámetro de fruto en el rango de 20.20 y 21.82 cm, grosor de cáscara de 12.1 a 15.5 mm y sólidos solubles en el rango de 11.10 y 12.7 °Brix. La conclusión fue que los niveles de potasio evaluados no presentaron efecto sobre el rendimiento y las características agronómicas del cultivo de sandía.

Cruz (2010) en la tesis “Rendimiento de quince cultivares de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb), en el valle de Moquegua” realizada en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna, con el objetivo de evaluar el

comportamiento del rendimiento de quince cultivares de sandía bajo las condiciones del Valle de Moquegua, fue asumido el diseño bloques completo al azar con 15 tratamientos y tres repeticiones con un total de 45 unidades experimentales, obtuvo los siguientes resultados: los mejores resultados de peso de frutos por planta fue para las variedades Santa Amelia con 18.5 kg/planta y Orión con 17.41 kg/planta, las variedades que mostraron mejor rendimiento fueron Santa Amelia con 74.0 t/ha y Orión con 69.4 t/ha de fruto, el mejor peso de fruto fue presentado por Santa Amelia con 12.33 kg por fruto, las variedades 2625, San Amelia y Maha Raja presentaron los mejores resultados para longitud de fruto con 38.67, 37.33 y 35.0 respectivamente, el mejor diámetro ecuatorial fue presentado por Santa Amelia con 24.5 cm, el mejor número de fruto por planta fue presentado por la variedad 888 con 2.33 frutos por planta promedio, el mayor grosor de cáscara fue presentado por la variedad Cult 2626 con 1.25 cm, el contenido de sólidos solubles más alto fue presentado por la variedad 999 con 14.83°Brix. La conclusión fue que las mejores variedades fueron Amelia y Orión con los mejores rendimientos.

Cayo (2011) en la tesis “Respuesta de dos variedades de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb) a tres distanciamientos de siembra bajo condiciones de zanja en nivel freático superficial en la zona de los Palos - región Tacna”, realizada en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna, con los objetivos de determinar la variedad de sandía de mayor rendimiento bajo las condiciones de zanja en nivel freático superficial y determinar el distanciamiento de siembra de mayor efecto sobre el rendimiento, fue asumido el diseño de bloques completo al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones con un total de 24 unidades experimentales, fueron evaluados las variedades Santa Amelia y Starbrite y las distancias entre plantas de 0.8, 1.0 y 1.2 m, obtuvo los siguientes resultados: la mejor longitud de fruto fue para un metro de distanciamiento entre plantas con 44.74 cm, la variedad Santa Amelia presentó el diámetro de fruto mayor con 24.57 cm, esta misma variedad presentó el mayor número de frutos por planta con un promedio de 2.61 frutos por planta, el mejor peso de frutos por planta fue registrado para la variedad Santa Amelia con 29.76 kg/planta, el mejor peso de fruto fue registrada para el distanciamiento de siembra de un metro con 12.34 kg

por fruto promedio, el rendimiento más elevado se obtuvo en la variedad Santa Amelia con 102.787 t/ha. La conclusión fue que para rendimiento la mejor variedad fue Santa Amelia.

4.2. Cultivo de sandía

4.2.1. Origen y distribución

Fornaris (2015) señala que la sandía es considerada oriunda del continente africano, ya que en este continente se ha encontrado en su estado silvestre. La domesticación de la sandía ocurrió aproximadamente hace 4,000 años y su distribución comenzó posiblemente alrededor del año 800 DC, introduciéndose en primer lugar a la India, país en el cual su cultivo se extendió de tal manera que se considera como un centro secundario de diversificación, posteriormente en el año 1,100 DC la sandía se introdujo a la China y al sur de Rusia. La introducción al sur de Europa fue realizada posiblemente por los moros durante la conquista de España. Después de la conquista del continente americano fue introducido a esta región por los africanos y europeos.

4.2.2. Producción, superficie cosechada y rendimiento de la sandía a nivel nacional y regional

Tabla 1: Superficie cosechada de sandía (ha)

Región	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Promedio
Amazonas	51.7	54.2	56.4	54.9	63.0	54.0	60.0	56.3
Áncash	104.0	173.0	61.0	132.0	47.0	18.0	1.0	76.6
Arequipa	55.0	93.0	99.0	74.0	119.0	108.0	79.0	89.6
Cusco	8.0	8.0						8.0
Ica	404.1	282.7	454.3	566.4	536.4	480.5	527.5	464.5
La Libertad	412.4	271.1	229.5	315.5	503.0	450.5	463.5	377.9
Lambayeque	162.0	168.0	77.0	116.0	108.0	156.0	90.0	125.3
Lima	286.0	311.0	294.0	379.0	462.0	435.0	463.5	375.8
Lima Metropolitana			0.0	1.0	0.0	3.0	1.0	1.0
Loreto	888.0	1,212.0	1,524.0	1,269.0	1,298.0	1,334.0	1,341.0	1,266.6
Madre de Dios	22.0	17.0	25.0	31.5	59.3	49.3	56.3	37.2
Moquegua	28.0	22.0	20.0	26.0	31.0	13.0	21.0	23.0
Piura	508.0	574.0	385.0	430.0	464.0	563.0	449.0	481.9
Tacna	287.0	214.0	460.0	275.0	506.0	283.0	597.0	374.6
Tumbes	7.5	20.0	22.0	23.0	17.0	5.8	7.0	14.6
Ucayali	181.0	110.0	142.0	210.0	244.0	281.0	343.0	215.9
Nacional	3,404.7	3,530.0	3,857.2	3,911.3	4,457.7	4,234.0	4,499.8	3,984.9

Fuente: (MIDAGRI, 2023)

Según los registros de MIDAGRI (2023) el promedio nacional de superficie cosechada de sandía, considerando una serie histórica de siete años fue de 3,984.9 ha, según este mismo registro la región con mayor superficie cosechada fue Loreto con 1,266.6 ha, seguido de Piura con 481.9 ha e Ica con 464.5 ha. Considerando como año base 2015 la superficie cosechada a nivel nacional ha crecido en forma constante desde 3,404.7 ha en el año 2015 a 4,499.8 ha en el año 2021, equivalente al 32.16% del año base. Para la región Cusco existe registro de superficie cosechada para los años 2015 y 2016, a partir de ese año no existe más registro.

Tabla 2: Producción de sandía (toneladas)

Región	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Promedio
Amazonas	451	471	507	554	659	552	609	543
Áncash	4,285	6,285	2,305	5,678	2,010	730	45	3,048
Arequipa	1,793	2,878	4,545	3,706	6,895	6,495	4,705	4,431
Cusco	109	107	102	103	0	0	0	60
Ica	16,562	10,518	16,261	21,089	20,010	19,323	22,982	18,106
La Libertad	20,928	13,920	12,332	13,711	24,966	20,672	19,915	18,063
Lambayeque	3,359	3,994	2,120	3,532	3,275	4,934	2,583	3,400
Lima	8,190	8,197	7,444	10,358	12,988	12,736	15,384	10,757
Lima Metropolitana			0	26	0	42	24	18
Loreto	9,631	13,095	16,576	13,789	14,076	14,461	14,525	13,736
Madre de Dios	324	255	349	457	906	742	861	556
Moquegua	723	553	496	647	802	333	533	584
Piura	15,419	14,876	11,361	10,742	12,295	15,921	15,799	13,773
Tacna	9,814	7,626	18,148	11,593	22,226	11,251	20,662	14,474
Tumbes	51	507	271	373	260	83	49	228
Ucayali	4,158	2,398	3,291	4,974	6,172	7,833	9,720	5,506
Nacional	95,797	85,680	96,108	101,331	127,538	116,108	128,393	107,279

Fuente: (MIDAGRI, 2023)

Según los registros del MIDAGRI (2023) la producción nacional promedio, considerando una serie histórica de siete años desde el 2015 al 2021 fue de 107,279 toneladas de fruto, la región con mayor producción promedio fue Ica con 18,106 toneladas, seguido de muy cerca por La Libertad con 18,063 toneladas, un poco más alejado Tacna con 14,474 toneladas, Piura con 13,773 toneladas y Loreto con 13,736 t. La producción nacional de sandía ha crecido también en forma constante considerando como año base 2015 con 95,797 toneladas y último año 2021 con 128,393 toneladas, este incremento representa el 34.02% del año base 2015. Una de las regiones que ha tenido un crecimiento bastante

considerable ha sido Tacna de 9,814 toneladas en el año 2015 ha logrado producir 20,662 toneladas para el año 2021, es decir un crecimiento de 110.53%. sin embargo, existen regiones que han reducido su producción, como es el caso de la región Cusco cuya producción de 109 toneladas en el año 2015 se ha reducido a cero para el año 2021, similar situación se ha presentado en el caso de la región Ancash que redujo su producción de 4,285 toneladas en el año 2015 a tan solamente 45 toneladas en el 2021. Las demás regiones han mantenido un crecimiento discreto y similar al ritmo de la producción nacional.

Tabla 3: Rendimiento de sandía (kg/ha)

Región	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Promedio
Amazonas	8,722.1	8,694.6	8,993.1	10,090.2	10,455.6	10,227.8	10,155.0	9,619.8
Áncash	41,201.9	36,329.5	37,786.9	43,015.2	42,766.0	40,555.6	45,000.0	40,950.7
Arequipa	32,605.5	30,949.9	45,907.1	50,081.1	57,937.8	60,134.3	59,550.6	48,166.6
Cusco	13,625.0	13,375.0	12,687.5	12,875.0	-	-	-	13,140.6
Ica	40,984.5	37,209.4	35,797.9	37,232.7	37,303.4	40,214.6	43,566.9	38,901.3
La Libertad	50,746.8	51,347.8	53,733.8	43,459.4	49,633.4	45,886.1	42,965.5	48,253.3
Lambayeque	20,734.6	23,773.8	27,532.5	30,448.3	30,324.1	31,628.2	28,700.0	27,591.6
Lima	28,636.4	26,356.9	25,319.7	27,330.2	28,111.9	29,278.6	33,190.3	28,317.7
Lima Metropolitana	-	-	-	26,230.0	-	14,100.0	23,500.0	21,276.7
Loreto	10,845.7	10,804.5	10,876.6	10,866.0	10,844.4	10,840.3	10,831.5	10,844.1
Madre de Dios	14,747.7	14,970.6	13,962.0	14,495.2	15,292.0	15,066.0	15,297.8	14,833.0
Moquegua	25,820.0	25,117.3	24,824.0	24,865.8	25,866.1	25,645.4	25,394.3	25,361.8
Piura	30,352.4	25,916.4	29,509.1	24,981.4	26,497.8	28,278.9	35,187.1	28,674.7
Tacna	34,195.1	35,635.5	39,452.2	42,156.4	43,924.9	39,756.2	34,609.7	38,532.9
Tumbes	6,800.0	25,350.0	12,327.3	16,208.7	15,264.7	14,434.8	6,985.7	13,910.2
Ucayali	22,971.5	21,797.0	23,177.0	23,685.7	25,295.3	27,874.5	28,336.9	24,734.0
Nacional	28,136.8	24,272.1	24,917.0	25,907.3	28,610.9	27,422.8	28,533.4	26,828.6

Fuente: (MIDAGRI, 2023)

Según los registros de MIDAGRI (2023), considerando una serie histórica de siete años desde el 2015 al 2021 el rendimiento promedio nacional fue de 26,828.6 kg/ha de sandía, el rendimiento promedio más elevado fue registrado en la región de La Libertad con 48,253.3 kg/ha seguido de Arequipa con 48,166.6 kg/ha, seguido de Ancash con 40,950.7 kg/ha, Ica con 38,901.3 y Tacna con 38,532.9 kg/ha. Las regiones con bajo rendimiento fueron: Amazonas con 9,619.8 kg/ha, Loreto con 10,844.1 kg/ha y Cusco con 13,140.6 kg/ha. El rendimiento promedio nacional no ha tenido crecimiento, ya que de 28,136.8 kg/ha para el año 2015 ha crecido apenas a 28,533.4 kg/ha para el año 2021 es decir 1.4% de crecimiento. El rendimiento promedio nacional de sandía ha tenido años en los cuales se ha

reducido, así por ejemplo el 2016 presentó el rendimiento más bajo con 24,272.1 kg/ha. El rendimiento más alto de toda la serie histórica se ha registrado en el año 2021 con 59,550.6 kg/ha para la región de Arequipa, en esta región el rendimiento ha tenido un crecimiento continuo desde 32,605.5 kg/ha en el año 2015 a 59,550.6 kg/ha en el año 2021 con un incremento de 82.64% con respecto al año base 2015.

4.2.3. Clasificación taxonómica

Según la clasificación propuesta por Cronquist (1993) y citado por Sistema Integrado de Información Taxonómica, (2023) la sandía ocupa la siguiente posición taxonómica:

Reyno: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Cucurbitales
Familia: Cucurbitaceae
Género: Citrullus
Especie: *Citrullus lanatus*

4.2.4. Morfología

a) Raíces

Fornaris (2015) señala que el sistema radicular de la sandía presenta una ramificación profusa y que tiende a dispersarse ampliamente, explorando una gran superficie de terreno, sin embargo, es poco profundo debido a que su desarrollo se ve afectado por el tipo de suelo y la práctica de riego, en algunas ocasiones se ha observado que puede penetrar hasta 1.20 m de profundidad. La mayor masa radicular se ubica en los primeros 60 centímetros de profundidad, sin embargo, la mayor actividad de absorción de agua y nutrientes ocurre en los primeros 20 a 30 cm de profundidad.

b) Tallos

Reche (2000) indica que el tallo de la sandía es del tipo herbáceo, de consistencia blanda y de color verde, tiende a tenderse en el suelo y cuando encuentra algún apoyo puede trepar, las ramas son muy largas y tienden a extenderse en toda la superficie libre, en los ápices de las ramas se presentan zarcillos caulinareos, con extremos bífidos o trifidos, estructuras que les permiten trepar. El tallo cuando es cortado se observa su sección cilíndrica, con pequeños surcos longitudinales y muy veloso, los pelos se encuentran inclinados, son cortos y finos, por lo que, relucen como seda. Crawford (2017) agrega que el tallo de la sandía presenta nudos de los cuales emergen las hojas, zarcillos y flores, de las axilas de las hojas pueden brotar nuevas ramas. Fornaris (2015) menciona que la sandía es una planta muy ramificada, sus ramas son largas en promedio 4.6 m de longitud, en casos extremos se ha registrado que puede alcanzar hasta los nueve metros de longitud.

c) Hojas

Panta (2015) menciona que las hojas de la sandía presentan hojas suaves al tacto en el haz y muy ásperas en el envés, presenta nervaduras muy pronunciadas, observándose perfectamente todas las nervaduras en forma de un mosaico, la forma de la hoja es oblonga, presenta de tres a cinco lóbulos insertos en el raquis en forma alterna, los lóbulos vuelven a dividirse en segmentos más pequeños, cada una de las hojas en sus axilas presenta zarcillos bífidos o trifidos los cuales son utilizados para sujetarse al suelo o a plantas vecinas.

d) Flores

Reche (2000) indica que las yemas floríferas de la sandía se presentan en las axilas de las hojas, inicialmente protegida por dos escamas imbricadas, y generan flores masculinas y femeninas. Las flores femeninas poseen un ovario ínfero fácilmente observable. Las flores son amarillas, solitarias, pedunculadas y axilares, debido a que la polinización es por insectos, la flor atrae a estos insectos benéficos por su color, aroma y néctar. La sandía es una especie monoica ya que las flores pistiladas y estaminadas se presentan en forma separada en la misma planta, es decir son unisexuales monoicas. Fornaris (2015) agrega que en

muchas variedades se puede presentar un patrón en la aparición de las flores, presentandose una secuencia de seis flores masculinas y el séptimo es femenino, esta secuencia puede repetirse y por lo que la proporción de flores masculinas es mucho mayor que las flores femeninas, esta proporción depende de la variedad y de las condiciones ambientales de temperatura y luz. Durante la floración una flor se mantiene abierta solamente por un día y solamente en las primeras horas de la mañana, cuando la polinización no es correcta o cuando la cantidad de frutos en la planta es alta la flor aborta.

e) Fruto

Crawford (2017) refiere que el fruto de la sandía es un pepónide o falsa baya, y se denomina así debido a que el fruto proviene de un ovario ínfero, en el caso de la baya procede de un ovario supero. La forma del fruto es variable y depende de la variedad, existen frutos redondeados, ovalados, cilíndricos y achatados por el extremo. El color del fruto es variable y depende también de la variedad, existen frutos completamente verdes con varias tonalidades, puede presentar líneas con diferentes matices de verde. La cáscara del fruto se origina en el receptáculo que sostiene la flor, es de consistencia dura, lisa y quebradiza, su espesor puede variar de 5 a 40 mm. Fornaris (2015) menciona que la pulpa de la fruta o endocarpo es de sabor dulce y generalmente de color rojo, sin embargo, existen variedades de pulpa amarilla. El color rojo de la pulpa se debe al pigmento licopeno, mientras que la pulpa amarilla se debe a la presencia de los pigmentos betacaroteno y xantofilas.

f) Semilla

Chamorro y Gallegos (2012) citado por Piza (2021) mencionan que las semillas se encuentran incrustadas en la pulpa del fruto dentro de una cavidad pequeña. Las semillas son de forma ovoide aplastada, su longitud es generalmente el doble del ancho, la maduración de las semillas ocurre 15 días después de la maduración del fruto, en este momento el porcentaje de germinación de las semillas es máxima. Fornaris (2015) agrega que el color de las semillas es variable pueden ser blancas, crema, verde, marrón, rojo, negro, con manchas o rayas, su longitud

también es variable de 5 a 15 mm, la superficie de la semilla es lisa, la cantidad de semillas por kilogramo varia de 6,000 a 10,000.

4.2.5. Variedades

Gutierrez et al., (2020) indican que desde el punto de vista genético las variedades de sandía pueden clasificarse en diploides, estas variedades fueron ampliamente cultivadas y producen semillas viables de consistencia leñosa, variedades triploides derivan de la cruce artificial de una sandia tetraploide y un diploide, producen semillas esteriles, estas variedades se cultivan en forma asociada con variedades diploides, estas últimas se comportan como polinizadoras es la única manera en la que las sandias triploides produzcan frutos. Los mismos autores mencionan que la sandia puede clasificarse también según la forma del fruto: variedades de frutos redondos con cáscara verde oscura hasta negro y variedades de frutos alargados, presentan cáscara verde con blandas claras u oscuras.

Casaca (2000) describe las características principales de grupos de variedades de la siguiente manera:

Tipo Charleston Gray: son variedades adaptadas a climas áridos y tropicales, de polinización abierta, sus frutos son alargados y de extremos redondeados, la cáscara es grisácea y reticulado fino verde, la pulpa es roja brillante, de sabor dulce y agradable, semillas oscuras, tolerante a antracnosis y fusarium. Su periodo vegetativo es de 80 a 90 días.

Tipo Peacock: dentro de este grupo se ubica el Peacock Improved, variedad ampliamente cultivada, se caracteriza por presentar frutos de forma oblonga, la cáscara es verde oscuro, la pulpa es color rojo anaranjado, sus semillas son pequeñas y de color café, el peso de frutos promedio es de 11.0 kg, es resistente al transporte y su periodo vegetativo es en promedio 85 días.

Tipo Crimson Sweet: sus frutos son oblongos, color de cáscara verde claro con venas verde oscuros, la pulpa es rojo y tiene muy pocas semillas, sus frutos son pequeños a medianos.

Tipo Jubilee: son variedades de polinización abierta, adaptados a climas cálidos y húmedos. El fruto es ligeramente oblongo, su cáscara es verde brillante y presenta líneas de color verde oscuro, la pulpa es rojo brillante, con alto contenido de azúcares, sus semillas son pequeñas y de color café oscuro, el peso promedio del fruto es de kg.

4.2.6. Requerimientos de clima y suelo

a) Temperatura

Escalona et al., (2009) mencionan que la sandía es un cultivo de clima cálido y seco, en climas húmedos y con baja insolación ocurren problemas en la maduración y en la calidad de frutos. Las temperaturas altas favorecen la formación de flores masculinas y las temperaturas moderadas favorecen la formación de flores pistiladas. Las temperaturas críticas varían según la etapa de crecimiento y fase fenológica: la germinación óptima ocurre cuando la temperatura se ubica en el rango de 22 a 28°C, la temperatura mínima es de 15°C y la temperatura máxima de 39 °C, temperaturas fuera de los rangos mencionados afectan severamente la germinación de la semilla. El rango de temperatura óptima para la floración es de 25 a 30°C, mientras que, para el desarrollo vegetativo es de 20 a 23°C, la temperatura óptima para la maduración de los frutos es de 25°C, el crecimiento vegetativo puede detenerse con temperaturas del aire de 13 a 15°C y geotemperaturas de 8 a 10°C, el tejido es dañado severamente con temperatura igual a 1°C.

b) Suelo

Gasquez (2014) señala que la sandía es poco exigente en calidad de suelo, sin embargo, los mayores rendimientos se logran en suelos franco arenosos, con buen drenaje, con alto contenido de materia orgánica y buen nivel de fertilidad natural. Se ha observado que cuando la sandía es cultivada en suelos arenosos las plantas tienden a ser más precoces, sin embargo, el contenido de sólidos solubles es menor, es decir es menos dulce, en suelos arcillosos se debe tener cuidado con el exceso de humedad. Escalona et al., (2009) agregan que el pH del suelo adecuado para el cultivo se ubica en el rango de 6 y 7, es un cultivo

moderamente tolerante a la salinidad produce adecuadamente a valores de 2.2 Ds/m en el suelo y 1.5 Ds/m en el agua de riego.

c) Luminosidad

Reche, (2000) afirma que la duración de la luz diurna o fotoperiodo no influye en la floración, se considera indiferente a esta condición, sin embargo, la baja iluminación afecta el crecimiento de la planta, especialmente en la almáciguera, cuando se utiliza el método de siembra por trasplante o injerto, cuando se combina con alta densidad de siembra puede generar ahilamiento de las plantas, en cambio la alta iluminación incrementa el número de flores y la precocidad en la maduración de frutos. Por estas razones, en el caso de la costa peruana es necesario elegir bien la época de siembra.

d) Humedad

Casaca (2000) menciona que la humedad relativa óptima se ubica en el rango de 60 a 80% y esta situación es muy crítica durante la floración. Fornaris (2015) señala que las condiciones cálidas, buena iluminación y ambiente con baja humedad o seca durante el crecimiento y maduración mejoran la calidad y los niveles óptimos de azúcar en la fruta. Cuando las condiciones de alta humedad atmosférica se mantienen por mucho tiempo prevalece la incidencia de enfermedades foliares. El contenido de humedad del suelo es también de gran importancia, periodos continuos de falta de humedad en la etapa de crecimiento de la fruta causan un desorden fisiológico conocido como pudrición del extremo distal, esto ocurre cuando existe deficiencia de calcio.

4.2.7. Polinización

Fornaris (2015) menciona que la polinización natural de la sandía es realizada por insectos, siendo la abeja el mayor polinizador de esta especie. Los insectos transportan el polen de la flora estaminada hacia el estigma de la flora pistilada. La flor de la sandía se abre por un solo día, esta apertura comienza de una a dos horas luego de que el sol se asoma en el horizonte y dura hasta media tarde, esta duración depende de la temperatura y humedad del ambiente, cuando la humedad ambiental es baja y la temperatura alta la viabilidad del polen se ve

afectado. La abeja para poder polinizar visita la flor en el momento de máxima apertura de la flor, la frecuencia de estas visitas es de gran importancia en la polinización, se considera que para que ocurre una buena polinización y un buen cuajado de frutos las abejas deben visitar como mínimo ocho veces una flor, un factor adicional es la hora de la visita, la polinización es más efectiva cuando las abejas visitan las flores de seis a diez de la mañana. Otro factor de importancia en el cuajado de los frutos es la longitud del ovario en el momento de la polinización, la longitud mínima debe ser de 28 mm, influye también el número de frutos que se encuentran creciendo en la planta.

Reche (2000) menciona que el proceso de polinización y fecundación puede ser mejorado, además de mejorar el ambiente de crecimiento y aplicar fitoreguladores de crecimiento, se puede utilizar otras medidas:

Medio mecánico: se puede utilizar equipos de nebulización con la finalidad de aplicar chorros de aire sobre las flores, esta práctica debe realizarse a la hora de mayor temperatura y con baja humedad relativa.

Abejas polinizadoras: el uso de abejas es la técnica más segura y eficaz para polinizar la sandía, sin embargo, debe cumplir ciertos requisitos: se debe colocar colmenas dentro o la más cerca al cultivo, se debe evitar utilizar insecticidas o productos que sean letales para las abejas, debe proveerse fuentes de agua para el consumo de las abejas.

Abejorros polinizadores: estos insectos pueden ser también utilizados para la polinización de la sandía, puesto que son tan efectivas como las abejas.

4.2.8. Practicas agronómicas

a) Preparación de suelo

Casaca (2000) refiere que la buena preparación del terreno asegura un buen rendimiento de la sandía, esta labor comienza con el riego de remojo y continua con la aradura, esta labor se realiza con maquinaria agrícola a una profundidad de 20 a 30 centímetros, cuando se realiza riego por gravedad la aradura debe ser en la dirección del drenaje, la labor de preparación continua con el rastrado o mullido, en suelos arcillosos se debe utilizar tractor agrícola con rastras de discos, en

suelos arenosos se puede utilizar rastra de puntas o dientes, la preparación del terreno concluye con el surcado, utilizando tractor agrícola provista de surcadora.

Escalona et al., (2009) menciona que una de las grandes desventajas de utilizar arado de discos es la formación de capa duras en el suelo, estas capas sin son subsolados en su debida oportunidad afectan el crecimiento de los cultivos, principalmente debido a la reducción del drenaje y el incremento de pudriciones radicales, por lo que, se recomienda el uso de arados de vertedera, estos arados voltean de mejor manera el suelo y muchas veces no es necesario el uso de rastras.

b) Siembra

Gutiérrez et al., (2020) indica que la siembra directa es un método muy frecuente en el cultivo de sandía y consiste en sembrar las semillas en el lugar en el cual las plantas completaran su ciclo de desarrollo, la siembra directa normalmente se realiza con tres a cuatro semillas por golpe, manteniendo un distanciamiento entre golpes constante que puede variar de 60 a 90 cm, la profundidad de siembra puede ser de tres centímetros. Debido a que la semilla se coloca en campo definitivo, es necesario tener en cuenta la temperatura del suelo, se recomienda que el valor sea cercano o igual a 15°C, para facilitar la germinación y emergencia de la plántula.

Gutiérrez et al., (2020) menciona que la sandía también puede propagarse en forma indirecta o por trasplante, en este caso las semillas se siembran en almáciguas o semilleros los cuales tienen como sustrato tierra agrícola, perlita o fibra de coco, este sustrato debe humedecerse antes de la siembra, la germinación suele ocurrir de cinco a siete días después de la siembra, el crecimiento inicial de las plántulas es muy rápida debido a que las semillas son grandes y tiene buena cantidad de sustancias de reserva, una condicionante para que las plántulas desarrollen un buen sistema radicular es que la temperatura ambiental durante la germinación debe estar en el rango de 28 y 35° C, temperaturas bajas limitan la aparición de raíces. Las plántulas pueden ser

trasplantadas cuando presentan dos hojas verdaderas y una de ellas está totalmente expandida.

Gutierrez et al., (2020) menciona que el injerto es una tercera forma de propagar la sandía y es una alternativa para resolver el problema de pudrición radicular ocasionado por hongos vasculares de los géneros *Fusarium*, *Verticillium*, *Pythium*, así como el ataque de nemátodos y la virosis, en este tipo de propagación se utiliza como patrón híbridos interespecíficos de *Cucurbita* (*C. maxima* x *C. moschata*), normalmente el injerto se realiza en los envases de crecimiento inicial y luego son trasplantados a campo definitivo.

Casaca (2000) señala que el distanciamiento de siembra en el método directo es el siguiente: la distancia entre hileras fluctúa de 2.5 a 3.0 m, mientras que, la distancia entre golpes es de 1.0 m, la densidad poblacional varía de 3,200 a 5,000 plantas/ha, para lograr esta densidad se utiliza de 1.5 a 3.0 kg de semilla por hectárea. Gasquez (2014) menciona que cuando se utiliza plantas injertadas se utilizan distancias entre hileras y entre plantas de dos metros, otra alternativa es utilizar distancia entre hileras de cuatro metros y un metro entre golpes, este último distanciamiento implica una densidad poblacional de 2.500 plantas/ha.

Ugáz et al., (2000) recomiendan distanciamiento entre surcos entre tres y cuatro metros, la distancia entre golpes puede fluctuar de 0.5 a 0.8 m, sembrándose dos plantas por golpe, cuando se siembra en surcos mellizos se instalan dos hileras por surco.

c) Riego

Escalona et al., (2009) menciona que en zonas áridas el cultivo de sandía requiere necesariamente riego, en esta labor es necesario determinar algunos parámetros fundamentales, el primero de ellos es determinar la cantidad que requiere el cultivo y cuál es la dosis de riego, esta información normalmente se obtiene con los datos meteorológicos regionalizados para el lugar del cultivo y con el análisis de las características hidrométricas del suelo, determinando el volumen de agua que debe aplicarse por riego se debe establecer la frecuencia de riego,

esta información se obtienen considerando la lámina de riego calculada con las características del suelo y el consumo diario de agua por las plantas. Habiendo determinado el volumen de riego y la frecuencia se debe escoger el método de aplicación, en el caso de zonas áridas el mejor método de riego es el goteo, debido a la escasez del recurso hídrico, mientras que, en lugares en los cuales existe mayor disponibilidad de agua se puede utilizar el método de riego por aspersión y en última instancia riego por surcos.

Cabrera et al. (2000) citado por Panta (2015) menciona que para producir frutos grandes y de alta calidad es necesario mantener una tasa de crecimiento óptimo, cuando las plantas crecen bajo estrés hídrico los frutos se deforman y tienen formas irregulares, su tamaño es pequeño y su apariencia interna es poco atractivo. En la etapa de formación y crecimiento del fruto es necesario regar en forma frecuente, sin embargo, cuando los frutos alcanzan el tamaño comercial se debe reducir la frecuencia de riego para acelerar la maduración y permitir que se acumule una mayor cantidad de sólidos solubles, por tanto, se incrementa su dulzor. Los riegos excesivos en la etapa de crecimiento final del fruto y una vez que los frutos alcanzan su madurez de cosecha son perjudiciales, pueden ocasionar hendiduras en los frutos, mientras que, riegos deficientes provoca escaldaduras o quemaduras por la insolación.

d) Control de malezas

Crawford (2017) define maleza como una planta que crece donde no se le desea, las malezas se caracterizan por competir con el cultivo por espacio vital, agua, luz y nutrientes y pueden ser hospederos de plagas y enfermedades, lo cual produce daño económico al cultivo al reducir el rendimiento y la calidad de las cosechas. La cantidad y especie de maleza depende de la zona en la cual se cultiva la sandía, sin embargo, existe malezas comunes a casi todos los campos de cultivo, es por eso importante determinar que tipo de maleza es la más frecuente en el área de cultivo, ya que, existen malezas fáciles de controlar y otras un poco más complicadas.

e) Nutrición mineral

Gasquez (2014) menciona la importancia y los síntomas de deficiencia de los elementos esenciales en la nutrición mineral de la sandía:

Nitrógeno: afecta el crecimiento foliar y el tamaño de frutos, el exceso de nitrógeno genera rajaduras en el fruto, mientras que, la deficiencia provoca amarillamiento de las hojas iniciándose en las hojas basales, se reduce el crecimiento, los entrenudos se acortan y hojas son pequeñas, cuando la deficiencia es severa se detiene el crecimiento y se genera defoliación.

Fósforo: es importante en la floración y desarrollo del fruto de la sandía, estimula la precocidad, favorece el crecimiento radicular. Su carencia genera enanismo generalizado, los entrenudos se reducen y se presenta coloración rojiza en las hojas basales, cuando se agudiza la deficiencia la coloración rojiza de la hoja se torna en punteaduras internervales de color marrón que terminan por necrosarse, la carencia de fósforo en el suelo se debe a cantidad excesiva de calcio en el suelo y por tanto pH elevado.

Calcio: la deficiencia de este elemento en la sandía se presenta como una coloración blanquesina en el borde de las hojas, su crecimiento se detiene y tiende a curvarse hacia abajo, la coloración en la hoja forma un mosaico verde claro y verde oscuro. La carencia de calcio puede ser ocasionado por altos niveles de potasio y magnesio.

Magnesio: los síntomas de carencia de este elemento se presenta en hojas adultas, se observan como manchas amarillentas entre las nervaduras. Las hojas jóvenes con deficiencia se curvan y se vuelven quebradizas, cuando la deficiencia se hace extrema las hojas se tornan amarillas y pueden llegar a necrosarse.

Hierro: la deficiencia de este elemento en sandía se muestra como hojas jóvenes de coloración amarillenta, con las nervaduras verdes, este sintoma se intensifica conforme se incrementa la deficiencia, los síntomas de carencia pueden ser directas es decir por falta del elemento o en forma indirecta debido a que es antagónico a otros nutrientes como el fósforo o calcio y cuando existe excesiva cantidad de manganeso o cinc.

Boro: la aplicación de este producto en el cultivo de sandía mejora la calidad del fruto, incrementa el contenido de sólidos solubles, facilita la

fecundación de las flores pistiladas, incrementa su resistencia al calor y no se produce agrietado de los frutos. Los síntomas de deficiencia se presentan en hojas jóvenes por su baja movilidad dentro de la planta, se presenta como decoloraciones del borde de las hojas, mayormente en el ápice, se inhibe el crecimiento de la planta al acortarse los entrenudos, ocurre también un aborto sistemático de los frutos recién cuajados.

Manganeso: los síntomas de deficiencia son similares a la sintomatología del hierro, sin embargo, tienen la apariencia de manchas cloróticas amplias que tienden a unirse y tornan amarilla todo el limbo de la hoja con excepción de las nervaduras.

Gutiérrez et al., (2020) refieren que la extracción de nutrientes de la sandía varía según la zona de cultivo debido a la existencia de diferencias de condiciones edáficas, temperatura, humedad, radiación solar, variedad cultivada, método de riego, densidad de siembra, manejo agronómico, entre otros factores, sin embargo, como referencia se ha determinado que la sandía extrae por cada tonelada de fruto de 2.2 a 2.6 kg de N, de 1 a 1.3 kg de P_2O_5 y de 2.8 a 3.7 kg de K_2O , considerando esta extracción se ha determinado en promedio que la sandía requiere de 140 a 170 kg de N, de 60 a 70 kg de P_2O_5 y de 180 a 220 kg de K_2O por hectárea.

Crawford (2017) menciona que los elementos minerales no solamente deben estar presentes en el suelo en cantidades adecuadas, sino también deben ser absorbidos por la planta para que sean efectivos, en ese entender la absorción de nutrientes del suelo depende de varios factores:

Textura del suelo: los suelos de textura fina tienen mayor capacidad de retención de nutrientes y favorecen la absorción debido a que hay un mejor contacto de los pelos radiculares con las partículas del suelo.

Contenido de oxígeno en el suelo: la absorción de elementos minerales es inhibida en ausencia de oxígeno, por lo que, un suelo aireado facilita la absorción de elementos minerales.

pH: esta característica influye en la absorción de nutrientes debido a que afecta el estado de asimilación y la cantidad disponible del elemento en el suelo.

Interacción iónica: existe antagonismos y sinergismos entre los elementos esenciales, por ejemplo, el antagonismo entre el sodio y el calcio, el potasio y el calcio.

Naturaleza de la planta: en el caso de plantas injertas la absorción de nutrientes es mejor debido a que el sistema radicular es más eficiente en comparación con plantas francas.

Estado fenológico: las plantas jóvenes tienden a absorber más rápidamente los nutrientes minerales, la velocidad de absorción se reduce conforme envejece la planta, durante el llenado de fruto la absorción de nutrientes es mayor.

Temperatura del suelo: cuando las temperaturas son bajas se reduce la tasa de absorción de nutrientes, existe una temperatura adecuada para la absorción.

Humedad del suelo: el contenido de humedad del suelo es importante en la absorción de nutrientes ya que, influye directamente en la dilución y en el movimiento en flujo de los nutrientes hacia la raíz.

Reche (2000) menciona que la fertilización de la sandía puede realizarse con dos fuentes principales:

Abonos orgánicos: un de los abonos orgánicos más importantes es el estiércol de animales, esta fuente debe aplicarse un mes antes de la siembra para facilitar su descomposición y pueda aportar materia orgánica al suelo, este tipo de abono tiene básicamente dos grandes ventajas mejora la estructura del suelo e incrementa la fertilidad del suelo. La incorporación del abono orgánico debe realizarse en la preparación del terreno, la dosis recomendada varía de 30 a 50 t/ha.

Abonos minerales: estos abonos sintéticos proporcionan uno o varios elementos minerales, principalmente son fuentes de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio. Los abonos nitrogenados incrementan la producción, aumentan la cantidad de flores pistiladas, contribuye a la

formación de proteínas y producen hojas de color verde intenso, el exceso es perjudicial ya que generan grietas en los frutos y producen un desarrollo excesivo del follaje, en la floración provocan aborto de flores y en la maduración reducen el contenido de sólidos solubles y por tanto reduce el dulzor. Los abonos fosforados favorecen el crecimiento radicular, estimulan el crecimiento foliar e incrementan la precocidad, favorecen la floración y la formación de frutos mejorando la calidad del fruto. Los abonos potásicos favorecen la formación de azúcares, incrementan la dureza de los tejidos y mejoran la calidad de los frutos, son causantes del color rojo intenso de la pulpa, intervienen en la regulación de agua en las células y proporcionan a la planta resistencia a heladas y sequía.

4.2.9. Enfermedades

Gutiérrez et al., (2020) señalan las siguientes enfermedades como importantes en el cultivo de sandía:

Mildiu: esta enfermedad es causada por el hongo *Pseudoperonospora cubensis*, su principal síntoma es la presencia de manchas de color verde claro en el haz de las hojas, en estado avanzado de infección las hojas se ponen amarillas y se necrosan. En el envés de las hojas las manchas son gris-violáceo debido a la presencia del micelio y las esporas del hongo. Reche (2000) agrega que las hojas afectadas se vuelven bronceadas y con ataques severos las plantas mueren.

Oídium: esta enfermedad es causada por el hongo de la especie *Erysiphe cichoracearum*. El síntoma principal de la enfermedad es la aparición sobre las hojas de una mancha blanca pulverulenta, que se encuentra formado por el micelio y las esporas del hongo, en ataque severo las hojas tienden a secarse, esta enfermedad puede afectar también los tallos y cuando el ataque es en la formación de frutos estos también pueden ser afectados.

Podredumbre gris: esta enfermedad es causada por el hongo de la especie *Botrytis cinerea*, los principales síntomas son las pudriciones blandas que se presentan en frutos y flores, normalmente las zonas afectadas presentan una cubierta de micelio gris del hongo, esta enfermedad se presenta bajo condiciones de alta humedad.

Ugáz et al., (2000) menciona las medidas de control más importantes para las enfermedades anteriores:

Mildiu: para controlar esta enfermedad se recomienda rotación de cultivos con otras especies que no sean susceptibles a esta enfermedad, incorporación al suelo de residuos de cosecha, densidad de siembra controlada, utilizar cultivares tolerantes, aplicación de fungicidas curativas y protectantes tales como mezclas de cimoxanil y mancozeb, fosetil aluminio, metiran, entre otros.

Oidium: incorporar al suelo los residuos de cosecha, emplear cultivares tolerantes, aplicación de fungicidas preventivos a base de azufre, y fungicidas curativos como el tebuconazole, triadimenon, tridemorf, entre otros.

Pudrición gris: evitar sembrar en épocas de alta humedad relativa y temperaturas bajas, evitar alta densidad de siembra, evitar daño mecánico a las plantas, evitar riegos excesivos y prolongados, control químico con fungicidas sistémicos como benomil, clorotalonil, de contacto como captan, tiofanatemetil entre otros.

4.2.10. Fisiopatías

Gasquez (2014) menciona las siguientes fisiopatías en la sandía:

Rajado del fruto: este problema se presenta como consecuencia de cambios bruscos de humedad del suelo unido al exceso de nitrógeno y potasio, en el caso de variedades de frutos pequeño se debe a cambios bruscos de humedad ambiental por cambios bruscos de temperatura o mala ventilación en invernaderos.

Aborto de frutos: puede ocurrir por desarrollo excesivo de la planta, mal manejo de fertilizantes, elevada humedad en el ambiente de crecimiento.

Asfixia radicular: se presentan raíces adventicias y la planta se marchita, debido a exceso de humedad en el suelo, lo que provoca ausencia de oxígeno, la respiración celular de las raíces se detiene.

Viciado de la planta: existe un excesivo crecimiento foliar con muy pocas flores y un cuajado de frutos deficiente, la razón principal es un desequilibrio en la nutrición mineral y excesivo aporte de agua en el riego.

Corazón hueco del fruto: la pulpa del fruto se disgrega dejando zonas huecas, se debe a un crecimiento muy rápido del fruto inducido por un exceso de humedad combinado con un incorrecto abonamiento nitrogenado, o cuando la variación térmica es muy marcada.

Plateado necrótico: normalmente se presenta antes de la cosecha, inicialmente se presenta como una clorosis internerval en hojas y luego termina con necrosis de aspecto plateado, se presenta en condiciones de temperaturas altas y fuerte luminosidad.

4.2.11. Plagas

Ugáz et al., (2000) mencionan las siguientes plagas como importantes en el cultivo de sandía:

Mosca blanca (Bemisia tabaci): los adultos y ninfas succionan la savia elaborada en el envés de las hojas, producen melaza que ocasiona fumagina, debilitan la planta. Algunas medidas de control son: evitar épocas cálidas de siembra, asegurar buena nutrición de la planta, control de malezas hospederas, favorecer control biológico, trampas pegantes amarillas, entre otras medidas.

Mosca minadora (Liriomiza huidobrensis): las larvas se alimentan dentro de las hojas, en las que se presentan galerías retorcidas o minas y ampollas. Algunas medidas de control son: control de malezas hospederas, riegos frecuentes y ligeros, uso racional del nitrógeno, control de adultos con trampas pegantes amarillas, proteger control biológico con insecticidas selectivos.

Barrenador de frutos (Diaphania nitidalis): las larvas dañan flores, barrenan frutos, tallos y frutos, puede achaparrar la planta y causar pudriciones. Las medidas de control son: se debe intercalar cultivos trampa como zapallito, buena preparación del terreno, recolección de frutos atacados al inicio, trampas de luz, cosechas oportunas, incorporación de residuos de cosecha.

4.2.12. Cosecha

Casaca (2000) menciona los siguientes índices de madurez de la sandía: el fruto al ser golpeado con los nudillos produce un sonido hueco y sordo, la piel del fruto se separa fácilmente cuando se raya con la uña, la capa cerosa que presenta en su superficie el fruto durante su maduración desaparece y se vuelve más lisa, el zarcillo presente en el pedúnculo del fruto se encuentra seco y el fruto pierde su peso en un 65 a 40%.

Crawford (2017) señala que un índice de cosecha que tiene mayor precisión es el contenido de sólidos solubles, recomienda que este valor sea superior a 12° Brix, determinado en un brixometro, otros índices que puede utilizarse también son: pedúnculo seco del fruto, la mancha basal del fruto existente en la parte en contacto con el suelo pasa de color blanco a crema. Menciona también que la cosecha se debe realizar en forma cuidadosa, ya que tiende a dañarse fácilmente, y puede perder fácilmente su calidad comercial.

Gasquez (2014) menciona que en condiciones normales de crecimiento, la maduración del fruto ocurre después de 35 a 40 días después del cuajado en el caso de variedades cultivadas a pie franco y de 45 a 50 días en el caso de variedades injertadas. Los rendimientos de la sandía son variables normalmente en sandía a pie franco el rendimiento fluctúa de 40 a 50 t/ha, mientras que para sandía injertada fluctúa de 60 a 90 t/ha.

Gutiérrez et al., (2020) indica que la sandía debido a su tamaño considerable es cosechado en forma manual, recomienda que la cosecha debe realizarse con cuidado y evitar daño a la cáscara afectándose su apariencia, generándose deshidratación y provocándose pudriciones. En la mayoría de las variedades la cosecha comienza entre 80 y 100 días después de la siembra. La sandía no puede almacenarse durante más de 2 a 3 semanas en condiciones normales, siendo necesario su conservación en frío (entre 2 y 10° C) hasta su distribución.

Gasquez (2014) menciona que la temperatura óptima de almacenamiento se ubica en el rango de 10 a 15°C en estas condiciones la vida poscosecha del fruto

es de 14 días, este periodo puede alargarse hasta 21 días cuando la temperatura se mantiene en el rango de 7 a 10°C. Un factor adicional de gran importancia en el almacenaje de la sandía es la humedad relativa, se recomienda que el valor debe ubicarse en el rango de 85 a 90% de humedad relativa, esta humedad evita la deshidratación y la pérdida de brillo de los frutos.

4.3. Microorganismos eficientes

4.3.1. Concepto

Banco Interamericano de Desarrollo (2009) define los microorganismos eficientes, EM por sus siglas en ingles, como un mezcla de tres grupos de microorganismos que en forma natural viven en el suelo y en los alimentos, esos grupos son: Lactobacilus, Levaduras y bacterias fototróficas. La tecnologia de microorganismos eficientes fue desarrollado por vez primera por el Dr. Teruo Higa en la Universidad de Ryukyus, Okinawa, Japón en 1982, este investigador logró que los tres grupos de microorganismos coexistan y que al combinarse generen un efecto sinérgico que mejorar el efecto individual de cada uno. (Arias, 2010) IICA (2013) menciona que la bondad de los microorganismos eficientes es mejorar la estructura y fertilidad natural del suelo, mejorar la capacidad potencial de las plantas para la extracción de nutrientes del suelo y mejorar la tolerancia de las plantas hacia los problemas fitosanitarios. Banco Interamericano de Desarrollo (2009) agrega que los microorganismos eficientes son ampliamente utilizados con diferentes fines: como promotores del crecimiento vegetal y supresor de enfermedades en la agricultura, para trastornos digestivos típicos de rumiantes y eliminando moscas y malos olores en crianza de aves y en el medio ambiente para recuperar aguas contaminadas, mejorando la descomposición de residuos sólidos urbanos en vertederos municipales.

4.3.2. Grupos principales de microorganismos eficientes

a) *Bacterias ácido lácticas*

Tanya y Leiva (2019) estas bacterias producen ácido láctico como principal producto de la fermentación de carbohidratos, son bacterias que crecen en medio anaeróbico, algunas de las especies son tolerantes a la acidez, por lo que pueden desarrollarse normalmente en medios muy ácidos con pH de 2 a 3, otras especies son tolerantes a la alcalinidad por lo que se desarrollan en medios muy alcalinos con pH de hasta 9.6, sin embargo, la mayoría de las especies se desarrollan en medios con pH de 4 a 4.5, este amplio rango de adaptación al pH permite que este grupo de bacterias sobrevivan en medios donde otras bacterias no logran sobrevivir. Estas bacterias son gran positivas, no esporuladas y carecen de citocromos.

Arias (2010) menciona que el ácido láctico es un producto fuertemente esterilizante, elimina microorganismos patógenos y acelera la descomposición de materia orgánica. Las bacterias ácido lácticas incrementan la fragmentación de la lignina y celulosa, ambos constituyentes de la materia orgánica, esta transformación no tiene influencia negativa en el proceso de descomposición de la materia orgánica, por otro lado, estas bacterias favorecen la solubilización del carbonato de calcio y de fosfatos naturales. BIOEM SAC (2023) agrega que las bacterias ácido lácticas tienen la capacidad de eliminar enfermedades provocadas por el hongo fusarium, que suele presentarse en condiciones de monocultivo.

Levin (2003) menciona que las bacterias ácido lácticas presentan varios generos de importancia: el género *Streptococcus* son bacterias tipo coco, gran positivas y catalasa negativa, su único producto de fermentación es el ácido láctico, las especies más conocidas son *Streptococcus thermophilus* y *Streptococcus lactis*. Género *Lactobacillus* son bacterias gran positivas y catalasa negativa, presenta forma de bastones o bacilos sean en forma solitaria o en cadenas, no son esporuladas, son anaerobios facultativos y no pueden reducir los nitratos, mayormente producen como único producto fermentativo ácido láctico, algunas especies producen además ácido acético y anhídrido carbónico, entre las especies más conocidas se tiene *Lactobacillus plantarum* y *Lactobacillus casei*. Género *Pediococcus* presentan células esféricas, forman tétradas, raramente

aisladas y no forman cadenas, la temperatura óptima de crecimiento se ubica en el rango de 25 a 40°C. Este género no puede utilizar lactosa ni coagular la leche, su único producto fermentativo es el ácido láctico. Género *Leuconostoc*, produce anhídrido carbónico, etanol y ácido láctico como resultado del proceso fermentativo, sus células están dispuestas en pares o en cadenas, son de tipo coco y tiene forma alargada, se pueden confundir con bastones o bacilos cortos. (Levin, 2003)

Levin (2003) menciona que las bacterias ácido lácticas producen compuestos antimicrobianos que pueden ser utilizados por el hombre para su beneficio, entre estos productos se tiene: *Bacteriocinas*, estos productos son péptidos microbianos de tamaño muy pequeño que presenta actividad antimicrobiana muy potente, principalmente frente a bacterias que afectan la salud del hombre, se ha demostrado que son efectivas en bacterias gran positivas. *Ácidos orgánicos*, estos productos tienen actividad antimicrobiana

b) Bacterias fotosintéticas

Luna & Mesa (2016) menciona que estas bacterias son autótrofas y que tienen la capacidad de sintetizar sustancias orgánicas a partir de secreciones radiculares, materia orgánica y gases de efecto tóxico como el ácido sulfhídrico, utilizando para este proceso la luz solar y la energía térmica del suelo. Las sustancias orgánicas sintetizadas por estas bacterias comprende: aminoácidos, ácidos nucleicos, productos bioactivos y carbohidratos, que promueven el crecimiento de las plantas, al ser absorbidos por las raíces, estos productos sirven también como sustrato de alimentación para otros microorganismos eficientes. (Luna & Mesa, 2016)

Tanya y Leiva (2019) menciona que las especies representativas de este tipo de microorganismos eficientes es *Rhodopseudomonas palustris* y *Rhodobacter sphaeroides*. La primera especie mencionada es considerada como una bacteria fototrófica facultativa, se le denomina también como bacteria púrpura no de azufre y tiene la capacidad de sintetizar aminoácidos, ácidos orgánicos, vitaminas y carbohidratos. La bacteria *Rhodobacter sphaeroides* es fotosintética facultativa y

Gram negativa, su hábitat puede ser agua dulce o agua marina, cuando vive en estanques de agua dulce forma una película rosada, tiene gran diversidad metabólica ya que, puede ser litotróficas, aquellas que utilizan sustancias inorgánicas para su metabolismo, pueden tener respiración aeróbica o anaeróbica, pueden participar en la fijación de nitrógeno y en la síntesis de tetrapiroles, clorofila y vitamina B12.

BIOEM SAC (2023) agrega que los metabolitos sintetizados por estas bacterias pueden ser directamente absorbidos por las plantas y puede también servir como sustrato para otros microorganismos eficientes, un ejemplo de este efecto benéfico es la micorriza vesicular arbuscular que genera simbiosis con plantas vasculares, la presencia de esta micorriza en las raíces de las plantas se incrementa con la disponibilidad de productos nitrogenados secretados por las bacterias fototróficas, al incrementarse la micorriza se incrementa la solubilidad de fosfatos en el suelo y con ello se beneficia a las plantas en su crecimiento.

c) *Levaduras*

Arias (2010) menciona que las levaduras son un grupo de microorganismos que sintetizan productos antimicrobianos y otros productos favorables para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y carabohidratos secretados por bacterias fototróficas y de materia orgánica existente en el suelo, entre las sustancias bioactivas que sintetizan las levaduras están las hormonas y enzimas, estos productos promueven la división celular en las plantas, y favorecen el desarrollo de otros microorganismos eficientes como el las bacterias ácido lácticas y los actinomicetos.

Tanya y Leiva (2019) mencionan como principales especies de levaduras a *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis*, ambas especies requieren para su metabolismo nitrogenado el amoníaco, la urea o sales de amonio y mezclas de aminoácidos. La especie *Saccharomyces cerevisiae* es una bacteria eucariótica y de naturaleza unicelular, su forma es globular y su color verde amarillento, es quimiorganotrofo, al requerir compuestos orgánicos como fuente de energía, no necesita de la luz solar para desarrollarse, es también anaeróbica facultativa y por

tanto requiere de oxígeno para su crecimiento, bajo estas condiciones la glucosa es degradada a sustancias intermedias como etanol, anhídrido carbónico y glicerol. Luna & Mesa (2016) agregan que *Saccharomyces cerevisiae*, es una levadura de gran importancia para la humanidad, debido a que es ampliamente utilizado y desde hace muchos años en la producción de pan y bebidas alcohólicas que requieren fermentación y es un organismo muy estudiado a nivel mundial a nivel celular y molecular.

d) *Actinomicetos*

Luna & Mesa (2016) mencionan que son organismos intermedios entre bacterias y hongos, que tienen la capacidad de coexistir con bacterias fotosintéticas, sintetizan productos antimicrobianos de aminoácidos y de materia orgánica secreta por las bacterias fotosintéticas, los actinomicetos mejoran los suelos al incrementar la actividad microbiana, tiene efecto de control sobre algunos hongos y bacterias patógenas, incrementan la resistencia de las plantas, producen antibióticos que inhiben la acción de patógenos del suelo, benefician el crecimiento y la acción del *Azotobacter* y de las micorrizas.

Tanya y Leiva (2019) agregan que los actinomicetos son en realidad bacterias filamentosas muy parecidos a los hongos en sus características, ya que inicialmente crecen en forma de micelio ramificado, que luego se fragmenta en elementos bacterianos. En el suelo muchos de actinomicetos son de vida libre. Los actinomicetos tienen la capacidad de solubilizar la pared celular de los vegetales, por lo que son de gran importancia en el proceso de compostaje y en la formación de materia orgánica del suelo. Los actinomicetos del género *Streptomyces*, tienen excelentes condiciones como controladores biológicos ya que producen compuestos antifúngicos que inhiben el crecimiento del micelio de muchos hongos, entre los más conocidos esta las enzimas hidrolíticas extracelulares como la quitinasas y β -1,3-glucanasa, estas enzimas son importantes en la destrucción de paredes celulares de *Fusarium oxysporum*, *Sclerotinia minor* y *Sclerotium rolfsii*.

e) *Hongos de fermentación*

Luna & Mesa (2016) señalan que los hongos de fermentación intervienen activamente en la descomposición rápida de la materia orgánica y producen alcohol, ésteres y productos antimicrobianos, esto a su vez eliminan los malos olores y previenen la presencia de insectos perjudiciales como las larvas de mosca doméstica.

Tanya y Leiva (2019) menciona que muchos de estos hongos son antagónicos con las especie parásitas de las plantas y contribuyen además en la mineralización de la materia orgánica. Estos hongos pueden reproducirse sexual y asexualmente, cuando la reproducción es asexual el hongo se multiplica en forma muy rápida bajo condiciones favorables de sustratos ácidos y ricos en carbono. estos hongos tienen bajo requerimiento de nitrógeno por lo cual, son más eficientes descomponiendo materiales con bajo contenido de nitrógeno como la paja y la madera. Entre las especies más importantes estan *Aspergillus oryzae*, *Penicillium sp*, *Trichoderma sp* y *Mucor hiemalis*. El hongo *Aspergillus oryzae* es microscópico con apariencia filamentosa y es aeróbica, ha sido muy utilizada en la China y países asiáticos para la fermentación de soya y arroz. Muchas especies del género *Penicillium* son muy buenos degradando lignina y celulosa, son muy frecuentes en las zonas tropicales, tienen la capacidad de secretar enzimas extracelulares y se adaptan bien a condiciones de acidez del suelo y al estrés hídrico. Las especies del género *Trichoderma* son hongos saprofitos que sobreviven en el suelo en forma natural, tienen una amplia distribución espacial y gran plasticidad ecológica relacionada a su alta capacidad enzimática para degradar materia orgánica y tienen un metabolismo versátil y resistencia a inhibidores microbianos. Estas especies tiene diferentes mecanismos de control biológico, entre ellos el tener alta competitividad por el espacio y los nutrientes, producen micoparasitismo, tiene antibiosis e inducen la resistencia en las plantas.

4.3.3. Funciones principales de microorganismos eficientes

Tanya y Leiva (2019) mencionan las siguientes funciones de los microorganismos eficientes:

Descomposición de residuos orgánicos: los microorganismos eficientes descomponen los residuos orgánicos como parte de su proceso de nutrición, cuando estos microorganismos descomponen desechos orgánicos frescos o secos se forma compost y para que ello ocurra la temperatura debe ubicarse en el rango de 52 a 65°C y 30 a 45% de humedad, cuando la descomposición continua se llega a formar humus en el suelo. Los microorganismos eficientes son también utilizados en la producción de bocashi que viene a ser un abono orgánico producto de la fermentación controlada.

Supresión y control de agentes fitopatógenos: en forma directa se ha determinado que los microorganismos eficientes son eficientes en el control de nemátodos parásitos de las plantas. En forma indirecta los microorganismos eficientes al asociarse con el sistema radicular de la planta, favorecen el crecimiento vegetal al suministrarle sustancias activas, protegen a las plantas de agentes fitoparasitarios debido a que muchos microorganismos eficientes compiten con los fitoparásitos por espacio y nutrientes limitando el desarrollo del fitopatógeno, tiene actividad supresora de los fitoparásitos debido a que muchos de ellos producen compuestos con actividad antimicrobiana, entre antibióticos y sustancias antifúngicas, así mismo induce resistencia en las plantas, activan sistemas antioxidantes en plantas e incluso activan genes de resistencia.

Promueven reciclaje de nutrientes en el suelo: el proceso de mineralización de la materia orgánica que ocurre en el suelo es realizado por microorganismos, este proceso permite incrementar la disponibilidad de nutrientes minerales para las plantas y permite su reciclaje en el suelo.

Degradan agentes tóxicos: los microorganismos eficientes tienen la capacidad de descomponer algunos pesticidas, que aplicados al suelo pueden ser perjudicial para el ecosistema, la descomposición de estos pesticidas en moléculas orgánicas simples y que luego pueden formar complejos con metales pesados limitando la absorción de estos elementos perjudiciales para la salud humana.

Favorecen la solubilización de fuentes de nutrientes insolubles en el suelo: el caso más concreto es el del fósforo, este elemento en muchos suelos

puede estar en estado insoluble, los microorganismos eficientes encargados de solubilizar el fósforo tienen varios mecanismos entre ellos producir ácidos orgánicos que tiene la capacidad de disolver las formas insolubles y volverlo disponible para las plantas beneficiando en su crecimiento.

4.3.4. Beneficios del uso de microorganismos eficientes en la agricultura

IICA (2013) menciona los principales beneficios del uso de microorganismos eficientes en la agricultura:

Estimulan el crecimiento de las plantas: Los microorganismos eficientes producen vitaminas, ácidos orgánicos, minerales, hormonas y enzimas que las plantas pueden absorber en forma directa del suelo a través de su sistema radicular.

Fijan nitrógeno ambiental: en plantas de la familia fabácea los microorganismos eficientes utilizan el nitrógeno molecular contenido en el aire y a través de un proceso simbiótico lo convierten en nitrógeno que puede ser asimilado en forma directa por la planta para su crecimiento.

Aceleran la descomposición de la materia orgánica del suelo: los microorganismos eficientes al mejorar la descomposición de los restos orgánicos aceleran el proceso de mineralización, recargando el suelo de nutrientes minerales que pueden ser tomados por las raíces de las plantas para su nutrición.

Mejoran la estructura del suelo: los restos orgánicos al ser descompuestos por los microorganismos eficientes forman humus, este material se comporta como un cementante y favorece la formación de agregados, lo cual mejora la estructura del suelo y con ello se incrementa los espacios porosos, facilitando el movimiento del agua y del aire.

Reducen el impacto negativo de los fertilizantes sintéticos: se ha demostrado que los microorganismos eficientes producen sustancias reductoras del impacto negativo de los fertilizantes sintéticos. El fertilizante sintético al ser aplicado al suelo genera alto grado de oxidación, formándose moho y sarro en el suelo, este proceso destruye la biota del suelo afectando severamente la mineralización de la materia orgánica.

Mejora el mecanismo de resistencia natural de las plantas a las plagas y enfermedades.

4.3.5. Recolección, multiplicación, activación y aplicación de microorganismos eficientes

INIFAP (2021) menciona el siguiente procedimiento para obtener microorganismos eficientes:

Recolección: los pasos a seguir para recolectar microorganismos eficientes son los siguientes:

- *Identificar la zona de recolección:* de preferencia un lugar eriazo, donde no se ha aplicado plaguicidas al menos durante los últimos tres años, lugar con sombra y tener vegetación que no ha sido alterado en varios años.
- *Separar la primera capa:* la cobertura vegetal con un espesor promedio de dos centímetros debe ser retirado, la capa subyacente debe mostrar descomposición de color café oscuro a negro y tener una capa fina blanquecina, lo que evidencia descomposición microbiana.
- *Recolectar la tierra con microorganismos eficientes:* la capa de tierra entre dos y diez centímetros de espesor debe ser recuperado en un recipiente fácil de trasladar.

Multiplicación y activación en medio sólido: el procedimiento es el siguiente.

- *Mullir la tierra con microorganismos eficientes:* En un suelo firme y de preferencia sobre plástico extender la tierra recolectada y mullir con palo hasta afinar la muestra.
- *Agregar melaza diluida:* antes de aplicar a la tierra se debe diluir melaza en agua en una proporción de 1:3 es decir un volumen de melaza por tres de agua, normalmente 5 litros de melaza por cada 15 litros de agua. La melaza debe añadirse poco a poco y para que la mezcla quede uniforme debe removerse para que todo el suelo quede mojado con la melaza.

- *Verificar la humedad de la mezcla:* concluida la adición de la melaza se debe coger un puñado de la muestra y apretarlo, la humedad es adecuada cuando al abrir el puño el terrón queda formado perfectamente y no existe escurrimiento lateral.
- *Envasar la tierra con melaza:* en un cilindro de plástico rellenar y compactar la mezcla de tierra con microorganismos eficientes y la melaza, la compactación se realiza con palo para eliminar los espacios porosos, concluido el llenado del cilindro se debe tapar herméticamente.
- *Dejar reposar por 30 días:* la mezcla envasada debe dejarse en un lugar con sombra y fresco, no se debe abrir el envase antes. Después de 30 días la capa superficial del sustrato compactado debe mostrar un color blanco y aroma a tierra fresca

Multiplicación y activación en medio líquido: el procedimiento es el siguiente:

- *Diluir la melaza:* se debe diluir la melaza en agua en una proporción de 1:2.5 es decir un volumen de melaza por 2.5 volúmenes de agua.
- *Obtener una muestra de 5 kg de tierra con microorganismos eficientes:* la muestra se obtiene de la recolección realizada, se embolsa en un saco y se amarra herméticamente.
- *Agregar la melaza diluida:* en un cilindro de plástico se agrega en promedio cuatro litros de melaza diluida con agua.
- *Introducir la muestra de tierra con microorganismos en el cilindro:* la muestra de 5 kg se introduce en el cilindro con la melaza y luego se agrega agua no clorada hasta llenar el cilindro, cerrar herméticamente el tanque y dejar reposar por cuatro días. Al terminar el plazo de reposo la mezcla debe presentar un color ámbar y aroma agradable a fermento, si el color es violeta debe eliminarse el preparado.

Aplicación de microorganismos eficientes: los microorganismos eficientes multiplicados en los pasos anteriores deben aplicarse según su naturaleza:

- *Microorganismos eficientes en medio sólido:* este producto puede aplicarse combinado con otros abonos orgánicos como el humus de

lombriz, compost, bocashi, entre otros. Se debe espolvorear el suelo de siembra y cubrir con una capa fina de otro abono, el suelo debe estar húmedo y la aplicación se realiza en la mañana, la dosis es de 50 kg de microorganismos eficientes por cada 200 kg de abono orgánico.

- *Microorganismos eficientes en medio líquido*: se debe diluir 4 litros de microorganismos eficientes en 20 litros de agua y se debe asperjar sobre las plantas, como mínimo se debe aplicar en cada fase fenológica del cultivo, en el caso de algunos cultivos como los hortícolas se debe aplicar en forma semanal. La aplicación se realiza en la mañana, cuando es con el riego se puede aplicar 12 litros de microorganismos eficientes por cada 20 litros de agua.

IICA (2013) describe otro procedimiento para recuperar y multiplicar los microorganismos eficientes:

- Se colocará arroz cocinado dentro de un recipiente de plástico.
- Se tapará el recipiente con arroz cocido con una malla fina de nylon amarrándose fuertemente al borde.
- Se enterrará el recipiente con arroz cocido en el suelo en el cual se sembrará el cultivo. El recipiente con arroz cocido se enterrará con abundante tierra superficial y hojarasca en descomposición.
- Se dejará el recipiente por 15 días enterrado en el suelo para permitir que los microorganismos eficientes, existentes en forma natural en el suelo, penetren al arroz cocido.
- El arroz infestado con microorganismos eficientes será molido finamente y luego se mezclará con un litro de melaza de caña y tres litros de agua limpia no clorada.
- La suspensión actividad de microorganismos eficientes será colado en un tamiz fino antes de ser aplicado al campo experimental.

4.3.6. EM-Compost

BIOEM SAC (2023) menciona que el EM-Compost viene de fabrica en forma inactiva, por lo que, antes de aplicarse en el campo definitivo se debe activar con

melaza, la proporción en la cual se activa el EM-Compost es como sigue: 5% de EM-Compost, 5% de melaza y 90% de agua. Esta mezcla activada se debe dejar reposar durante una a dos semanas, la activación es por única vez. Cuando el EM-Compost esta bien activada desprende un olor agridulce y su pH es de 3.5 o menos. El EM-Compost está compuesto de bacterias fotosintéticas (*Rhodopseudomonas spp*), bacterias Acido Lácticas (*Lactobacillus spp*) y levaduras (*Sacharomyces spp*)

A Continuacion se detalla los momentos y las dosis en los cuales se puede aplicar el EM-Compost:

Aplicación al suelo antes de la siembra: el EM-Compost activado se aplica al suelo, generalmente en la preparación del terreno, con la finalidad de establecer en el suelo los microorganismos eficientes. Cuando en la preparación del terreno se incorpora restos de cosecha o estiércol, la aplicación de EM-Compost tiene la finalidad de acelerar la descomposición de la materia orgánica para mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Para facilitar aún más la descomposición se debe picar los residuos de cosecha. La aplicación de EM-Compost se debe realizar de 15 a 20 días antes de la siembra. Las dosis de aplicación de este producto dependen de algunas condiciones especiales: en el caso de terreno con excesivo uso de agroquímicos se aplica 25 litros de microorganismos eficientes por 500 litros de agua por hectárea, en terrenos normales la dosis es de 10 litros por 500 litros de agua por hectárea, en cultivos orgánicos se aplica 5 litros por 500 litros de agua por hectárea.

Aplicación al suelo después de la siembra: el objetivo de aplicar al suelo después de la siembra es establecer los microorganismos en el área de la rizosfera para favorecer la solubilización de nutrientes minerales, producción de sustancias bioactivas, proteger los cultivos frente a fitopatógenos del suelo. La dosis y frecuencia de aplicación depende del cultivo: para cultivos de ciclo corto se aplica 20 l/ha en una dilución de 2 a 5%, la frecuencia debe ser cada ocho días en el primer mes de crecimiento, reduciendo la frecuencia a 15 días antes de la cosecha. Para cultivos bianuales se aplica a 20 l/ha, a una dilución del 2% cada 15 días.

Para cultivos permanentes se aplica a 30 litros/ha, a una dilución del 5% cada 30 días. Las aplicaciones se ejecutan muy temprano en el mañana o en la tarde. El chorro de aplicación debe dirigirse a la zona de mayor crecimiento radicular, regar abundantemente después de la aplicación.

Aplicación en la siembra directa y trasplante: antes de realizar la siembra directa de las semillas en campo definitivo se inocula con los microorganismos eficientes, el objetivo es generar una barrera protectora alrededor de la semilla y promover una zona rica en microorganismos eficientes en la rizosfera de la raíz. En el caso de siembra indirecta reduce el estrés generado por el trasplante además de aportar sustancias activas que promueven el desarrollo vigoroso de las plantas. La forma de aplicación consiste en diluir al 2% los microorganismos eficientes activados y aplicar sobre las semillas antes de ser tapadas con suelo, en el caso de almacigueras regar las bandejas de germinación antes de tres días de llevar a campo definitivo, cuando se trasplanta a raíz desnuda se sumerge las raíces de las plántulas en la solución durante 15 minutos y luego se instala en campo definitivo, instalando el cultivo se debe regar con abundante agua.

Aplicación sobre el follaje: el objetivo de este tipo de aplicaciones es promover el desarrollo de los puntos meristemáticos de plantas y proteger contra fitopatógenos, generando un ambiente favorable para el crecimiento vigoroso de plantas. La dosis de aplicación foliar es en forma de dilución al 2% con pulverizadora manual o a motor, la frecuencia depende de la especie: plantas de ciclo corto o anuales cada ocho días, plantas bianuales cada 15 días y plantas permanentes de 15 a 30 días.

Aplicación en el enraizamiento: el objetivo es formar una barrera protectora alrededor del material al entrar en contacto con el suelo o sustrato y se reduzca la incidencia de enfermedades producidos por patógenos que habitan en el sustrato o suelo. Se busca promover la brotación vigorosa y uniforme de los materiales instalados en el sustrato, generándose hormonas, aminoácidos y sustancias antioxidantes. Las partes vegetativas como estacas se sumergen en una solución al 2% de microorganismos eficientes, se deja orear durante 30 minutos a la sombra, evitando el

contacto directo con el sol, se instalar y riega con agua abundante. El tiempo de remojo de estacas, esquejes, rizomas u otros es de 15 minutos.

V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Tipo de investigación

Experimental, nivel descriptivo y enfoque cuantitativo.

5.2. Ubicación temporal del experimento

La etapa experimental se realizó del 15 de febrero al 26 de julio del 2023.

5.3. Ubicación del campo experimental

5.3.1. Ubicación política

Región:	Cusco
Provincia:	La Convención
Distrito:	Quellouno
Lugar:	Capillania

5.3.2. Ubicación geográfica

UTM Norte:	8602224
UTM Este :	765266
Altitud:	843.0 m

5.3.3. Ubicación hidrográfica

Cuenca :	Vilcanota-Urubamba
Subcuenca:	Yanatile
Microcuenca:	Quellomayo

5.4. Variables climáticas

Tabla 4: Variables climáticas – Estación meteorológica de Quillabamba

Año	Precipitación (mm)	Temp. Max. (°C)	Temp. Min. (°C)	Temp. Prom. (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad de viento (m/s)
1999	1,720.7	30.0	18.5	24.2	75.4	2.8
2000	1,134.0	29.9	18.8	24.3	78.4	2.7
2001	1,269.6	29.7	18.8	24.3	78.0	2.4
2002	1,202.7	29.7	18.6	24.1	76.8	2.8
2003	1,147.5	29.9	18.8	24.3	77.7	2.4
2004	1,101.1	29.7	18.4	24.0	78.2	2.7

Año	Precipitación (mm)	Temp. Max. (°C)	Temp. Min. (°C)	Temp. Prom. (°C)	Humedad	Velocidad
					relativa (%)	de viento (m/s)
2005	954.6	30.9	19.2	25.0	80.3	3.4
2006	1,126.1	30.7	19.0	24.8	83.7	3.6
2007	1,126.0	30.4	18.5	24.4	82.2	3.1
2008	1,064.7	30.9	18.9	24.9	80.8	2.4
2009	1,220.1	31.7	19.7	25.7	81.4	2.5
2010	1,214.0	31.8	19.4	25.6	79.7	2.3
2011	1,575.1	30.7	18.9	24.8	82.0	2.1
2012	1,268.6	30.8	18.8	24.8	73.4	2.0
2013	1,242.5	30.6	19.1	24.8	82.6	2.5
2014	1,224.3	31.1	18.0	24.5	83.0	2.1
2015	1,031.9	31.2	19.0	25.1	81.3	0.0
2016	860.6	31.4	18.6	25.0	86.0	1.4
2017	1,148.7	31.2	19.4	25.3	84.9	1.3
2018	1,298.3	30.3	18.4	24.3	85.9	1.4
2019	1,360.4	30.6	18.1	24.3	87.8	1.6

Fuente: SENAMHI

5.5. Materiales, equipos y herramientas

5.5.1. Material biológico

Se sembró semilla de sandía de la variedad Peacock adquirida de agroveterinaria local, semilla de calidad garantizada con buena pureza física y varietal, envasada en lata de 100 g, semilla tratada con Thiram, con un porcentaje de germinación de 95%. El fungicida Thiram, es utilizado por las empresas comercializadoras de semillas a nivel mundial, para proteger las semillas del ataque de hongos causantes de chupadera fungosa, especies de *Rhizoctonia solani*, *Fusarium sp.* y *Pythium sp.*

5.5.2. Materiales de campo

- Estacas para marcar parcelas
- Carteles de identificación de tratamientos
- Libreta de campo
- Yeso y cordel
- Baldes de 20 litros y galoneras de 16 galones
- Melaza de caña, agua y recipiente de plástico

5.5.3. Herramientas

- Balanza

Cinta métrica y wincha metálica
Picos, palas, kituchis, machetes y hachas
Regla graduada con vernier

5.5.4. Equipos

Celular (registro fotográfico).
Computadora personal e impresora
Pulverizador
Refractómetro manual

5.6. Métodos

5.6.1. Diseño experimental

Fue asumido el diseño experimental Bloques Completo al Azar. Los tres tratamientos incluido el testigo fueron distribuidos en cuatro bloques. El total de unidades experimentales fue de 12. Los tratamientos fueron distribuidos en forma aleatoria dentro de cada bloque y para tal fin fue utilizado el método del balotario sin restitución. Los resultados obtenidos fueron procesados en el programa Excel y Minitab, se realizó el análisis de varianza y la prueba de Tukey a un nivel de significancia de 5%.

El modelo aditivo lineal para el diseño de Bloques Completamente al Azar es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = es la variable respuesta
 μ = efecto de la media poblacional
 τ_i = efecto del i ésimo tratamiento
 β_j = efecto del j ésimo bloque
 ε_{ij} = Error experimental

Según este modelo el análisis de varianza se calcula con las siguientes expresiones:

Tabla 5: Modelo de análisis de varianza

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fcalculado
Bloques (r)	GLB= r-1	SCB	CMB= SCB/GLB	CMB/CME
Tratamiento (t)	GLT= t-1	SCT	CMT=SCT/GLT	CMT/CME
Error	GLE= (r-1)*(t-1)	SCE	CME=SCE/GLE	
Total	GLEtotal= t*r -1	SCTotal		

Donde:

$$\begin{aligned}
 \sum_{j=1}^t \sum_{i=1}^r x_{ij}^2 - \frac{(\sum_{j=1}^t \sum_{i=1}^r x_{ij})^2}{rt} &= \sum_{j=1}^t \sum_{i=1}^r x_{ij}^2 - \frac{(\sum_{j=1}^t \sum_{i=1}^r x_{ij})^2}{rt} \\
 &= \sum_{j=1}^t \sum_{i=1}^r x_{ij}^2 - \frac{(\sum_{j=1}^t \sum_{i=1}^r x_{ij})^2}{rt}
 \end{aligned}$$

5.6.2. Tratamientos

Tabla 6: Tratamientos

Clave	Tratamiento	Dosis (l/ha)	Volumen de agua por Ha (l)	% de dilución	Volumen por m ²
T1	EM-Compost	20.00	1,000.00	2.0	100 ml
T2	EM-Recuperado	20.00	1,000.00	2.0	100 ml

5.6.3. Características del campo experimental

a) Campo experimental

Largo:	36.0 m
Ancho incluida calles centrales:	25.4 m.
Área total:	914.4 m ²

b) Bloques

Nº de bloques:	4.0
Ancho de bloque:	5.6 m
Largo de bloque:	36.0 m
Área por bloque:	201.6 m ² .

c) Calles

Número de calles entre bloques:	3.0
Largo de calle:	36.0 m.
Ancho de calle:	1.0 m
Área total de calles:	108.0 m ²

d) Unidad experimental

N° de unidades experimentales total:	12
Largo:	12.0 m
Ancho:	5.6 m.
Área total	67.2 m ²
Área neta de evaluación:	24.0 m ²

e) Surcos

N° de surcos por unidad experimental:	4
N° de surcos por área neta de evaluación:	2.0
Largo:	5.6 m
Ancho:	0.8 m f)

Densidad de siembra

Distancias entre surcos:	3.0 m
Distancia entre plantas:	0.80 m
N° de plantas por surco:	7.0
N° de plantas por golpe:	1.0
Densidad de siembra:	4,167 plantas/ha

Gráfico 1: Croquis de la unidad experimental

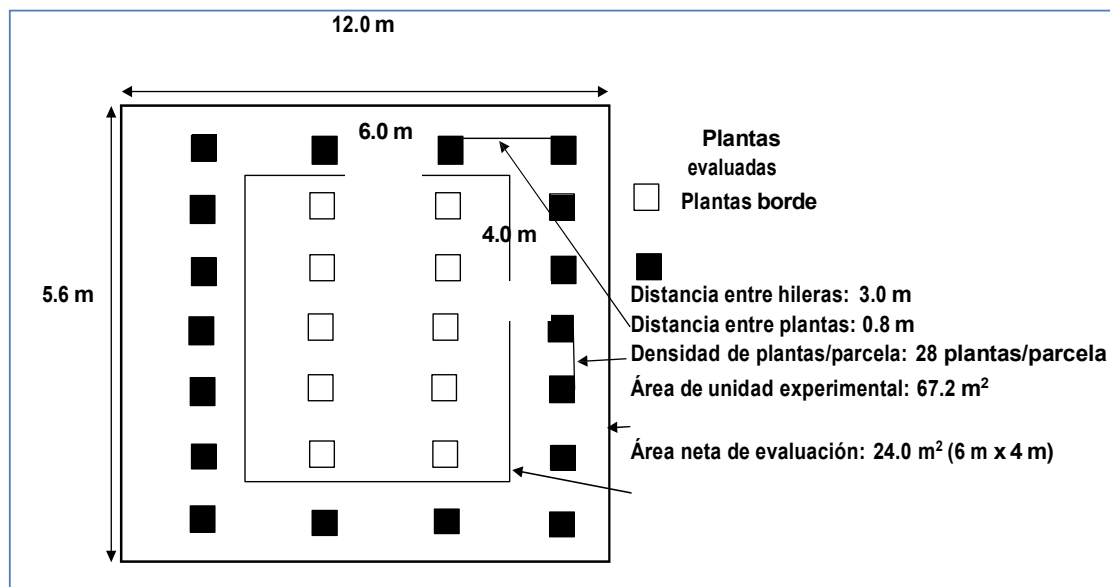
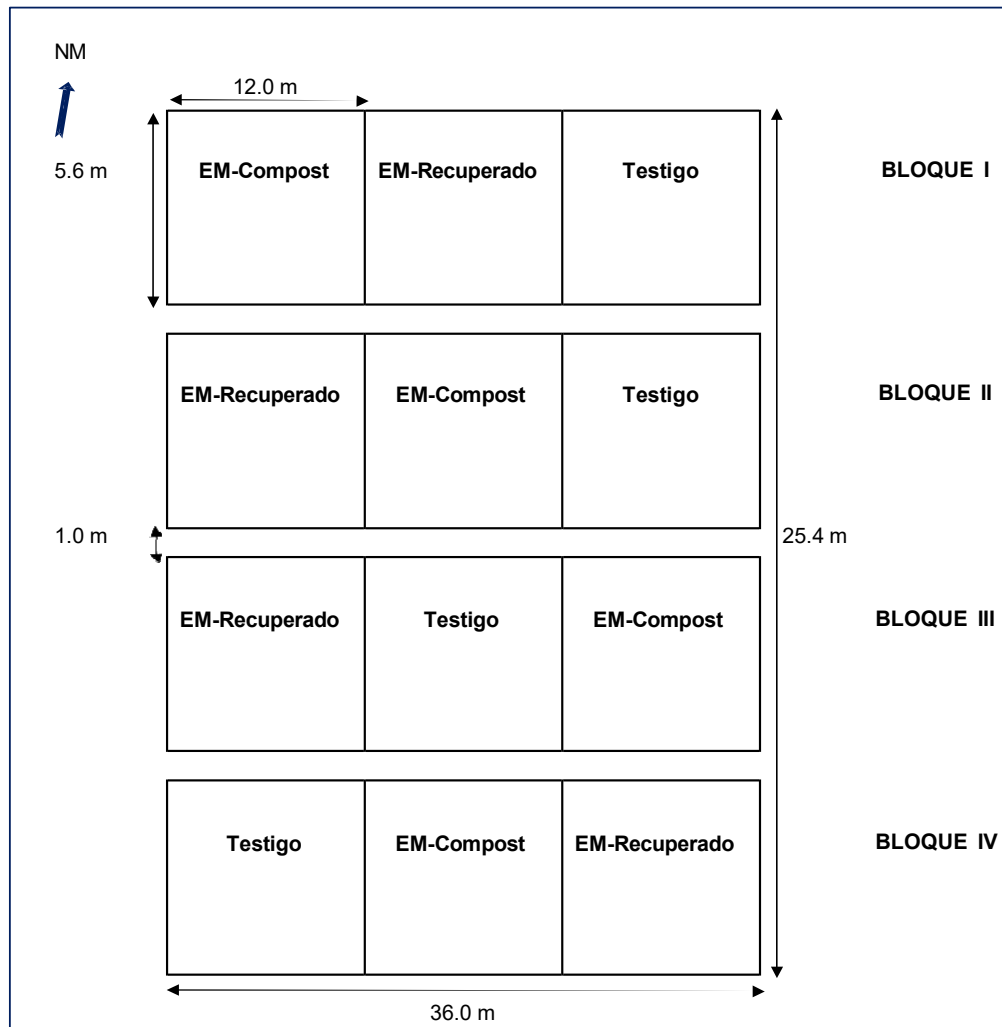


Gráfico 2: Croquis del campo experimental



5.6.4. Conducción del experimento

a) Roce y limpieza del campo experimental

La limpieza y roce del campo experimental se realizó con machete y hacha. El objetivo fue eliminar la maleza existente en el campo. Debido a que se sembró en época de lluvias no se pudo realizar quema controlada, por lo que, fue necesario limpiar el roce, amontonando las malezas al borde del campo para su descomposición posterior. Esta labor fue realizada el 15 de febrero del 2023.

b) Instalación de almaciguera

La almaciguera fue instalada el 18 de febrero del 2023, al borde la parcela experimental, fue preparado una cama con tierra finamente mullida, en ella se sembró las semillas en hileras separadas a cinco centímetros entre ellas, luego de

tapar las semillas con suelo, la almáciguera fue cubierta con paja para evitar daño de aves, la cama fue regada, una semana después y luego de la emergencia de las plántulas fue retirada la paja y se armó una sombra temporal, después de 15 días las plántulas fueron llevadas a campo definitivo.

c) Trazado del campo experimental

Para tener un mejor control de los distanciamientos de siembra, fue necesario trazar el campo experimental con yeso, estacas y cordel, las distancias propuestas en el anteproyecto fueron medidas con wincha de lona, delimitándose con precisión las unidades experimentales, los bloques y las calles. Esta labor fue realizada el 04 de marzo del 2023.

d) Trasplante en campo definitivo

Con la finalidad de asegurar el espacio vital de igual dimensión para cada planta fue necesario trazar las hileras antes del trasplante, para tal fin se colocó estacas al inicio y fin de la hilera, el distanciamiento entre hileras fue de tres metros. Antes de realizar el trasplante fue necesario cortar palos totalmente derechos con una longitud de 80 cm para mantener constante la distancia entre golpes. El primer paso del trasplante fue tender el cordel entre las estacas previamente instaladas, las plántulas fueron instaladas en la línea del cordel distanciados a 80 cm entre ellas, utilizando kituchi fue abierto pequeños hoyos, dentro de los cuales fueron instaladas las plántulas, para que las raíces se instalen en forma adecuada las plántulas fueron acomodadas en recipientes con agua al momento del trasplante, fue necesario compactar ligeramente el suelo alrededor de la plántula para asegurar un contacto adecuado con el suelo. El trasplante fue realizado el 05 de marzo del 2023, a los 15 días después de haber instalada el germinadero.

e) Activación del EM-Compost

El EM-Compost adquirido en agroveterinaria local está formulado por el laboratorio con microorganismos en estado latente, razón por la cual, la empresa que comercializa el producto, recomienda activar el EM-Compost siete días antes de su utilización, mezclando 1.0 litro de EM-Compost (5%), con 1.0 litro de melaza

de caña (5%) y 18.0 litros de agua limpia (90%). Esta labor fue realizada el 13 de marzo del 2023.

f) Elaboración de microorganismos eficientes recuperados (EM-Recuperado)

Este producto fue elaborado por el tesista, utilizando microorganismos eficientes existentes en forma natural en el terreno de cultivo en el cual se sembró la sandía. El EM-Recuperado fue elaborado 15 días antes de su aplicación el 05 de marzo del 2023. Fue asumido el procedimiento recomendado por el IICA (2013), el cual se describe a continuación:

Se colocó arroz cocinado dentro de un recipiente de plástico.

Se tapó el recipiente con arroz cocido con una malla fina de nylon amarrándose fuertemente al borde.

Se enterró el recipiente con arroz cocido en el suelo en el cual se sembró la sandía. El recipiente con arroz cocido se enterró con abundante tierra superficial y hojarasca en descomposición.

Se dejó el recipiente por 15 días enterrado en el suelo para permitir que los microorganismos eficientes, existentes en forma natural en el suelo, penetren al arroz cocido.

El arroz infestado con microorganismos eficientes fue molido finamente y luego se mezcló con un litro de melaza de caña y tres litros de agua limpia no clorada.

La suspensión de microorganismos eficientes fue colada en un tamiz fino antes de ser aplicado al campo experimental. El análisis que indica la concentración de microorganismos eficientes se presenta en anexos.

g) Identificación de tratamientos

Antes de comenzar las aplicaciones de los microorganismos eficientes fue necesario identificar las parcelas con letreros hechos en cartulina y cubiertos de plástico para evitar confusiones al momento de aplicar los tratamientos. Esta labor fue realizada el 18 de marzo del 2023.

h) Aplicación de microorganismos eficientes: EM-Compost y EM-Recuperado

Las características principales de la aplicación de microorganismos eficientes EM-Compost y EM-Recuperado fueron las siguientes:

Dosis: los microorganismos eficientes fueron aplicados a una dosis de 20 litros por hectárea de producto activado. Para determinar el gasto de agua se realizó la prueba en blanco, para lo cual se pulverizó sobre un área conocido un volumen determinado, el gasto de agua fue de 1,000 litros/ha aplicado directamente al suelo. por tanto, el producto fue diluido en la proporción de 20 ml de microorganismos eficientes por cada litro de agua, está mezcla fue aplicada a 10 m² de superficie.

Sin embargo, con la finalidad de establecer en forma adecuada los microorganismos eficientes en el suelo, la aplicación se realizó diluida en agua al 2%, es decir por cada metro cuadrado de terreno se aplicó 100 ml de la disolución, equivalente a 2 ml por metro cuadrado del producto concentrado.

Frecuencia: los microorganismos eficientes fueron aplicados cada 8 días.

Hora de aplicación: las aplicaciones se realizaron en las mañanas antes de las 8.0 AM.

Forma de aplicación: los microorganismos eficientes fueron aplicados al suelo por aspersión con una pulverizadora manual de 15 litros en forma uniforme sobre toda la superficie.

Fecha de aplicación: la primera aplicación fue realizada el 20 de marzo, la segunda el 28 de marzo y la última aplicación el 5 de abril del 2023.

Tabla 7: Dosis de aplicación por tratamiento

Bioestimulante	Gasto de agua			Dosis producto		Dosis	
	l/ha	Litros/Unid. Exper.	Litros/tratamiento	l/ha	ml/litro de agua	ml/Unid. Exp.	ml/Tratamiento
EM-Compost	1000	6.72	26.88	20	20.0	134.4	537.6
EM-Recuperado	1000	6.72	26.88	20	20.0	134.4	537.6

Fotografía 1: Identificación de unidades experimentales



Las aplicaciones se realizaron al suelo en la etapa de crecimiento activo del follaje y antes de que la planta entrará en floración.

i) Riegos

Debido a que el cultivo fue conducido en meses con muy poca frecuencia de lluvias, fue necesario regar la parcela, para tal fin fue instalado un sistema de riego parcelario por microaspersión. En el primer mes de crecimiento debido a que aún se presentaron lluvias con cierta frecuencia no fue necesario regar, sin embargo, a partir del segundo mes los riegos fueron semanales, abriéndose el sistema por cuatro horas hasta humedecer adecuadamente el suelo. Esta actividad comenzó a ejecutarse a partir del 02 de abril del 2023.

j) Control de malezas

Debido a que la parcela fue regada con microaspersión el crecimiento de malezas fue muy frecuente, los controles se realizaron en forma manual utilizando kituchi, el primer control de malezas fue realizado el 05 de abril del 2023, al mes de la siembra, este control coincidió con el aporque de las plantas, el segundo control de malezas se realizó con kituchi el 10 de mayo del 2023 y el último control fue realizado el 07 de junio del 2023, esta labor coincidió con el segundo aporque, posteriormente ya no fue necesario el control de malezas debido a que las plantas cubrieron con el follaje el surco y no permitieron que crezca mayor cantidad de malezas.

k) Aporque

El aporque fue realizado con la finalidad de estabilizar la planta en forma adecuada y cubrir bien las raíces, el primer aporque se realizó el 05 de abril del 2023 un mes después de la siembra, el segundo aporque se realizó el 07 de junio del 2023 aproximadamente a los dos meses de crecimiento, el objetivo adicional fue también controlar las malezas.

l) Control fitosanitario

El control fitosanitario se realizó en dos oportunidades, el primero de ellos el 23 de abril y el segundo el 30 de mayo del 2023. En ambas oportunidades fue aplicado los siguientes productos: Ridomil Gold 68 (Metalaxil + Mancozeb) a una dosis de 2.5 g de producto por cada litro de agua, este producto tuvo el objetivo de prevenir y controlar en etapa inicial el mildiu de la sandía (*Pseudoperonospora cubensis*). Se aplicó también Cyperklin (Cipermetrina al 25%) a una dosis de 1.25 ml de producto por cada litro de agua el objetivo fue controlar el ataque de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*).

Fotografía 2: Control fitosanitario



m) Cosecha

La cosecha se realizó en forma gradual conforme los frutos llegaron a su madurez comercial, el índice de cosecha utilizado fue al golpear el fruto con los dedos se produjo un sonido sordo. En total se realizaron dos cosechas. La primera cosecha fue realizada el 11 de julio del 2023, mientras que la segunda cosecha se realizó el 26 de julio del 2023.

Fotografía 3: Identificación de unidades experimentales



5.6.5. Evaluaciones

Antes de comenzar con las evaluaciones fue necesario identificar con etiquetas las 10 plantas que crecieron dentro del área neta de evaluación por cada unidad experimental. El área neta de evaluación fue determinada sin considerar las dos hileras de borde y las cuatro plantas de borde en cada unidad experimental, tal como se muestra en el gráfico 2. Las 10 plantas etiquetadas por unidad experimental y área neta de evaluación fueron consideradas para evaluar cantidad de frutos y peso de frutos por planta.

a) Peso de frutos por hectárea

En cada una de las dos cosechas se recolectó los frutos de las 10 plantas etiquetadas en el área neta de evaluación en cada unidad experimental, se pesaron en una balanza de precisión y los datos se registraron en una libre de campo. Al finalizar la última cosecha se totalizó el peso por cada unidad experimental y por regla de tres se proyectó a una hectárea de superficie,

considerando que el área neta de evaluación por unidad experimental fue de **24.0 m²**. La expresión utilizada fue la siguiente:

$$= \frac{(\sum_{i=1}^n \text{Peso}_i \times \text{Número de frutos por planta})}{\text{Área neta de evaluación}} \times 10,000$$

b) Peso de frutos por planta

En cada una de las dos cosechas fueron recolectados los frutos que produjo cada una de las 10 plantas etiquetadas por área neta de evaluación por unidad experimental, estos frutos fueron pesados y su resultado fue registrado en una ficha de campo, el pesado se realizó por cada planta. En la segunda cosecha se hizo el mismo procedimiento. El peso de frutos por planta de la primera cosecha y el peso de frutos por planta de la segunda cosecha fueron sumados obteniéndose el peso total de frutos por planta. Los datos fueron registrados en kilogramos. Aclarando que en cada unidad experimental crecieron en total 28 plantas, sin embargo, en el área neta de evaluación solamente crecieron 10 plantas, los cuales fueron etiquetados.

Fotografía 4: Pesado de frutos



c) Número de frutos por planta

Para determinar este indicador se contabilizó los frutos producidos en cada una de las 10 plantas que crecieron en el área neta de evaluación en cada unidad experimental, esta labor se realizó en cada una de las dos cosechas, al finalizar la última cosecha se totalizó el número de frutos por planta.

d) Longitud del fruto

La longitud de fruto fue determinada únicamente en la primera recolección. De todos los frutos cosechados de las 10 plantas etiquetadas en el área neta de evaluación por unidad experimental, se obtuvo una muestra aleatoria de 10 frutos, el método utilizado fue por balotario, se enumeró todos los frutos cosechados por área neta de evaluación y luego se extrajo los números hasta elegir 10 frutos. La longitud del fruto fue determinada midiendo la distancia entre la zona de inserción con el pedúnculo y la zona distal del fruto, se utilizó wincha de lona, la información fue registrada en centímetros.

Fotografía 5: Longitud de fruto



e) Diámetro del fruto

El diámetro de fruto fue determinado únicamente en la primera recolección. Se utilizó los mismos 10 frutos en los cuales fue evaluado la longitud del fruto. El diámetro del fruto fue determinado midiendo la distancia con regla metálica en la parte central, para tal fin fue necesario cortar la sandía en dos partes iguales, la información fue registrada en centímetros.

Fotografía 6: Diámetro de fruto



f) Peso del fruto

El peso del fruto fue determinado en la primera cosecha. Se utilizó los mismos 10 frutos en los cuales fue determinado la longitud y el diámetro del fruto. Los frutos fueron pesados en una balanza en forma individual, los datos fueron registrados en kilogramos.

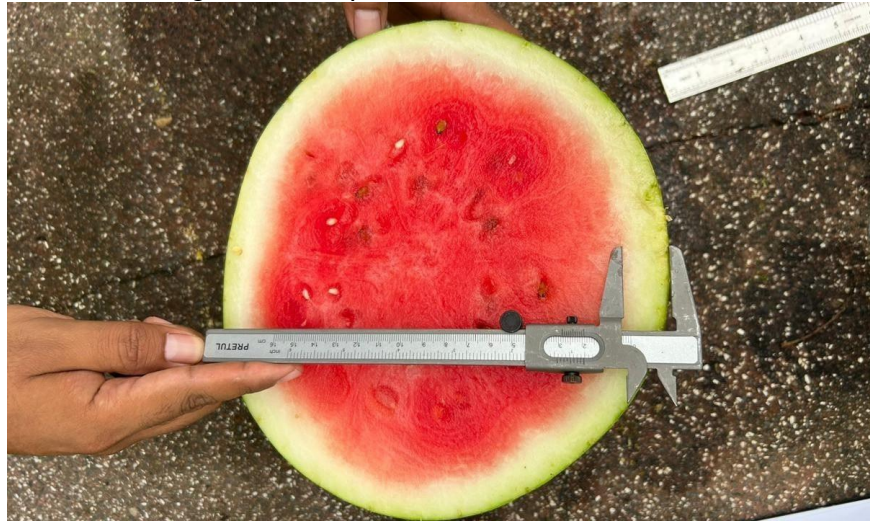
Fotografía 7: Peso de fruto



g) Espesor de la cáscara

En los 10 frutos utilizados para determinar la longitud y el diámetro del fruto, así como el peso de fruto, fue determinado el espesor de la cáscara, para tal fin, se realizó un corte transversal del fruto y fue medida con regla graduada con Vernier. Los datos fueron registrados en milímetros.

Fotografía 8: Espesor de la cáscara de la fruta



h) Contenido de sólidos solubles (Grados Brix)

En los 10 frutos utilizados para determinar el espesor de la cáscara se determinó también el contenido de sólidos solubles con refractómetro manual. Para tal fin fue necesario cortar la parte central del fruto y extraer el jugo, el cual fue colocado en la lupa del refractómetro y se hizo la lectura en grados Brix.

Fotografía 9: Colocando el jugo en el refractómetro



Fotografía 10: Lectura del contenido de sólidos solubles en el refractómetro



VI. RESULTADOS

6.1. Rendimiento

Tabla 8: Rendimiento por área neta de evaluación de 24 m² (kg/área neta)

Tratamiento	Bloques				Promedio
	I	II	III	IV	
EM-Compost	152.00	190.14	90.10	108.25	135.12
EM-Recuperado	98.96	191.13	101.10	97.93	122.28
Testigo	88.53	136.57	97.05	150.04	118.05
Promedio	113.16	172.61	96.08	118.74	125.15

Tabla 9: Rendimiento proyectado con información de área neta de evaluación (t/ha)

Tratamiento	Bloques				Promedio	Total
	I	II	III	IV		
EM-Compost	63.33	79.23	37.54	45.10	56.30	225.20
EM-Recuperado	41.23	79.64	42.13	40.80	50.95	203.80
Testigo	36.89	56.90	40.44	62.52	49.19	196.75
Promedio					52.15	
Total	141.45	215.77	120.10	148.43		625.75

Tabla 10: Análisis de varianza - Rendimiento (t/ha)

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F _{0.05}	F.T.		Sig.	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Bloques	3	1709.58718750	569.862396	3.77	4.76	9.78	NS	NS
Tratamientos	2	109.81469618	54.907348	0.36	0.03	0.01	NS	NS
Error	6	905.92891493	150.988152					
Total	11	2725.33079861					C.V.	23.56%

6.2. Peso de fruto por planta

Tabla 11: Peso de fruto por planta (kg)

Tratamiento	Bloques				Promedio	Total
	I	II	III	IV		
EM-Compost	15.66	19.01	9.01	10.83	13.63	54.51
EM-Recuperado	9.90	19.11	10.11	9.79	12.23	48.91
Testigo	8.85	13.66	9.71	15.00	11.80	47.22
Promedio	11.47	17.26	9.61	11.87	12.55	
Total	34.41	51.78	28.83	35.62		150.64

Tabla 12: Análisis de varianza - Peso de fruto por planta (kg)

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	FC	F.T.		Sig.	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Bloques	3	97.42018158	32.473394	3.55	4.76	9.78	NS	NS
Tratamientos	2	7.28021117	3.640106	0.40	0.03	0.01	NS	NS
Error	6	54.94904217	9.158174					
Total	11	159.64943492					CV	24.11%

6.3. Número de frutos por planta

Tabla 13: Número de frutos por planta

Tratamiento	Bloques				Promedio	Total
	I	II	III	IV		
EM-Compost	1.60	1.90	1.00	1.10	1.40	5.60
EM-Recuperado	1.00	1.90	1.00	1.00	1.23	4.90
Testigo	1.00	1.30	1.00	1.50	1.20	4.80
Promedio					1.28	
Total	3.60	5.10	3.00	3.60		15.30

Tabla 14: Análisis de varianza - Número de frutos por planta

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	FC	F.T.		Sig.	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Bloques	3	0.80250000	0.267500	3.06	4.76	9.78	NS	NS
Tratamientos	2	0.09500000	0.047500	0.54	0.03	0.01	NS	NS
Error	6	0.52500000	0.087500					
Total	11	1.42250000					CV	23.20%

6.4. Longitud de fruto

Tabla 15: Longitud de fruto (cm)

Tratamiento	Bloques				Promedio	Total
	I	II	III	IV		
EM-Compost	36.68	34.74	33.48	34.66	34.89	139.56
EM-Recuperado	34.23	34.12	34.65	35.08	34.52	138.08
Testigo	32.23	36.31	34.11	34.43	34.27	137.09
Promedio					34.56	
Total	103.14	105.17	102.25	104.17		414.73

Tabla 16: Análisis de varianza - Longitud de fruto (cm)

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	FC	F.T.		Sig.	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Bloques	3	1.59769425	0.532565	0.25	0.07	0.02	Sig	Sig
Tratamientos	2	0.77271050	0.386355	0.18	0.03	0.01	NS	NS
Error	6	12.60583750	2.100973					
Total	11	14.97624225					CV	4.19%

6.5. Diámetro de fruto

Tabla 17: Diámetro de fruto (cm)

Tratamiento	Bloques				Promedio	Total
	I	II	III	IV		
EM-Compost	22.86	23.00	23.57	21.00	22.61	90.43
EM-Recuperado	23.11	23.33	20.83	23.00	22.57	90.27
Testigo	21.11	20.83	23.38	22.89	22.05	88.21
Promedio					22.41	
Total	67.08	67.16	67.78	66.89		268.91

Tabla 18: Análisis de varianza - Diámetro de fruto (cm)

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	FC	F.T.		Sig.	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Bloques	3	0.14946467	0.049822	0.024	0.07	0.022	Sig	NS
Tratamientos	2	0.76916467	0.384582	0.185	0.03	0.01	NS	NS
Error	6	12.49294133	2.082157					
Total	11	13.41157067					CV	6.44%

6.6. Peso de fruto

Tabla 19: Peso de fruto (Kg)

Tratamiento	Bloques				Promedio	Total
	I	II	III	IV		
EM-Compost	11.61	10.84	9.44	9.80	10.42	41.70
EM-Recuperado	9.90	10.09	10.17	9.79	9.99	39.95
Testigo	8.86	11.52	9.71	9.54	9.91	39.62
Promedio					10.11	
Total	30.37	32.45	29.32	29.14		121.27

Tabla 20: Análisis de varianza - Peso de fruto (Kg)

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	FC	F.T.		Sig.	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Bloques	3	2.31295358	0.770985	1.010	4.76	9.78	NS	NS
Tratamientos	2	0.62297550	0.311488	0.408	0.03	0.01	NS	NS
Error	6	4.57925917	0.763210					
Total	11	7.51518825					CV	8.64%

6.7. Espesor de cáscara

Tabla 21: Espesor de cáscara (mm)

Tratamiento	Bloques				Promedio	Total
	I	II	III	IV		
EM-Compost	13.00	13.60	12.86	20.40	14.96	59.86
EM-Recuperado	13.11	12.67	19.00	13.10	14.47	57.88
Testigo	19.78	19.50	13.00	12.65	16.23	64.93
Promedio					15.22	
Total	45.89	45.77	44.86	46.15		182.66

Tabla 22: Análisis de varianza - Espesor de cáscara (mm)

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	FC	F.T.		Sig.	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Bloques	3	0.31568333	0.105228	0.01	0.07	0.022	Sig	Sig
Tratamientos	2	6.61065000	3.305325	0.17	0.03	0.01	NS	NS
Error	6	113.41341667	18.902236					
Total	11	120.33975000					CV	28.56%

6.8. Contenido de sólidos solubles

Tabla 23: Contenido de sólidos solubles (°Brix)

Tratamiento	Bloques				Promedio	Total
	I	II	III	IV		
EM-Compost	9.90	10.68	10.72	9.47	10.19	40.78
EM-Recuperado	10.61	9.94	9.41	9.86	9.95	39.82
Testigo	9.50	8.91	9.90	10.71	9.76	39.02
Promedio					9.97	
Total	30.02	29.53	30.03	30.04		119.62

Tabla 24: Análisis de varianza - Contenido de sólidos solubles (°Brix)

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	FC	F.T.		Sig.	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Bloques	3	0.06236492	0.020788	0.036	0.07	0.022	Sig	NS
Tratamientos	2	0.38563117	0.192816	0.330	0.03	0.01	NS	NS
Error	6	3.50980483	0.584967					
Total	11	3.95780092					CV	7.67%

VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

7.1. Rendimiento

En la tabla 9 se presenta los resultados para rendimiento de fruto de sandía, el promedio general obtenido fue de 52.15 t/ha, este valor es superior al promedio nacional registrado por MIDAGRI (2023) para el año 2021 con 28.533 t/ha, pero es inferior al registrado para este mismo año para la región Arequipa con 59.551 t/ha de frutos. Franco (2013) evaluando en Arequipa sustancias húmicas y microorganismos eficientes reportó un rendimiento de 23.913 t/ha de frutos para EM-Compost y 24.328 t/ha para sustancias húmicas, Ormeño (2022) quien evaluando cuatro bioestimulantes foliares en Huacho, Lima, determinó un rendimiento de 43.4 t/ha para el bioestimulante Trihomax, Pino (2018) evaluando niveles de humus de lombriz y crema de algas encontró 45.572 t/ha de frutos para humus de lombriz y 46.048 t/ha para crema de algas, Panta (2015) en su investigación realizada en Lima en la Universidad Agraria La Molina, reportó rendimiento en el rango de 19.22 a 36.12 t/ha, Pérez (2021) en la investigación realizada en la Universidad Agraria del Ecuador y evaluando mezclas de abonos orgánicos obtuvo como mejor rendimiento 22.648 t/ha correspondiente al tratamiento testigo, finalmente, Cayo (2011) comparando dos variedades de sandía en diferentes distanciamientos reportó como mejor resultado 29.76 t/ha correspondiente a la variedad Santa Amelia, todos los autores antes mencionados reportaron rendimiento inferior al determinado en la presente investigación. Por otro lado, Piza (2021) en la tesis realizada en la Universidad Agraria del Ecuador evaluando activadores naturales de suelo elaborados con bacterias eficientes de los géneros *Bacillus* y *Pseudomonas* reportó un valor superior a la presente investigación con 66.491 t/ha, igualmente Cruz (2010) comparando 15 variedades en Tacna reportó también resultado mayor para la variedad Santa Amelia con 102.878 t/ha. En la tabla mencionada y a simple inspección el tratamiento EM - Compost presentó el promedio más alto con 56.3 t/ha de frutos.

En la tabla 10 se presenta el análisis de varianza, el cual indica que a una probabilidad del 5 y 1% los tratamientos presentaron promedios estadísticamente iguales, es decir no se presentaron diferencias significativas, igualmente no se presentaron diferencias significativas entre los bloques del experimento, esto

indica que el campo experimental elegido fue uniforme en sus características y la aleatorización de los tratamientos fue realizada correctamente con lo cual se redujo el error por bloques. El coeficiente de variabilidad determinando como la relación entre el cuadrado medio del error y el promedio general fue de 23.56%, este valor es considerado adecuado para experimentación agrícola al ser menor al 30%, implica que los datos registrados son confiables y representan el verdadero resultado.

Debido a que los promedios de los tratamientos son iguales se concluye que los microorganismos eficientes aplicados en forma de pulverización al suelo no mejoran el rendimiento del cultivo de sandía en condiciones de Quellouno, La Convención, Cusco y que es indiferente aplicarlos o no. Este resultado es opuesto al reportado por Franco (2013) quien menciona diferencias significativas entre los tratamientos y reporta como mejor resultado el obtenido con la aplicación de EM-Compost, cabe resaltar que esta fuente de microorganismo fue aplicado en forma de aspersión a la dosis recomendada en su envase, tal como se hizo en la presente investigación, el autor menciona que la aplicación del EM-Compost fue realizado en dos oportunidades: el primero a la siembra y el segundo a los 40 días después de la siembra, esta frecuencia difiere de la presente investigación, otro dato que difiere también es el hecho de el autor mencionado aplicado el EM-Compost combinado con la aplicación de sustancias húmicas, es quizá la razón de esta diferencia de resultados.

7.2. Peso de fruto por planta

En la tabla 11 se presenta los resultados de peso de frutos por planta y los promedios para los tratamientos, en ella se observa que el promedio general fue de 12.55 kg de peso de fruto por planta, este resultado es inferior al reportado por Cruz (2010) quien comparando 15 variedades de sandía en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna menciona como mejores resultados 18.5 kg/planta para la variedad Santa Amelia con y 17.41 kg/planta para la variedad Orión, igualmente, Cayo (2011) quien evaluando dos variedades y diferentes distanciamientos de siembra en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna menciona como mejor resultado 29.76 kg/planta para la

variedad Santa Amelia. En la misma tabla mencionada el tratamiento EM-Compost presenta a simple vista el promedio más alto con 13.63 kg de frutos por planta, mientras que, el tratamiento testigo sin aplicación de microorganismos eficientes presentó el promedio más bajo con 11.80 kg.

En la tabla 12 se presenta el análisis de varianza a una probabilidad del 5 y 1%, este análisis indica que los tratamientos presentaron promedios estadísticamente iguales, ya que, no se presentaron diferencias significativas entre ellos, por otro lado, no se presentaron diferencias significativas entre los bloques del experimento, esto indica que el campo experimental elegido fue uniforme en sus características y la aleatorización de los tratamientos fue realizada correctamente con lo cual se redujo el error por bloques. El coeficiente de variabilidad determinando como la relación entre el cuadrado medio del error y el promedio general fue de 24.11%, este valor es considerado adecuado para experimentación agrícola al ser menor al 30%, implica que los datos registrados son confiables y pueden ser utilizados con confianza.

7.3. Número de frutos por planta

En la tabla 13 se presenta los resultados y promedios de número de frutos por planta, en ella se aprecia que el promedio general fue de 1.28 frutos por planta, este promedio es inferior al reportado en las siguientes investigaciones: Piza (2021) en la tesis realizada en la Universidad Agraria del Ecuador, evaluando el efecto de activadores naturales de suelo con microorganismos eficientes reportó un promedio de 3.12 frutos por planta para el tratamiento NPK (150-125-130) más activador natural del suelo, Solís (2020) en la tesis realizada también en la Universidad Agraria del Ecuador evaluando el efecto del bioestimulante Ácido naftalenacético encontró un promedio de 1.75 frutos por planta para el bioestimulante mencionado, Pérez (2021) en la tesis realizada también en la Universidad Agraria del Ecuador evaluando mezclas de abono orgánico en sandía de la variedad Royal Charleston obtuvo un promedio de 2.74 frutos por planta, Cruz (2010) en la tesis realizada en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna comparando el rendimiento de 15 variedades de sandía reportó un promedio de 2.33 frutos por planta para la variedad 888, Cayo (2011)

en la tesis realizada también en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna comparando dos variedades con diferentes distanciamientos de siembra reportó un promedio de 2.61 frutos por planta para la variedad Santa Amelia. A simple inspección se observa que el tratamiento EM-Compost presentó el promedio mayor con 1.4 frutos por planta, a pesar de ellos sigue siendo inferior a los resultados mencionados anteriormente.

En la tabla 14 se presenta el análisis de varianza a una probabilidad del 5 y 1% para número de frutos por planta, este análisis indica que los tratamientos presentaron promedios estadísticamente iguales, ya que, no se presentaron diferencias significativas entre ellos, por otro lado, tampoco se presentaron diferencias significativas entre los bloques del experimento, esto indica que el campo experimental elegido fue uniforme en sus características y la aleatorización de los tratamientos fue realizada correctamente con lo cual se redujo el error por bloques. El coeficiente de variabilidad determinando como la relación entre el cuadrado medio del error y el promedio general fue de 23.20%, este valor es considerado adecuado para experimentación agrícola al ser menor al 30%, implica que los datos registrados son confiables y pueden ser utilizados con confianza.

7.4. Longitud de fruto

En la tabla 15 se presenta los resultados y los promedios para longitud de fruto, en ella se observa que el promedio general fue de 34.56 cm de longitud, este resultado es mayor al reportado en las siguientes investigaciones: Piza (2021) en la tesis realizada en la Universidad Agraria del Ecuador informó un promedio de 30.8 cm de longitud de fruto para el tratamiento NPK (150-125-130) más activador natural del suelo, Panta (2015) en la tesis realizada en la Universidad Nacional Agraria La Molina evaluando diferentes niveles de fertilización potásica reportó longitud de fruto en el rango de 31.4 a 33.87 cm, sin embargo, es menor al reportado en las siguientes investigaciones: Solís (2020) en la tesis realizada en la Universidad Agraria del Ecuador con la finalidad de evaluar el efecto del bioestimulante Ácido naftalenacético en dos variedades híbridas de sandía reportó un promedio de 35.62 cm de longitud de fruto, Cruz (2010) en la tesis

realizada en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna con la finalidad de comparar el rendimiento de 15 variedades de sandía en el valle de Moquegua encontró como mejores resultados 38.67, 37.33 y 35.0 cm para las variedades 2625, San Amelia y Maha Raja, Cayo (2011) en la tesis realizada en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna con la finalidad de evaluar dos variedades de sandía sembradas en diferentes distanciamientos reportó un promedio de 44.74 cm de longitud de fruto.

En la tabla 16 se presenta el análisis de varianza a una probabilidad del 5 y 1% para longitud de fruto, este análisis indica que los tratamientos presentaron promedios estadísticamente iguales, ya que, no se presentaron diferencias significativas, por otro lado, se presentaron diferencias significativas entre los bloques del experimento, esto indica que el campo experimental elegido no fue uniforme en sus características y la aleatorización de los tratamientos no fue realizada correctamente con lo cual no se redujo el error por bloques. El coeficiente de variabilidad determinando como la relación entre el cuadrado medio del error y el promedio general fue de 4.19%, este valor es considerado adecuado para experimentación agrícola al ser menor al 30%, implica que los datos registrados son confiables y pueden ser utilizados con confianza.

7.5. Diámetro de fruto

En la tabla 17 se presenta los resultados y promedios para diámetro de fruto, el promedio general fue de 22.41 cm, este valor es superior al reportado en las siguientes investigaciones: Piza (2021) reportó un promedio de 18.8 cm en el tratamiento NPK (150-125-130) más activador natural del suelo como el mejor, en la investigación realizada en Ecuador, superior también al reportado por Solís (2020) quien informó un promedio de 18.9 cm de diámetro de fruto, en la investigación realizada también en Ecuador, en el que se comparó el efecto del bioestimulante Ácido naftalenacético y un testigo sin aplicación, Panta (2015) reportó que el diámetro del fruto se ubicó en el rango de 20.20 y 21.82 cm de diámetro de fruto en la investigación realizada en la Universidad Nacional Agraria La Molina evaluando diferentes niveles de fertilización potásica, Pérez (2021) informó un promedio de 17.29 cm de diámetro de fruto en la investigación

realizada en la Universidad Agraria del Ecuador, en el que comparó diferentes mezclas de abono orgánico. El resultado encontrado en la presente investigación fue inferior al reportado en las siguientes investigaciones: Ormeño (2022) reportó un promedio de 23.5 cm de diámetro de fruto para el bioestimulante Trihomax en la investigación realizada en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carreón, en Huacho comparando el efecto de cuatro bioestimulantes foliares, Cruz (2010) reportó un promedio de 24.5 cm de diámetro de fruto correspondiente a la variedad San Amelia, Cayo (2011) confirmó el resultado anterior reportó un promedio de 24.57 cm de diámetro de fruto para la variedad San Amelia en la investigación realizada en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna en el que comparó dos variedades de sandía sembrada en diferentes distanciamientos.

En la tabla 18 se presenta el análisis de varianza a una probabilidad del 5 y 1% para diámetro de fruto, este análisis indica que los tratamientos presentaron promedios estadísticamente iguales, ya que, no se presentaron diferencias significativas, por otro lado, se presentaron diferencias significativas entre los bloques del experimento al 5% de probabilidad, pero no así al 1% de probabilidad, esto indica que el campo experimental elegido fue uniforme en sus características y la aleatorización de los tratamientos fue realizada correctamente con lo cual se redujo el error por bloques. El coeficiente de variabilidad determinando como la relación entre el cuadrado medio del error y el promedio general fue de 6.44%, este valor es considerado adecuado para experimentación agrícola al ser menor al 30%, implica que los datos registrados son confiables y pueden ser utilizados con confianza.

7.6. Peso de fruto

En la tabla 19 se muestra los resultados y promedios para peso de fruto, en ella se observa que el promedio general fue de 10.11 kg por fruto, este promedio fue superior al reportado en las siguientes investigaciones: Franco (2013) en la tesis realizada en Arequipa en la Universidad Católica de Santa María evaluando sustancias húmicas y microorganismos eficientes en la variedad Peacock Improved menciona un peso promedio de fruto de tan solo 4.39 kg, Piza (2021) en

su investigación realizada en Ecuador evaluando activadores naturales de suelo con bacterias eficientes de los géneros *Bacillus* y *Pseudomonas* en sandía de la variedad Royal Charleston reportó un peso promedio de 6.44 kg por fruto, Ormeño (2022) en la tesis realizada en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carreón, en Huacho evaluando cuatro bioestimulantes foliares en la variedad de sandía Peacock Improved reportó un peso promedio de 7.85 kg por fruto, Solís (2020) en la tesis realizada en Ecuador evaluando el bioestimulante Ácido naftalenacético reportó un peso promedio de fruto de 5.41 kg, Pino (2018) en la tesis realizada en Arequipa evaluando diferentes niveles de humus de lombriz y crema de algas en sandía híbrida de la variedad Royal Sweet, encontró un peso promedio de 8.9 kg de fruto para una dosis de 8.0 toneladas de humus de lombriz por hectárea, Panta (2015) en la tesis realizada en la Universidad Nacional Agraria La Molina con la finalidad de evaluar diferentes niveles de fertilización potásica en sandía híbrida diploide de la variedad Black fire menciona que el peso de frutos promedio se ubicó en el rango de 7.85 y 8.73 kg por fruto, Pérez (2021) en la tesis realizada en la Universidad Agraria del Ecuador con el objetivo de evaluar mezclas de abonos orgánicos en sandía de la variedad Royal Charleston reportó un peso promedio de 6.61 kg por fruto. El promedio de peso de fruto encontrado en la presente investigación es inferior al reportado en las siguientes investigaciones: Cruz (2010) en la tesis realizada en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna con la finalidad de comparar el rendimiento de 15 variedades menciona como mejor peso de fruto de 12.33 kg para la variedad Santa Amelia, Cayo (2011) en la tesis realizada en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna con la finalidad de evaluar dos variedades de sandía sembradas en diferentes distanciamientos reportó como mejor peso de fruto para el distanciamiento de siembra de un metro 12.34 kg. En la tabla mencionada y a simple inspección el tratamiento con EM-Compost es superior a los demás tratamientos con 10.42 kg de peso de fruto.

En la tabla 20 se presenta el análisis de varianza a una probabilidad del 5 y 1% para peso de fruto, este análisis indica que los tratamientos presentaron promedios estadísticamente iguales, ya que, no se presentaron diferencias significativas entre ellos, por otro lado, tampoco se presentaron diferencias

significativas entre los bloques del experimento, esto indica que el campo experimental elegido fue uniforme en sus características y la aleatorización de los tratamientos fue realizada correctamente con lo cual se redujo el error por bloques. El coeficiente de variabilidad determinando como la relación entre el cuadrado medio del error y el promedio general fue de 8.64%, este valor es considerado adecuado para experimentación agrícola al ser menor al 30%, implica que los datos registrados son confiables y pueden ser utilizados con confianza. Este resultado es distinto al reportado por Franco (2013) quien encontró que las sustancias húmicas mostraron mejores resultados, Piza (2021) reportó que el tratamiento NPK (150-125-130) más activador natural del suelo presentó el mejor resultado para este indicador, Ormeño (2022) reportó como mejor resultado el bioestimulante Acigib, Solis (2020) menciona como mejor tratamiento el Ácido naftalenacético, Pino (2018) encontró como mejor tratamiento

8.0 toneladas de humus por hectárea, Pérez (2021) encontró como mejor tratamiento el testigo sin aplicación, Cruz (2010) reportó como mejor tratamiento la variedad Santa Amelia, Cayo (2011) reportó como mejor tratamiento el distanciamiento de un metro. Los resultados de la presente investigación son iguales al reportado por Panta (2015) quien menciona que no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos.

7.7. Espesor de cáscara

En la tabla 21 se presenta los resultados y los promedios para espesor de cáscara, en ella se observa que el promedio general fue de 15.22 mm, este resultado es superior al reportado por Franco (2013) quien comparando la fuente de microorganismos eficientes EM-Compost y sustancias húmicas en la Universidad Católica de Santa María de Arequipa demostró que las sustancias húmicas presentaron el grosor de cáscara más alto con 11.01 mm, Cruz (2010) comparando 15 variedades de sandía en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna encontró como mayor grosor de cáscara 12.5 mm para la variedad Cult 2626, por otro lado, Panta (2015) en la tesis realizada en la Universidad Nacional Agraria La Molina comparando diferentes niveles de fertilización potásica reportó grosor de cáscara en el rango de 12.1 a 15.5 mm. En la tabla mencionada se observa a simple inspección que el tratamiento testigo

sin aplicación presentó el espesor de cáscara más alto con 16.23 mm, mientras que, el tratamiento con EM-Recuperado presentó el espesor de cáscará más delgado con 14.47 mm.

En la tabla 22 se presenta el análisis de varianza a una probabilidad del 5 y 1% para espesor de cáscara, este análisis indica que los tratamientos presentaron promedios estadísticamente iguales, ya que, no se presentaron diferencias significativas, por otro lado, se presentaron diferencias significativas entre los bloques del experimento, esto indica que el campo experimental elegido no fue uniforme en sus características y la aleatorización de los tratamientos no fue realizada correctamente con lo cual se no redujo el error por bloques. El coeficiente de variabilidad determinando como la relación entre el cuadrado medio del error y el promedio general fue de 28.56%, este valor es considerado adecuado para experimentación agrícola al ser menor al 30%, implica que los datos registrados son confiables y pueden ser utilizados con confianza. Este resultado es diferente al reportado por Franco (2013) y Cruz (2010) quienes informaron que no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, sin embargo, es similar al reportado por Panta (2015) quien menciona no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados.

7.8. Contenido de sólidos solubles

En la tabla 23 se presenta los resultados y promedios de contenido de sólidos solubles, en ella se observa que el promedio general fue de 9.97 °Brix, con respecto a este valor Hernández et al. (2011) citado por Barrios (2023) mencionan que un indicador de calidad de los frutos de la sandía es el contenido de sólidos solubles expresado en grados Brix, según este autor, cuando el contenido de sólidos solubles se encuentra en el rango de 8 a 10 °Brix los frutos son considerados de poca calidad, mientras que, cuando el contenido de sólidos solubles se ubican en el rango de 10 a 12 °Brix se consideran frutos de alta calidad, según estas referencias los frutos obtenidos con el tratamiento EM- Compost son considerados frutos de alta calidad, ya que el contenido de sólidos solubles determinado con un refractómetro manual fue de 10.19 °Brix, mientras que los frutos obtenidos con el tratamiento EM-Recuperado el testigo sin

aplicación son considerados frutos de poca calidad ya que, el contenido de sólidos solubles fueron menores a 10 °Brix. El promedio obtenido en la presente investigación es inferior al reportado en las siguientes investigaciones: Ormeño (2022) en su investigación realizada en Huacho en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carreón comparando cuatro bioestimulantes foliares menciona como mejor valor 10.4 °Brix para el bioestimulante Citoone, es valor según la escala mencionada indica que son frutos de alta calidad, Solis (2020) evaluando el efecto del bioestimulante Ácido naftalenacético en dos variedades híbridas de sandía obtuvo como mejor resultado 10.78 °Brix para el bioestimulante y la variedad San Amelia, Pino (2018) comparando diferentes niveles de humus de lombriz y crema de algas en Arequipa determinó como mejor resultado 10.7 °Brix para el tratamiento con crema de algas marinas, Panta (2015) en la tesis realizada en la Universidad Nacional Agraria La Molina con la finalidad de evaluar diferentes niveles de fertilización potásica en el rendimiento y la calidad de la sandía de la variedad Black Fire reportó sólidos solubles en el rango de 11.10 y 12.7 °Brix, frutos considerados de alta calidad, Cruz (2010) comparando 15 variedades de sandía en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna reportó como mejor contenido de sólidos solubles 14.83°Brix para la variedad 999. El promedio de sólidos solubles encontrado en la presente investigación es ligeramente superior al reportado por Franco (2013) quien comparando el efecto de sustancias húmicas y EM-Compost como fuente de microorganismos eficientes menciona 9.46 °Brix de concentración de sólidos solubles.

En la tabla 24 se presenta el análisis de varianza a una probabilidad del 5 y 1% para contenido de sólidos solubles, este análisis indica que los tratamientos presentaron promedios estadísticamente iguales, ya que, no se presentaron diferencias significativas, por otro lado, se presentaron diferencias significativas entre los bloques del experimento al 5% de probabilidad, mientras que al 1% de probabilidad no se presentaron diferencias significativas, esto indica que el campo experimental elegido fue uniforme en sus características y la aleatorización de los tratamientos fue realizada correctamente con lo cual se redujo el error por bloques. El coeficiente de variabilidad determinando como la relación entre el

cuadrado medio del error y el promedio general fue de 7.67%, este valor es considerado adecuado para experimentación agrícola al ser menor al 30%, implica que los datos registrados son confiables y pueden ser utilizados con confianza.

VIII. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

CONCLUSIONES

1. Los microorganismos eficientes aplicados al suelo en pulverización no incrementan el rendimiento del cultivo de sandía, expresado como peso de frutos por hectárea, peso y número de frutos por planta, ya que, presentan promedios estadísticamente iguales al 1 y 5% de probabilidad sin embargo, en forma aritmética el tratamiento EM-Compost presentó los mejores resultados para: peso de frutos por hectárea con 56.3 t/ha, peso de frutos por planta con 13.63 kg/planta y número de frutos por planta con 1.4 frutos/planta.
2. Los microorganismos eficientes aplicados al suelo en pulverización no afectan las características agronómicas: longitud, diámetro y peso del fruto, espesor de la cáscara y el contenido de sólidos solubles, ya que presentaron promedios estadísticamente iguales al 1 y 5% de probabilidad, sin embargo, aritméticamente el tratamiento EM-Compost presentó los mejores resultados para: longitud de fruto con 34.89 cm, diámetro de fruto con 22.61 cm, para peso de fruto 10.42 kg/fruto y contenido de sólidos solubles con 10.19°Brix, mientras que para espesor de cáscara el mejor fue testigo, sin aplicación de microorganismos eficientes con 16.23 mm.

SUGERENCIAS

1. Continuar mediante trabajos de investigación con la evaluación de microorganismos eficientes comparando otras fuentes incluyendo únicamente aquellos que se aplican al suelo.
2. Mediante trabajos de investigación evaluar el efecto de microorganismos eficientes considerando diferentes dosis de aplicación y diferentes momentos de aplicación.
3. Con trabajos de investigación determinar el efecto de microorganismos eficientes comparando con bioestimulantes sintéticos en el rendimiento del cultivo de sandía.
4. Mediante tesis evaluar otros preparados de microorganismos eficientes en otras localidades.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Arias, A. (2010). *Microorganismos eficientes y su beneficio para la agricultura y el medio ambiente*. Cauca, Colombia: Journal de Ciencia e Ingenieria.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2009). *Manual práctico de uso EM*. Montevideo, Uruguay: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Barrios, P. (2023). *Rendimiento y calidad de nueve híbridos de sandía (Citrullus lanatus) bajo manejo orgánico*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- BIOEM . (2023). *Guía de la tecnología de EM*. Lima, Perú: BIOEM SAC.
- Casaca, D. (2000). *Guías tecnológicas de frutas y vegetales*. Costa Rica: Proyecto de Modernización de los Servicios de Tecnología Agrícola.
- Cayo, J. (2011). *Respuesta de dos variedades de sandía (Citrullus lanatus Thunb) a tres distanciamientos de siembra bajo condiciones de zanja en nivel freático superficial en la zona de los Palos - región Tacna*. Tacna, Perú: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna.
- Crawford, H. (2017). *Manual de manejo agronómico para cultivo de sandía*. Santiago, Chile : Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- Cronquist, A. (1981). *An integrated system of classification of flowering plants*. New York: Columbia University Press.
- Cruz, H. (2010). *Rendimiento de quince cultivares de sandía (Citrullus lanatus thunb), en el valle de Moquegua*. Tacna, Perú: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna.
- Escalona, V., Alvarado, P., Monardes, H., Urbina, C., & Martín, A. (2009). *Manual de cultivo del cultivo de sandía (Citrullus lanatus) y melón (Cucumis melo L.)*. Santiago, Chile: Universidad de Chile .
- Fornaris, G. (2015). *Conjunto Tecnológico para la Producción de Sandía, características de la planta* . Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico.
- Franco, M. (2013). *Efectos de la aplicación de sustancias húmicas y microrganismos eficaces dirigidas al suelo, en el rendimiento y calidad del fruto del cultivo de sandia (Citrullus lanatus) en la irrigación La Cano – Arequipa - 2012*. Arequipa, Perú: Universidad Católica Santa María.
- Gasquez, J. (2014). *Técnicas de cultivo y comercialización dela sandía* . Madrid, España: Cajamar Caja Rural.

- Gutierrez, N., Soriguer, I., Aguilar, D., Fernandez, M., & Torres, A. (2020). *Guía de cultivo de sandía al aire libre*. Cordoba, España: Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.
- IICA. (2013). *Tecnología de bajo costo, guía de manejo de microorganismos eficientes (ME)*. Managua, Nicaragua: Instituto Interamericano de Coopereación para la Agricultura.
- INIFAP. (2021). *Manuales prácticos para la elaboración de bioinsumos*. México : Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).
- Levin, A. (2003). *Aislamiento, identificación y estudio de características de interés tecnológico de cepas pertenecientes, al género Lactobacillus*. Montevideo, Uruguay : Universidad de la República.
- Luna, M. A., & Mesa, J. (2016). *Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores*. Cevallos, Ecuador: Revista científica Agroecosistemas.
- MIDAGRI. (2023). *Perfil productivo regional*. Lima, Perú: MIDAGRI.
- Ormeño, A. (2022). *Efecto de cuatro productos hormonales en el rendimiento y calidad de fruto en Citrullus lanatus sandia en el valle de Huaral*. Huacho, Perú: Universidad Nacional Jose Faustino Sánchez Carrión.
- Panta, S. (2015). *Niveles de fertilización potásica en la producción y calidad de sandía (Citrullus lanatus) cv. Blackfire*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Pérez, D. (2021). *Uso de mezclas de abonos orgánicos en el cultivo de sandía (Citrullus lanatus L.) variedad Royal Charleston recinto Bijagual- Cantón Salitre*. Guayaquil, Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador.
- Pino, D. (2018). *Niveles de Humus de Lombriz y Crema de Algas Marinas en el rendimiento de frutos de sandía (Citrullus lanatus Thunb) en condiciones edafoclimáticas de la Irrigación San Camilo de Arequipa*. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Piza, L. P. (2021). *Efecto de activadores naturales de suelo con Bacillus subtilis, Bacillus amyloliquefaciens, Pseudomonas monteilli, en el cultivo de sandía (Citrullus lanatus)*. Milagro, Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador.
- Reche, J. (2000). *Cultivo intensivo de la sandía*. Madrid, España : Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación .

- Sistema Integrado de Información Taxonómica. (2023). *Taxonomía y nomenclatura - Sandía*. Washington, EEUU: Sistema Integrado de Información Taxonómica.
- Solis, A. (2020). *Efectos de un regulador fisiológico sobre la producción de dos híbridos de sandía (citrullus lanatus)*, Colimes - Guayas. Guayaquil, Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador.
- Tanya, M., & Leiva, M. (2019). *Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas*. Villa Clara, Cuba: Universidad Central Marta Abreu de las Villas.
- Ugáz, R., Siura, S., Delgado de la Flor, F., Casas, A., & Toledo, J. (2000). *Datos básicos de hortalizas*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.

ANEXO 01: PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 11: Sandía en plena floración Fotografía 12:



Visita de la Ingeniera Asesora de la tesis Fotografía 13:



Primera evaluación



ANEXO 2: RESULTADOS DE CAMPO

Tabla 25: Peso de frutos por parcela neta de evaluación (24 m²) – dos cosechas

Bloques	Clave	Tratamiento	Peso total (kg)
I	T-1	EM-Compost	152.00
	T-2	EM-Recuperado	98.96
	T-3	Testigo	88.53
II	T-1	EM-Compost	190.14
	T-2	EM-Recuperado	191.13
	T-3	Testigo	136.57
III	T-1	EM-Compost	90.10
	T-2	EM-Recuperado	101.10
	T-3	Testigo	97.05
IV	T-1	EM-Compost	108.25
	T-2	EM-Recuperado	97.93
	T-3	Testigo	150.04

Tabla 26: Peso fresco de frutos por planta (kg) – Primera cosecha

Bloques	Clave	Tratamiento	Planta									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	T-1	EM-Compost	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.50	14.74	10.33
	T-2	EM-Recuperado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	T-3	Testigo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
II	T-1	EM-Compost	12.20	10.38	10.25	9.32	0.00	6.54	11.28	12.20	8.50	13.25
	T-2	EM-Recuperado	0.00	11.18	13.30	9.42	0.00	11.10	0.00	14.30	11.50	9.60
	T-3	Testigo	12.20	9.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
III	T-1	EM-Compost	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	T-2	EM-Recuperado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	T-3	Testigo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
IV	T-1	EM-Compost	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.26	0.00
	T-2	EM-Recuperado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	T-3	Testigo	0.00	13.18	12.40	13.10	0.00	0.00	0.00	0.00	8.15	0.00

Tabla 27: Peso fresco de frutos por planta (kg) – Segunda cosecha

Bloques	Clave	Tratamiento	Planta									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	T-1	EM-Compost	8.90	12.60	19.45	9.25	11.50	13.80	9.64	18.50	8.50	8.90
	T-2	EM-Recuperado	10.26	9.33	11.24	9.90	7.50	14.70	10.20	7.65	8.10	10.08
	T-3	Testigo	8.22	10.41	7.20	6.50	8.85	12.32	7.18	8.25	9.36	10.24
II	T-1	EM-Compost	8.50	8.50	8.30	6.62	12.40	8.70	8.20	8.30	11.50	15.20
	T-2	EM-Recuperado	9.50	11.08	10.27	11.00	9.50	11.10	17.23	11.00	8.95	11.10
	T-3	Testigo	11.76	7.28	11.52	11.50	11.40	11.50	10.50	11.50	11.60	16.50
III	T-1	EM-Compost	7.30	10.05	8.26	7.80	7.90	10.25	8.20	12.74	9.10	8.50
	T-2	EM-Recuperado	10.18	10.10	10.84	9.85	12.32	8.25	9.12	10.41	9.88	10.15
	T-3	Testigo	9.70	9.28	12.55	10.22	9.71	8.50	7.50	9.16	11.23	9.20
IV	T-1	EM-Compost	8.29	11.81	10.52	13.23	10.58	9.21	7.42	10.33	6.50	10.10
	T-2	EM-Recuperado	9.54	12.20	10.66	9.10	11.35	12.02	9.20	6.50	8.00	9.36
	T-3	Testigo	10.32	6.58	10.95	9.50	18.50	9.50	8.10	11.24	8.30	10.22

Tabla 28: Peso fresco de frutos por planta (kg) – Total de las dos cosechas

Bloques	Clave	Tratamiento	Planta										Promedio
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I	T-1	EM-Compost	8.90	12.60	19.45	9.25	11.50	13.80	9.64	29.00	23.24	19.23	15.66
	T-2	EM-Recuperado	10.26	9.33	11.24	9.90	7.50	14.70	10.20	7.65	8.10	10.08	9.90
	T-3	Testigo	8.22	10.41	7.20	6.50	8.85	12.32	7.18	8.25	9.36	10.24	8.85
II	T-1	EM-Compost	20.70	18.88	18.55	15.94	12.40	15.24	19.48	20.50	20.00	28.45	19.01
	T-2	EM-Recuperado	9.50	22.26	23.57	20.42	9.50	22.20	17.23	25.30	20.45	20.70	19.11
	T-3	Testigo	23.96	16.59	11.52	11.50	11.40	11.50	10.50	11.50	11.60	16.50	13.66
III	T-1	EM-Compost	7.30	10.05	8.26	7.80	7.90	10.25	8.20	12.74	9.10	8.50	9.01
	T-2	EM-Recuperado	10.18	10.10	10.84	9.85	12.32	8.25	9.12	10.41	9.88	10.15	10.11
	T-3	Testigo	9.70	9.28	12.55	10.22	9.71	8.50	7.50	9.16	11.23	9.20	9.71
IV	T-1	EM-Compost	8.29	11.81	10.52	13.23	10.58	9.21	7.42	10.33	16.76	10.10	10.83
	T-2	EM-Recuperado	9.54	12.20	10.66	9.10	11.35	12.02	9.20	6.50	8.00	9.36	9.79
	T-3	Testigo	10.32	19.76	23.35	22.60	18.50	9.50	8.10	11.24	16.45	10.22	15.00

Tabla 29: Número de frutos por planta – Primera cosecha

Bloques	Clave	Tratamiento	Planta									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	T-1	EM-Compost	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.00	1.00
	T-2	EM-Recuperado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	T-3	Testigo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
II	T-1	EM-Compost	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	T-2	EM-Recuperado	0.00	2.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
	T-3	Testigo	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
III	T-1	EM-Compost	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	T-2	EM-Recuperado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	T-3	Testigo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
IV	T-1	EM-Compost	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
	T-2	EM-Recuperado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	T-3	Testigo	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00

Tabla 30: Número de frutos por planta – Segunda cosecha

Bloques	Clave	Tratamiento	Planta									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	T-1	EM-Compost	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00
	T-2	EM-Recuperado	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	T-3	Testigo	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
II	T-1	EM-Compost	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	T-2	EM-Recuperado	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00
	T-3	Testigo	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
III	T-1	EM-Compost	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	T-2	EM-Recuperado	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	T-3	Testigo	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
IV	T-1	EM-Compost	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	T-2	EM-Recuperado	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	T-3	Testigo	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 31: Número de frutos por planta – Total de la dos cosechas

Bloques	Clave	Tratamiento	Planta										Promedio
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I	T-1	EM-Compost	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	2.00	1.60
	T-2	EM-Recuperado	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	T-3	Testigo	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
II	T-1	EM-Compost	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.90
	T-2	EM-Recuperado	1.00	3.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.90
	T-3	Testigo	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.30
III	T-1	EM-Compost	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	T-2	EM-Recuperado	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	T-3	Testigo	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
IV	T-1	EM-Compost	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.10
	T-2	EM-Recuperado	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	T-3	Testigo	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.50

Tabla 32: Longitud de fruto (cm)

Bloque	Clave	Tratamiento	Planta										Promedio
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I	T-1	EM-Compost	36.50	38.70	38.50	33.70	34.50	39.80	33.90	38.30	36.40	36.50	36.68
	T-2	EM-Recuperado	34.30	33.20	35.20	36.60	29.80	42.70	34.70	30.20	31.50	34.10	34.23
	T-3	Testigo	30.90	35.00	28.70	26.90	32.23	40.50	28.50	30.50	34.30	34.80	32.23
II	T-1	EM-Compost	34.70	32.50	34.60	26.30	37.50	34.80	34.60	34.75	36.00	41.60	34.74
	T-2	EM-Recuperado	32.70	33.40	33.90	35.60	32.30	34.90	36.20	36.00	31.50	34.70	34.12
	T-3	Testigo	37.00	29.10	36.30	36.40	36.20	36.40	35.60	36.31	37.00	42.80	36.31
III	T-1	EM-Compost	28.70	34.70	32.20	33.50	33.48	34.80	33.45	38.60	33.40	32.00	33.48
	T-2	EM-Recuperado	34.64	34.65	35.20	34.70	37.90	32.50	33.40	34.70	34.65	34.20	34.65
	T-3	Testigo	34.20	33.80	38.60	35.00	34.10	31.00	30.20	33.00	36.00	35.20	34.11
IV	T-1	EM-Compost	33.90	37.60	35.70	42.10	35.20	33.80	29.40	36.30	27.50	35.10	34.66
	T-2	EM-Recuperado	33.40	40.70	36.50	34.70	38.20	39.80	34.60	26.90	32.20	33.80	35.08
	T-3	Testigo	34.43	27.30	36.40	34.90	35.70	34.80	32.00	37.40	34.50	36.90	34.43

Tabla 33: Diámetro de fruto (cm)

Bloque	Clave	Tratamiento	Planta										Promedio
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I	T-1	EM-Compost	22.86	23.00	24.00	22.00	25.00	21.00	23.00	22.00	22.87	22.84	22.86
	T-2	EM-Recuperado	24.00	21.00	23.00	23.11	25.00	22.00	23.00	24.00	21.00	25.00	23.11
	T-3	Testigo	20.00	22.00	21.00	19.00	21.11	23.00	22.00	21.00	19.00	23.00	21.11
II	T-1	EM-Compost	23.00	22.00	23.10	24.00	21.00	22.90	22.85	23.15	23.00	25.00	23.00
	T-2	EM-Recuperado	25.00	23.33	23.00	23.31	24.00	23.34	22.00	25.00	21.00	23.33	23.33
	T-3	Testigo	20.00	22.00	20.81	20.85	20.83	21.00	19.00	20.82	20.00	23.00	20.83
III	T-1	EM-Compost	25.00	24.00	23.00	23.57	23.60	21.00	23.56	25.00	23.00	24.00	23.57
	T-2	EM-Recuperado	20.83	20.81	20.00	20.85	22.00	21.00	19.00	20.00	20.83	23.00	20.83
	T-3	Testigo	23.38	25.00	23.00	22.00	23.39	24.00	21.00	25.00	23.00	24.00	23.38
IV	T-1	EM-Compost	19.00	23.00	20.00	22.00	21.00	19.00	20.00	23.00	22.00	21.00	21.00
	T-2	EM-Recuperado	25.00	23.00	22.00	24.00	21.00	25.00	23.00	24.00	22.00	21.00	23.00
	T-3	Testigo	22.89	25.00	24.00	23.00	21.00	22.00	25.00	23.00	21.00	22.00	22.89

Tabla 34: Peso de fruto individual (Kg)

Bloque	Clave	Tratamiento	Planta										Promedio
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I	T-1	EM-Compost	11.61	12.60	12.00	9.25	11.50	13.80	9.64	12.50	11.59	11.63	11.61
	T-2	EM-Recuperado	10.26	9.33	11.24	9.90	7.50	14.70	10.20	7.65	8.10	10.08	9.90
	T-3	Testigo	8.22	10.41	7.20	6.50	8.89	12.32	7.18	8.25	9.36	10.24	8.86
II	T-1	EM-Compost	10.84	8.50	10.82	6.62	12.40	10.80	10.90	10.85	11.50	15.20	10.84
	T-2	EM-Recuperado	9.50	10.08	10.27	10.10	9.50	10.15	11.23	11.00	8.95	10.12	10.09
	T-3	Testigo	11.76	7.28	11.50	11.48	11.53	11.50	10.50	11.51	11.60	16.50	11.52
III	T-1	EM-Compost	7.30	10.05	8.26	9.46	9.58	10.25	9.20	12.74	9.10	8.50	9.44
	T-2	EM-Recuperado	10.10	10.17	10.84	10.18	12.32	8.25	9.12	10.41	10.16	10.15	10.17
	T-3	Testigo	9.71	9.28	12.55	10.22	9.71	8.50	7.50	9.16	11.23	9.20	9.71
IV	T-1	EM-Compost	8.29	11.81	10.52	13.23	10.58	9.21	7.42	10.33	6.50	10.10	9.80
	T-2	EM-Recuperado	9.54	12.20	10.66	9.10	11.35	12.02	9.20	6.50	8.00	9.36	9.79
	T-3	Testigo	9.54	6.58	10.95	9.50	11.50	9.50	8.10	11.24	8.30	10.22	9.54

Tabla 35: Espesor de cáscara (mm)

Bloque	Clave	Tratamiento	Planta										Promedio
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I	T-1	EM-Compost	13.00	11.00	14.00	12.00	16.00	10.00	13.00	15.00	12.80	13.20	13.00
	T-2	EM-Recuperado	12.00	16.00	11.00	13.11	13.00	15.00	14.00	11.00	16.00	10.00	13.11
	T-3	Testigo	16.00	17.00	19.00	24.00	19.78	16.00	23.00	20.00	21.00	22.00	19.78
II	T-1	EM-Compost	13.60	12.00	13.55	15.00	17.00	13.65	13.58	13.62	10.00	14.00	13.60
	T-2	EM-Recuperado	10.00	12.67	12.00	12.65	17.00	12.68	10.00	14.00	13.00	12.67	12.67
	T-3	Testigo	16.00	19.00	19.50	19.30	19.70	25.00	16.00	19.50	18.00	23.00	19.50
III	T-1	EM-Compost	10.00	13.00	14.00	12.86	12.84	15.00	12.88	10.00	16.00	12.00	12.86
	T-2	EM-Recuperado	19.00	19.20	17.00	18.80	22.00	21.00	16.00	20.00	19.00	18.00	19.00
	T-3	Testigo	13.00	11.00	15.00	16.00	13.00	12.00	10.00	14.00	11.00	15.00	13.00
IV	T-1	EM-Compost	24.00	17.00	22.00	25.00	19.00	16.00	23.00	21.00	17.00	20.00	20.40
	T-2	EM-Recuperado	16.00	10.00	12.00	10.00	14.00	15.00	11.00	17.00	10.00	16.00	13.10
	T-3	Testigo	11.50	10.00	14.00	16.00	13.00	11.00	15.00	12.00	14.00	10.00	12.65

Tabla 36: Contenido de sólidos solubles (°Brix)

Bloque	Clave	Tratamiento	Planta										Promedio
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I	T-1	EM-Compost	9.90	9.30	9.70	10.10	10.40	10.00	9.50	10.30	9.88	9.96	9.90
	T-2	EM-Recuperado	10.70	10.50	10.30	10.61	11.00	10.20	10.60	11.00	10.00	11.20	10.61
	T-3	Testigo	9.30	9.70	9.80	9.20	9.50	9.50	9.10	9.60	9.40	9.90	9.50
II	T-1	EM-Compost	10.68	10.80	10.66	11.30	10.10	10.70	10.68	10.69	10.70	10.50	10.68
	T-2	EM-Recuperado	9.60	9.93	10.00	9.95	9.90	9.96	10.40	9.20	10.50	9.94	9.94
	T-3	Testigo	9.30	9.70	8.12	8.09	8.10	9.80	9.20	8.20	9.50	9.10	8.91
III	T-1	EM-Compost	10.40	11.20	10.90	10.73	10.68	11.20	10.70	10.40	10.00	11.00	10.72
	T-2	EM-Recuperado	9.40	9.60	9.70	9.30	9.20	9.50	9.10	9.60	9.40	9.30	9.41
	T-3	Testigo	9.90	9.70	10.10	9.40	9.90	10.50	9.80	10.00	9.50	10.20	9.90
IV	T-1	EM-Compost	9.20	9.80	9.70	9.30	9.90	9.40	9.60	9.10	9.50	9.20	9.47
	T-2	EM-Recuperado	9.00	10.10	9.70	10.30	9.60	10.20	9.40	10.00	9.80	10.50	9.86
	T-3	Testigo	10.71	10.20	10.60	11.10	10.90	11.20	10.40	10.00	11.30	10.70	10.71

ANEXO 03: ANÁLISIS DE SUELO



LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO, FISICO DE SUELOS AGUAS Y PLANTAS

CALLE ALMAGRO N° 190
TELF.: 277471 - CEL: 984 163025
SAN JERÓNIMO - CUSCO



INFORME DE ANALISIS

TIPO ANALISIS : FERTILIDAD – FISICO MECANICO.
PROCEDENCIA DE MUESTRAS : PREDIO CAPILLANIA, QUELLOUNO LA CONVENCION – CUSCO
INSTITUCION SOLICITANTE : DANY MARCELO GONZALES SOLIS.

ANALISIS DE FERTILIDAD:

N°	CLAVE	mmhos/cm. C.E.	pH	% CaCO ₃	% M.ORG.	% N.TOTAL	ppm P ₂ O ₅	ppm K ₂ O
01	P. CAPILLANIA	0.47	7.30	0.14	9.73	0.49	11.9	3,206

ANALISIS DE CARACTERIZACION:

N°	CLAVE	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	CLASE TEXTURAL
01	P. CAPILLANIA	66	25	9	FRANCO-ARENOSO

CUSCO, 05 DE FEBRERO DEL 2024.



 ING. AGRO. Mario Antonio Yagura Coyo
 CIP - 211601
 QUIMICO DE SUELOS Y FERTILIZANTES

ANEXO 04: ANÁLISIS DE EM-COMPOST



Jr. Pedro Torres Malarín N°355-Pueblo Libre-Lima
RPM: *11282 / #0045663 / #656656
Movistar: 9-43603740 / 952086664 / 9-43629819
Oficina: 01-4630329
informes@bioem.com.pe
www.bioem.com.pe



FICHA TÉCNICA

EM•COMPOST®
MICROORGANISMOS EFICACES™

ORIGEN

El **EM•COMPOST®** es un **producto natural** que contiene microorganismos benéficos. Fue desarrollado en la década de los 80 por el Dr. Teruo Higa, de la Universidad de Ryukus, Okinawa, Japón. Actualmente se utiliza en más de 180 países a nivel mundial.

DESCRIPCIÓN

El **EM•COMPOST®** es una mezcla de diferentes microorganismos naturales. Estos microorganismos no son nocivos, ni patógenos, ni genéticamente modificados, ni químicamente sintetizados. Son microorganismos que promueven procesos de fermentación benéfica, aceleran la descomposición de la materia orgánica y promueven el equilibrio de la flora microbiana, reduciendo la presencia de nematodos en los suelos.

CONTENIDO MÍNIMO UFC/mL

- * Bacterias ácido lácticas 10^4
- * Bacterias Fotosintéticas 10^3
- * Levaduras 10^3
- * Enzimas

DATOS FÍSICOS

Apariencia: líquido color marrón-amarillo

Olor: Fermento-agradable

pH: 3.5

COMPATIBILIDAD

- Es compatible con aceites minerales y fertilizantes.
- No es compatible con cloro, desinfectantes, sulfato de cobre, oxidantes y pesticidas (fungicidas, insecticidas y bactericidas).

ANEXO 05: ANÁLISIS DE EM-RECUPERADO



VALLE GRANDE

Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : BIOPLAG EIRL

ANÁLISIS N.º: 0931-01ELMG -2024

PREDIO : GONZALES S.

LUGAR: Cuzco

MATRIZ : ENMIENDA LIQUIDA

FECHA DE RECEP.: 30/01/2024

INFORME DE ANÁLISIS DE ENMIENDA ORGÁNICA LIQUIDA - NUTRICIONAL

MUESTRA: BIOL A BASE DE MICROORGANISMOS DE MONTAÑA RECUPERADOS - 07-02-2024

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
pH a T= 21.8 °C	7.66		MEOL - 001	Electrométrico
Conductividad Eléctrica a 25 °C.	22.81	dS/m	MEOL - 002	Electrométrico
Densidad a T= 21.8 °C	1.00	%	MEOL - 003	Gravimétrico
Sólidos totales	1.52	%	MEOL - 004	Gravimétrico
Materia Orgánica	0.31	%	MEOL - 005	Gravimétrico
Carbono Orgánico	22.24	%		Cálculo
Cenizas Solubles (*)	0.70	%	MEOL - 006	Gravimétrico
Impurezas	0.51	%	MEOL - 007	Gravimétrico
Nitrógeno Total (Nt)	241.69	ppm	MEOL - 008	Kjeldahl
Fósforo Total (P2O5)	6.67	ppm	MEOL - 009	Colorimétrico
Potasio Total (K2O)	2494.16	ppm	MEOL - 010	FAAS
Calcio Total (CaO)	263.94	ppm	MEOL - 011	FAAS
Magnesio Total (MgO)	199.99	ppm	MEOL - 012	FAAS
Azufre Total (S)	195.40	ppm	MEOL - 013	Turbidimétrico
Sodio Total (Na)	678.58	ppm	MEOL - 014	FAAS
Cloro Total (Cl)	95.13	ppm	MEOL - 015	Argentométrico
Cobre Total (Cu)	0.46	ppm	MEOL - 016	FAAS
Zinc Total (Zn)	2.46	ppm	MEOL - 017	FAAS
Manganeso Total (Mn)	0.80	ppm	MEOL - 018	FAAS
Hierro Total (Fe)	8.15	ppm	MEOL - 019	FAAS
Boro Total (B)	4.49	ppm	MEOL - 020	Colorimétrico
C / N	11.46			Cálculo

Los resultados están expresados en muestra original

DONDE:

% : Masa / volumen

ppm : mg / L

FAAS : Espectrometría de absorción Atómica por Llama

MEOL : Método propio del laboratorio.

NOTA:

1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.


MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO




MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe