

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS
CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN
AGRICULTURA SOSTENIBLE



Efecto de dosis del abono bokashi con microorganismos de montaña, en el rendimiento del cultivo de papa *Solanum tuberosum* L. variedad Loman, en el caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez y cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos.

Por: T.U.P.A. José Aníbal Salazar De León.

201546409

ASESORES:

Ing. Agr. Leonel Alfredo Orozco (Asesor principal)

Ing. Agr. Fredy Pérez Monzón (Asesor adjunto)

Ing. Agr. Henry Giovanni Bravo (Asesor adjunto)

SAN MARCOS, OCTUBRE DE 2025

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS
CARRERA INGENIERO AGRONOMO CON ORIENTACION EN AGRICULTURA
SOSTENIBLE

Efecto de dosis del abono bokashi con microorganismos de montaña, en el rendimiento del cultivo de papa *Solanum tuberosum* L. variedad Loman, en el caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez y cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos.

Estudiante: T.U.P.A. José Aníbal Salazar De León.

CARNE: 201546409

Ing. Agr. Leonel Alfredo Orozco (Asesor principal)

Ing. Agr. Fredy Pérez Monzón (Asesor adjunto)

Ing. Agr. Henry Giovanni Bravo (Asesor adjunto)

SAN MARCOS, OCTUBRE DE 2025.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS
MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO

PhD. Edgar Ronaldo de León Cáceres.

Director

Licda. Astrid Fabiola Fuentes Mazariegos

Secretaria Consejo Directivo

Ing. Agr. Roy Walter Villacinda Maldonado

Representante de Docentes

Lic. Oscar Alberto Ramírez Monzón

Representante Estudiantil

Br. Luis David Corzo Rodríguez

Representante Estudiantil

**UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS**

MIEMBROS DE LA COORDINACIÓN ACADÉMICA

Ing. Agr. Rodolfo R. Carredano Romero	Coordinador Académico.
Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez González	Coordinador Carreras Técnico en Producción Agrícola e Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible.
Lic. Ramiro Augusto Ponce de León.	Coordinador Carrera de Pedagogía y ciencias de la Educación
Licda. Virginia de Jesús Cifuentes Rodríguez.	Coordinadora carrera de Trabajo Social, Técnico y Licenciatura.
Lic. Byron Lionel Orozco García.	Coordinador Carrera de Administración de Empresas, Técnico y Licenciatura
Lic. Aramis Fredy González López.	Coordinador Carrera de Abogado y Notario y Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales.
Dra. Jenny Vannessa Orozco Minchez.	Coordinador Carrera de Medico y Cirujano
Lic. Selvyn Aramis Sánchez Velásquez.	Coordinador Pedagogía Extensión San Marcos
Licda. Bainor Jeovany Pérez Ramos.	Coordinadora Extensión Malacatán.
Licda. Karina Nineth Reyes Maldonado.	Coordinadora Extensión de Tejutla.
Lic. Julio Augusto González Roblero.	Coordinador Extensión de Tacaná.
Ing. Rubén Francisco Ruíz Mazariegos.	Coordinador del Instituto de Investigación.

Lcda. Olga Amparo Urrutia Bartolón.

Ing. Mario Rolando Luis López.

Lcda. Silvia Yanet Reyes Najarro.

Lic. Clemente Raúl Matías Gabriel.

Lic. Sergio Enrique Cal Quiñonez

Coordinador de Área de Extensión.

Coordinador Carrera Ingeniería Civil.

Coordinador Carrera Contaduría Pública y auditoría.

Coordinador Carrera Profesorado Bilingüe Intercultural.

Coordinador Carrera Sociología, Ciencias políticas, Relaciones Internacionales.

**MIEMBROS DEL COMITÉ DE TRABAJO DE GRADUACIÓN DE LA CARRERA DE
INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE.**

Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez González	Coordinador
Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón	Secretario
Licda. María de Lourdes Carrera Munguía	Vocal I

ASESORES

Ing. Agr. Leonel Alfredo Orozco	Asesor principal
Ing. Agr. Fredy Pérez Monzón	Asesor adjunto
Ing. Agr. Henry Giovanni Bravo	Asesor adjunto

TRIBUNAL EXAMINADOR

PhD. Edgar Ronaldo de León Cáceres

Director

Ing. Agr. Rodolfo R. Carredano

Coordinador académico

Romero

Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez González

Coordinador Carreras Técnico en Producción
Agrícola e Ingeniero Agrónomo con Orientación en
Agricultura Sostenible.

Ing. Agr. Leonel Alfredo Orozco

Asesor principal

Ing. Agr. Fredy Pérez Monzón

Asesor adjunto

Ing. Agr. Henry Giovanni Bravo

Asesor adjunto

DEDICATORIA.

- DIOS** Dedico esta tesis a Dios, fuente infinita de sabiduría y fortaleza, por guiarme en cada paso del camino y brindarme la luz necesaria para alcanzar esta meta.
- MIS PADRES.** José Aníbal Salazar Álvarez, Luisa de León López, Edwin Fidel de León López y Francisca Ángel Arreaga por ser mi pilar incondicional a lo largo de esta etapa. Gracias por su amor, esfuerzo y sacrificio constante, por creer en mí incluso cuando yo dudaba, y por brindarme el apoyo necesario para alcanzar este logro. Este trabajo es tan mío como suyo.
- MIS ABUELOS.** A mi abuelo Juan Julián de León, quien desde la presencia de Dios continúa siendo una luz e inspiración en mi vida. Su ejemplo, esfuerzo y sabiduría viven en cada uno de mis logros, a mi abuelita Patrocinia López, por ser un pilar en mi formación, por su amor incondicional, sus palabras de aliento y su constante apoyo.
- MIS HERMANOS.** A Lisseth, Evelyn, Edwin y a la memoria de Juan Luis: hermanos de vida que han sido mi fuerza en el camino. Gracias por estar siempre.
- MIS AMIGOS** Antonio Aldi, Ruth Ixchop, Nevin Eliezer, Marcos Barrios, Pablo Navarro, Oscar Gerardo, Virgilio Orlando, Carlos Recinos, Osveli de León, Cristian de León, Cesy Orozco. Adeldo Girón. Por el apoyo, amistad, compañerismo y sinceridad hacia mi persona.
- MI PAÍS** Motor que me impulsa a ser mejor y hacer de esta hermosa tierra un lugar prospero.
- MI UNIVERSIDAD** Por darme la oportunidad de formarme como profesional.
USAC

MI CARRERA

A la carrera de AGRONOMIA, por enseñarme que la tierra no solo se cultiva, sino que también se comprende, se respeta y se transforma con ciencia, pasión y compromiso.

AGRADECIMIENTO

A:

DIOS

Ser supremo que me brindo fortaleza y sabiduría.

MI FAMILIA

A mis padres, José Aníbal Salazar Álvarez, Luisa de León López, Edwin Fidel de León López y Francisca Ángel Arreaga, por ser mi pilar incondicional. Gracias por su amor, esfuerzo y apoyo constante a lo largo de esta etapa.

A mis abuelos, en especial a la memoria de mi abuelo Juan Julián de León, cuya sabiduría y ejemplo siguen guiando mi camino, y a mi abuelita Patrocinia López, por su amor y respaldo inquebrantable.

A mis hermanos Lisseth, Evelyn, Edwin y a la memoria de Juan Luis, por ser siempre mi fuerza y compañía.

MIS ASESORES

Agradezco profundamente al Ing Agr. Leonel Orozco, Ing Agr. Henry Bravo y al Ing Agr. Fredy Pérez Monzón por su valiosa orientación, acompañamiento y compromiso durante el desarrollo de esta investigación. Su experiencia, paciencia y consejos fueron fundamentales para alcanzar este objetivo académico.

A todas y cada una de las personas que, a lo largo de mi formación universitaria, compartieron sus conocimientos, experiencias y apoyo, contribuyendo de manera significativa a mi desarrollo académico y profesional. Su guía y acompañamiento han sido fundamentales en la culminación de este trabajo de tesis.

San Marcos, 16 de septiembre de 2.025

Señores.

Coordinación de Trabajo de Graduación

Carrera de Ingeniero Agrónomo Con Orientación en Agricultura Sostenible


Centro universitario de San Marcos

De manera atenta y respetuosa me dirijo a ustedes, deseándoles éxitos en todas las actividades que realizan al frente de dicha comisión.

Por medio del presente expreso lo siguiente: En mi calidad de asesor principal del trabajo de graduación (tesis) titulado **“Efecto de dosis del abono bokashi con microorganismos de montaña, en el rendimiento del cultivo de papa *Solanum tuberosum* (L.) variedad loman, en el caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez y cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos.”**, realizado por el estudiante José Anibal Salazar de León, con numero de carne 201546409 de la carrera de Ingeniero Agrónomo Con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario de San Marcos USAC-CUSAM, declaro haber asesorado y revisado el informe final del mismo, por lo que considero que este reúne los méritos y requisitos establecidos en la guía para la elaboración de Trabajos de Graduación.

Agradeciendo la atención a la presente me suscribo de ustedes un atento y seguro servidor.

Atentamente

f. 
Ing. Agr. Leonel Alfredo Orozco
Asesor Principal
Colegiado activo 1206

San Marcos, 16 de septiembre de 2.025


*Señores.
Coordinación de Trabajo de Graduación
Carrera de Ingeniero Agrónomo Con Orientación en Agricultura Sostenible
Centro universitario de San Marcos*

De manera atenta y respetuosa me dirijo a ustedes, deseándoles éxitos en todas las actividades que realizan al frente de dicha comisión.

Por medio del presente expreso lo siguiente: En mi calidad de asesor adjunto del trabajo de graduación (tesis) titulado **“Efecto de dosis del abono bokashi con microorganismos de montaña, en el rendimiento del cultivo de papa *Solanum tuberosum* (L.) variedad loman, en el caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez y cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos.”**, realizado por el estudiante José Aníbal Salazar de León, con numero de carne 201546409 de la carrera de Ingeniero Agrónomo Con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario de San Marcos USAC-CUSAM, declaro haber asesorado y revisado el informe final del mismo, por lo que considero que este reúne los méritos y requisitos establecidos en la guía para la elaboración de Trabajos de Graduación.

Agradeciendo la atención a la presente me suscribo de ustedes un atento y seguro servidor.

Atentamente

f. 
Ing. Agr. Henry Giovanni Bravo de León
Asesor adjunto
Colegiado activo 4130

San Marcos, 16 de septiembre de 2,025

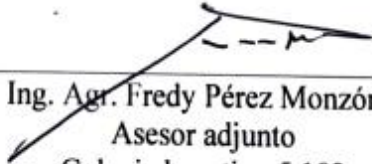
Señores.
Coordinación de Trabajo de Graduación
Carrera de Ingeniero Agrónomo Con Orientación en Agricultura Sostenible
Centro universitario de San Marcos

De manera atenta y respetuosa me dirijo a ustedes, deseándoles éxitos en todas las actividades que realizan al frente de dicha comisión.

Por medio del presente expreso lo siguiente: En mi calidad de asesor adjunto del trabajo de graduación (tesis) titulado **“Efecto de dosis del abono bokashi con microorganismos de montaña, en el rendimiento del cultivo de papa *Solanum tuberosum* (L.) variedad loman, en el caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez y cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos.”**, realizado por el estudiante José Aníbal Salazar de León, con numero de carne 201546409 de la carrera de Ingeniero Agrónomo Con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario de San Marcos USAC-CUSAM, declaro haber asesorado y revisado el informe final del mismo, por lo que considero que este reúne los méritos y requisitos establecidos en la guía para la elaboración de Trabajos de Graduación.

Agradeciendo la atención a la presente me suscribo de ustedes un atento y seguro servidor.

Atentamente

f. 
Ing. Agr. Fredy Pérez Monzón
Asesor adjunto
Colegiado activo 5,103



EL INFRASCrito SECRETARIO DEL COMITÉ DE TRABAJO DE GRADUACIÓN, DE LA CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE, DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CERTIFICA: LOS PUNTOS: PRIMERO, CUARTO Y SEXTO DEL ACTA No. 004-2025, LOS QUE LITERALMENTE DICEN:

ACTA No. 004-2025

En la ciudad de San Marcos, siendo las catorce con treinta minutos, del día viernes treinta de mayo del año dos mil veinticinco, reunidos los integrantes del Comité de Trabajo de Graduación de la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, en su orden: Ing. Agr. Jorge Juárez González Coordinador, Lcda. Lourdes Carrera Munguía Vocal y quien suscribe Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón Secretario, con el objeto de dejar constancia de lo siguiente: **PRIMERO:** Establecido el quórum se conoció la agenda la que fue aprobada de la siguiente manera: a) Apertura, b) Aprobación de Seminario I y II. c) Solicitudes Varias... **CUARTO:** El secretario del Comité de Trabajo de Graduación da a conocer la solicitud del estudiante José Aníbal Salazar de León con número de carné 201546409 para aprobación de Seminario II titulado "Efecto de dosis del abono bokashi con microorganismos de montaña, en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad loman, en el caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez y cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos.", con base a lo establecido al artículo 39 y en el artículo 54 el Comité Trabajo de Graduación conoce los formularios de evaluación de Seminario II, de la terna evaluadora: Ing. Agr. Jorge Juárez González 82 puntos, Ing. Agr. Miguel Amilcar 90.5 puntos e Ing. Agr. Rodolfo Carredano 75 punto, obteniendo un promedio de 82 puntos. El Comité de Trabajo de Graduación da por APROBADO el Seminario II del estudiante José Aníbal Salazar de León... **SEXTO** Se da por finalizada la presente en el mismo lugar y fecha a dos horas después de su inicio, previa lectura que se hizo a lo escrito y enterados de su contenido y efectos legales, aceptamos, ratificamos y firmamos. (FS) ilegibles Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez González, Lcda. Lourdes Carrera Munguía e Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón.

Y A SOLICITUD DEL INTERESADO SE EXTIENDE, FIRMA Y SELLA LA PRESENTE CERTIFICACIÓN DE ACTA, EN UNA HOJA DE PAPEL MEMBRETADO DEL CENTRO UNIVERSITARIO, EN LA CIUDAD DE SAN MARCOS A LOS CATORCE DÍAS DEL MES DE JULIO DEL AÑO DOS MIL VEINTICINCO.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón
Secretario Comité Trabajo de Graduación

ESTUDIANTE: JOSÉ ANÍBAL SALAZAR DE LEÓN
CARRERA: INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE.
CUSAM, Edificio.

Atentamente transcribo a usted el Punto **QUINTO: ASUNTOS ACADÉMICOS, inciso a) subinciso a.9) del Acta No. 017-2025**, de sesión ordinaria celebrada por la Coordinación Académica, el 17 de septiembre de 2025, que dice:

“QUINTO: ASUNTOS ACADÉMICOS: a) ORDENES DE IMPRESIÓN. CARRERA: INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE. a.9) La Coordinación Académica conoció Providencia No. CACUSAM-74-2025, de fecha 16 septiembre de 2025, suscrita por el Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez González, Coordinador Carrera Ingeniero Agrónomo, a la que adjunta solicitud del estudiante: JOSÉ ANÍBAL SALAZAR DE LEÓN, Carné No. 201546409, en el sentido se le **AUTORICE IMPRESIÓN DE LA TESIS EFECTO DE DOSIS DEL ABONO BOKASHI CON MICROORGANISMOS DE MONTAÑA, EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA SOLANUM TUBEROSUM L. VARIEDAD LOMAN, EN EL CASERÍO VISTA HERMOSA, ALDEA SAN ISIDRO IXCOLOCHIL, MUNICIPIO SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ Y CANTÓN LOS CEREZOS,** previo a conferírsele el Título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE. La Coordinación Académica en base a la opinión favorable del Asesor, Comisión de Revisión y Coordinador de Carrera Ingeniero Agrónomo, **ACORDÓ: AUTORIZAR IMPRESIÓN DE LA TESIS EFECTO DE DOSIS DEL ABONO BOKASHI CON MICROORGANISMOS DE MONTAÑA, EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA SOLANUM TUBEROSUM L. VARIEDAD LOMAN, EN EL CASERÍO VISTA HERMOSA, ALDEA SAN ISIDRO IXCOLOCHIL, MUNICIPIO SAN ANTONIO SACATEPÉQUEZ Y CANTÓN LOS CEREZOS,** al estudiante: JOSÉ ANÍBAL SALAZAR DE LEÓN, Carné No. 201546409, previo a conferírsele el Título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE.”
Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Agr. Rodolfo R. Cardenano Romero
Coordinador Académico

i. Índice General.

I.	Introducción.....	2
II.	Planteamiento del problema.....	5
III.	Justificación.....	8
IV.	Marco Teórico.....	11
4.1.	Marco conceptual.....	11
4.1.1.	La descripción del cultivo de papa.....	11
4.1.2.	La gallinaza no compostada.....	13
4.1.3.	Los abonos orgánicos.....	15
4.1.4.	El abono bokashi.....	18
4.2.	Marco referencial o estado del arte.....	25
4.2.1.	Investigaciones internacionales.....	25
4.2.2.	Investigaciones Nacionales.....	28
V.	Objetivos.....	32
5.1.	Objetivo general.....	32
5.2.	Objetivos específicos.....	32
VI.	Hipótesis.....	33
VII.	Metodología.....	34
7.1.	Tipo de investigación.....	34
7.2.	Enfoque de la investigación.....	34
7.3.	Recursos físicos, humanos e institucionales.....	34
7.3.1.	Recursos humanos.....	34
7.3.2.	Descripción de los recursos físicos, insumos y equipo de oficina.....	35
7.4.	Localidad y época.....	35
7.4.1.	Descripción de las localidades donde se ejecutó la investigación.....	36
7.4.2.	Caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez.....	36
7.4.3.	El cantón los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos.....	37
7.5.	Diseño Experimental.....	39
7.5.1.	Modelo estadístico.....	39
7.6.	Variables de respuesta.....	39
7.6.1.	Número de tubérculos por planta.....	39
7.6.2.	Rendimiento en Kg/ha.....	39
7.6.3.	Rendimiento kg/ha según.....	40

7.7.	Tratamiento	40
7.7.1.	Tamaño de las unidades experimentales.....	41
7.7.2.	Información de cada una de las parcelas	42
7.8.	Manejo del experimento.....	42
7.8.1.	Colecta, incubación y activación de los microorganismos de montaña y la elaboración del bokashi	42
7.8.2.	Toma de muestra de cada uno de los tratamientos	42
7.8.3.	Toma de muestreo de suelos.....	43
7.8.5.	Preparación del terreno.....	43
7.8.6.	Trazado del terreno.....	44
7.8.7.	Siembra.....	44
7.8.8.	Aplicación de los tratamientos	44
7.8.9.	Nutrición.....	45
7.8.10.	Control de plagas y enfermedades.....	45
7.8.11.	Riego	46
7.8.12.	Aporque	46
7.8.13.	Defoliación.....	46
7.8.14.	Cosecha	46
7.8.15.	Toma de datos.....	47
7.9.	Análisis de la información	47
7.10.	Análisis Económico	47
VIII.	Resultados y discusión.	48
8.1.	Resultados de las variables dependientes que fueron evaluadas.	48
	8.2. Resultados del número de tubérculos por planta.	48
8.2.1.	Localidad 1. Caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez	48
8.2.2.	Localidad 2. Cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos	52
	8.3. Resultados del rendimiento en Kg/ha	57
8.3.1.	Localidad 1. Caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez	57
8.3.2.	Localidad 2. Cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos	61
	8.4. Resultados del rendimiento en kg/ha según a la calidad en peso del tubérculo para la comercialización.	66
8.4.1.	Localidad 1. Caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez	66
8.4.2.	Localidad 2. Cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos	77

8.5. Rentabilidad	88
8.5.1. Localidad 1. Caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez	88
8.5.2. Localidad 2. Cantón Los Cerezos, aldea Serchil del municipio de San Marcos	91
IX. Conclusiones.	94
X. Recomendaciones.....	96
XI. Referencias bibliográficas.	99
XII. Anexos.....	103

ii. Índice de tablas.

Tabla 1. La clasificación taxonómica del cultivo de papa.	11
Tabla 2. Requerimientos nutricionales en el cultivo de papa <i>Solanum tuberosum L.</i>	12
Tabla 3. Caracterización de los diferentes tipos de gallinaza.	13
Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos de la gallinaza.	14
Tabla 5. Descripción nutricional del bokashi con diferentes estiércoles.	19
Tabla 6. Comparación de la gallinaza con otros tipos de estiércoles.	21
Tabla 7. Descripción de los recursos físicos, insumos y equipo de oficina.	35
Tabla 8. Descripción de los tratamientos y dosis que fueron evaluadas en el cultivo de papa.	40
Tabla 9. Prueba de normalidad aplicada a la variable número de tubérculos por planta.	48
Tabla 10. Análisis del ajuste del modelo de varianza para la variable del número de tubérculos por planta.	49
Tabla 11. Análisis del ajuste del modelo de varianza para la variable del número de tubérculos por planta.	50
Tabla 12. Prueba de medias de Tukey para comparar los tratamientos en el número de tubérculos por planta.	50
Tabla 13. Prueba de normalidad aplicada a la variable número de tubérculos por planta.	53
Tabla 14. Análisis del ajuste del modelo de varianza para la variable del número de tubérculos por planta.	53
Tabla 15. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para los tratamientos evaluados.	54
Tabla 16. Prueba de medias de Tukey para comparar los tratamientos en el número de tubérculos por planta.	54
Tabla 17. Prueba de normalidad aplicada a la variable del rendimiento en kg/ha.	57
Tabla 18. Análisis del ajuste del modelo de varianza para la variable del rendimiento en kg/ha.	57
Tabla 19. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para los tratamientos evaluados.	58
Tabla 20. Prueba de medias de Tukey para comparar los tratamientos para la variable del rendimiento en kg/ha.	59
Tabla 21. Prueba de normalidad aplicada a la variable del rendimiento en kg/ha.	61
Tabla 22. Análisis del ajuste del modelo de varianza para la variable del rendimiento en kg/ha.	61
Tabla 23. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para los tratamientos evaluados.	62
Tabla 24. Prueba de medias de Tukey para comparar los tratamientos para la variable del rendimiento en kg/ha.	63
Tabla 25. Prueba de normalidad aplicada a la variable del tubérculo de primera calidad para la comercialización.	66
Tabla 26. Análisis del ajuste del modelo de varianza para la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de primera.	67
Tabla 27. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para los tratamientos evaluados.	68

Tabla 28. Prueba de medias de Tukey para comparar los tratamientos para la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de primera calidad.	69
Tabla 29. Prueba de normalidad aplicada a la variable del tubérculo de segunda calidad para la comercialización.	70
Tabla 30. Análisis del ajuste del modelo de varianza para la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de segunda calidad.	70
Tabla 31. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para los tratamientos evaluados.	71
Tabla 32. Prueba de medias de Tukey para comparar los tratamientos para la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de segunda calidad.	72
Tabla 33. Prueba de normalidad aplicada a la variable del tubérculo de tercera calidad para la comercialización.	73
Tabla 34. Análisis del ajuste del modelo de varianza para la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de tercera calidad.	73
Tabla 35. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para los tratamientos evaluados.	74
Tabla 36. Prueba de medias de Tukey para comparar los tratamientos para la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de tercera calidad.	74
Tabla 37. Rendimiento por hectárea de acuerdo a calidad por peso de papa variedad Loman en el caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez.	75
Tabla 38. Prueba de normalidad aplicada a la variable del tubérculo de primera calidad para la comercialización.	77
Tabla 39. Análisis del ajuste del modelo de varianza para la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de primera calidad.	78
Tabla 40. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para los tratamientos evaluados.	79
Tabla 41. Prueba de medias de Tukey para comparar los tratamientos para la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de primera calidad.	79
Tabla 42. Prueba de normalidad aplicada a la variable del tubérculo de segunda calidad para la comercialización.	80
Tabla 43. Análisis del ajuste del modelo de varianza para la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de segunda calidad.	81
Tabla 44. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para los tratamientos evaluados.	81
Tabla 45. Prueba de medias de Tukey para comparar los tratamientos para la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de segunda calidad.	82
Tabla 46. Prueba de normalidad aplicada a la variable del tubérculo de tercera calidad para la comercialización.	83
Tabla 47. Análisis del ajuste del modelo de varianza para la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de tercera calidad.	83
Tabla 48. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para los tratamientos evaluados.	84
Tabla 49. Prueba de medias de Tukey para comparar los tratamientos para la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de tercera calidad.	85
Tabla 50. Rendimiento por hectárea de acuerdo a calidad por peso de papa variedad Loman en el cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos.	86

Tabla 51. Costos de producción y tasa de retorno sobre la inversión inicial de producción de papa var. Loman en el caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez.....	88
Tabla 52. Costos de producción y tasa de retorno sobre la inversión inicial de producción de papa var. Loman en el cantón Los Cerezos, aldea Serchil del municipio de San Marcos.	91
Tabla 53. Parámetros físico-químicos del abono bokashi con MM y la gallinaza no compostada.	108
Tabla 54. Relación de suelos antes del cultivo y después del cultivo de la localidad del Caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez.	112
Tabla 55. Relación de suelos antes del cultivo y después del cultivo de la localidad del Cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos.	115
Tabla 56. Comparación de datos recolectaos en campo de la variable número de tubérculos/planta de las dos localidades de estudio.	119
Tabla 57. Comparación de datos recolectaos en campo de la variable del rendimiento en kg/ha de las dos localidades de estudio.	120
Tabla 58. Comparación de datos recolectaos en campo de la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de primera calidad de las dos localidades de estudio.	121
Tabla 59. Comparación de datos recolectaos en campo de la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de segunda calidad de las dos localidades de estudio.	122
Tabla 60. Comparación de datos recolectaos en campo de la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de tercera calidad de las dos localidades de estudio.	123
Tabla 61. Recolección de datos del número de tubérculos por planta.	128
Tabla 62. Recolección de datos del peso en calidad de los tubérculos.	129
Tabla 63. Recolección de datos del rendimiento en kg/ha de los tubérculos.	129
Tabla 64. Clasificación de calidad según el peso del tubérculo de papa.	130
Tabla 65. Insumos requeridos para elaboración de microorganismos de montaña sólidos	130
Tabla 66. Insumos para la activación de los Microorganismos de Montaña líquidos.....	131
Tabla 67. Descripción de los insumos del bokashi con microorganismo de montaña a evaluarse en libras y kilogramos.	132
Tabla 68. Plan de nutrición y fitosanitario que se utilizó en el cultivo de papa <i>Solanum tuberosum</i> L.	134

iii. Índice de figuras.

Figura 1. Las etapas fenológicas del cultivo de papa	11
Figura 2. Rendimiento en Kg/ha “Evaluación de cuatro abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de papa <i>Solanum tuberosum L.</i> en el sector San Pablo, Parroquia Mulalillo, cantón Salcedo, Providencia de Cotopaxi”	25
Figura 3. Rendimiento en Kg “Respuesta de dos dosis de fertilización y tres niveles de bokash en el rendimiento del cultivo de la papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>) en el distrito de Yanahuanca – provincia de Daniel Carrión”	26
Figura 4. Rendimiento en T/ha "Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica, sobre la productividad en el cultivo de papa criolla <i>Solanum phureja</i> , en la finca Santo Domingo - municipio de la Calera – Cundinamarca”	27
Figura 5. Rendimiento en T/ha Evaluación de tres abonos orgánicos, en el cultivo de pepino <i>Cucumis sativus L.</i> en el caserío Sangre de Cristo, municipio de Cubulco, departamento de Baja Verapaz”	29
Figura 6. Rendimiento gel kg/ha. “Efecto de tres abonos orgánicos sobre el rendimiento y precocidad de la cosecha en el cultivo de sábila en Guastatoya”	30
Figura 7. Rendimiento kg/ha. Tomate: Evaluación de materia orgánica para su cultivo bajo condiciones de macro túnel, en dos localidades del departamento de San Marcos.	31
Figura 8. Localización del caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez.	37
Figura 9. Localización del cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos.	38
Figura 10. Croquis de cada unidad experimental con sus respectivas medidas.	41
Figura 11. Distribución de los tratamientos, bloques y repeticiones de cada una de las parcelas de experimentación.	41
Figura 12. Número de tubérculos/planta, en el caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez.	51
Figura 13. Número de tubérculos por planta, en el cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos.	55
Figura 14. Rendimiento en kg/ha en papa variedad loman, en el caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez.	59
Figura 15. Rendimiento en kg/ha en papa variedad loman, en el cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos.	64
Figura 16. Rendimiento por hectárea de acuerdo a calidad por peso de papa variedad Loman, en el caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez.	76
Figura 17. Rendimiento por hectárea de acuerdo a la calidad por peso de papa variedad Loman. en el cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos.	86

Figura 18. Tasa de Retorno sobre la Inversión de diferentes dosis de Gallinaza no compostada y abono tipo Bokashi en el cultivo de Papa (kg/ha y Q/cd).	90
Figura 19. Tasa de Retorno sobre la Inversión de diferentes dosis de Gallinaza no compostada y abono tipo Bokashi en el Cultivo de Papa (kg/ha y Q/cd).	92
Figura 20. Muestreo de suelo toma de muestras de suelo.	103
Figura 21. Muestras de suelo de cada una de las localidades identificadas.	103
Figura 22. Compra de semilla de la variedad Loman.	103
Figura 23. Preparación de suelo, medición de las unidades experimentales, trazado y apertura de surcos.	104
Figura 24. Trazado de las unidades experimentales en base al croquis.	104
Figura 25. Siembra del tubérculo de papa.	104
Figura 26. Trazado de las unidades experimentales.	105
Figura 27. Aplicación de la fertilización química.	105
Figura 28. Aplicación de productos químicos para el control de plagas y enfermedades del follaje.	105
Figura 29. Picado y aplicación de la 2da fertilización.	106
Figura 30. Defoliación.	106
Figura 31. Cosecha del tubérculo en cada una de las localidades	106
Figura 32. Toma de datos.	107
Figura 33. Análisis fisicoquímico del abono bokashi con microorganismo de montaña	124
Figura 34. Análisis fisicoquímico de la gallinaza no compostada.	125
Figura 35. Análisis de fertilidad del suelo en el caserío Vista Hermosa de la aldea San Isidro Ixcolochil del municipio San Antonio Sacatepéquez y del Cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos.	127

Acrónimos y abreviaturas.

Acrónimos / Abreviatura	Significado
B₂O₃	Óxido de Boro
K₂O	Óxido de Potasio
P₂O₅	Óxido de Fósforo
°C	Grados centígrados
C.E. (mS/cm)	Conductividad eléctrica (milisiemens por centímetro)
C.V.	Coefficiente de variación (%)
C/N	Relación carbono/nitrógeno
Ca	Calcio
cd.	Cuerda (unidad de área equivalente a 436.81 m ²)
CIC	Capacidad de Intercambio Catiónico
Cu	Cobre
D.B.O. (mg O₂/g M)	Demanda Biológica de Oxígeno
D.Q.O. (mg O₂/g M)	Demanda Química de Oxígeno
E.E.	Error estándar de la media
Fe	Hierro
g	Gramos
g/cc	Gramos por centímetro cúbico
kg/ha	Kilogramos por hectárea
MgO	Óxido de Magnesio
MM	Microorganismos de montaña
Mn	Manganeso
mohos/g	Hongos filamentosos y levaduras por gramo
msnm	Metros sobre el nivel del mar

N	Número de observaciones o tamaño de muestra
N (químico)	Nitrógeno
Nitrógeno total (mg N/g M)	Contenido total de nitrógeno en la muestra
pH	Potencial de Hidrógeno
ppm	Partes por millón
qq/cd	Quintales por cuerda
qq/ha	Quintales por hectárea
R²	Coefficiente de determinación
R² ajustado (R² Aj)	R ² corregido por número de variables y muestra
t/ha	Toneladas por hectárea
Zn	Zinc
Media	Promedio aritmético
D.E.	Desviación estándar
W*	Estadístico de Shapiro-Wilks (normalidad)
P (Unilateral D)	Valor p del test de normalidad (prueba unilateral)
F.V.	Fuente de variación
S.C.	Suma de cuadrados
gl	Grados de libertad
CM	Cuadrado medio (media de la suma de cuadrados)

Glosario.

- ✓ **Abono bokashi:** Abono es rico en nutrientes y microorganismos beneficiosos para el suelo, mejorando su salud y promoviendo el crecimiento de las plantas.
- ✓ **Ácidos fúlvicos:** Son compuestos orgánicos, parte de las sustancias húmicas, que se obtienen de la descomposición de materia orgánica en el suelo. Son más pequeños y solubles en agua que los ácidos húmicos, y juegan un papel importante en la nutrición de las plantas al quelatar minerales y mejorar la absorción de nutrientes.
- ✓ **Ácidos húmicos:** Son compuestos orgánicos de naturaleza ácida, solubles en agua, que se encuentran naturalmente en el suelo, como parte de la materia orgánica. Son un componente clave del humus y contribuyen a la calidad del suelo, mejorando la retención de agua, la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana.
- ✓ **Anaeróbico:** Significa "sin oxígeno" y se refiere a procesos o organismos que no requieren oxígeno para vivir o funcionar.
- ✓ **Bacterias termófilas:** Son aquellas que prosperan a temperaturas altas, generalmente superiores a 45°C. Pueden crecer en ambientes como aguas termales, compost y sistemas hidrotermales. Algunos termófilos, llamados hipertermófilos, pueden incluso sobrevivir y desarrollarse a temperaturas de hasta 113°C.
- ✓ **Descomposición:** o también llamada compostaje, es el proceso natural en el que los desechos orgánicos se degradan por la acción de microorganismos (bacterias y hongos) en presencia de oxígeno, humedad y calor.
- ✓ **Fitotoxicidad:** Se refiere al daño o inhibición del crecimiento y desarrollo de una planta causado por la exposición a sustancias químicas tóxicas o factores ambientales. Estos efectos tóxicos pueden ser causados por herbicidas, pesticidas, sales excesivas en el suelo.
- ✓ **Gallinaza:** Excretas de gallinas ponedoras que se acumulan durante la etapa de producción de huevo o bien durante periodos de desarrollo de este tipo de aves, mezclado con desperdicios de alimento y plumas. Puede o no considerarse la mezcla con los materiales de la cama.
- ✓ **Galpón:** Se refiere a un edificio o estructura utilizada para la cría de aves, especialmente gallinas, donde se genera la gallinaza.
- ✓ **ICTA:** Significa Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, una institución de derecho público en Guatemala que genera y promueve la ciencia y tecnología agrícolas para el desarrollo rural agrícola.

- ✓ **Infostat:** Es un software para análisis estadístico de aplicación general desarrollado bajo la plataforma Windows. Cubre tanto las necesidades elementales para la obtención de estadísticas descriptivas y gráficos para el análisis exploratorio, como métodos avanzados de modelación estadística y análisis multivariado.
- ✓ **La tuberización:** Es el proceso en el que una planta, especialmente algunas hortalizas como la papa, forma tubérculos, que son tallos subterráneos modificados que almacenan nutrientes. Este proceso es esencial para el crecimiento y almacenamiento de alimento en la planta.
- ✓ **Materia orgánica:** Se refiere a los compuestos que contienen carbono y provienen de seres vivos o sus restos. Es la materia que compone los cuerpos, sustancias y derivados de los seres vivos, vinculada con la química de la vida.
- ✓ **Microorganismo mesófilo:** Es aquel que tiene una temperatura óptima de crecimiento en el rango de 20 a 45°C. En otras palabras, estos microorganismos prefieren temperaturas moderadas y se desarrollan mejor en este rango.
- ✓ **Microorganismos de montaña (MM):** Son inóculos microbianos con altas poblaciones principalmente de hongos, bacterias y actinomicetos, que se encuentran naturalmente en el suelo.
- ✓ **Mineralización:** Es la transformación de la materia orgánica del suelo a través de un proceso que conduce a la formación de sales minerales, en las que los elementos fertilizantes son asimilables para las plantas.
- ✓ **Rendimiento:** Se refiere a la cantidad de producto agrícola cosechado por unidad de superficie de tierra. Se mide comúnmente en kilogramos por hectárea o toneladas métricas por hectárea, y es un indicador clave de la productividad y eficiencia del cultivo.
- ✓ **Rentabilidad:** Es el beneficio que se puede obtener al invertir. Es el principal indicador para analizar el comportamiento de una inversión.
- ✓ **Tubérculo:** Parte de un tallo subterráneo, o de una raíz, que engruesa considerablemente, en cuyas células se acumula una gran cantidad de sustancias de reserva, como en la papa.
- ✓ **Unidad experimental:** Es la entidad más pequeña a la que se aplica un tratamiento o condición experimental. Puede ser un individuo, un objeto, una parcela, o cualquier otra entidad que pueda ser asignada aleatoriamente a diferentes tratamientos para evaluar sus efectos.

“Efecto de dosis del abono bokashi con microorganismos de montaña, en el rendimiento del cultivo de papa *Solanum tuberosum* (L.) variedad loman, en el caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez y cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos.”

Autores: Jose Aníbal Salazar De León¹,
Leonel Alfredo Orozco²,
Fredy Pérez Monzón³,
Henry Giovanni Bravo⁴

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar los efectos de diferentes dosis de bokashi con MM¹ en el rendimiento de la papa *Solanum tuberosum* L, variedad Loman, en comparación con la gallinaza no compostada, fuente orgánica comúnmente utilizado en este cultivo. La investigación se realizó en dos localidades: caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio de San Antonio Sacatepéquez² y el cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos³. Se aplicó un diseño en bloques completos al azar con cinco tratamientos⁴ y cuatro repeticiones en cada una de las localidades.

Se realizó un análisis físico-químico de abonos orgánicos y suelos para evaluar el estado nutricional en dos localidades. Cada unidad experimental incluyó 40 plantas, usando 16 como parcela neta y se midió el número de tubérculos por planta, el rendimiento en kg/ha y la clasificación por peso de tubérculos fue tomada en su totalidad de plantas de la unidad experimental. También se analizó la rentabilidad mediante la relación costo/beneficio.

Los tratamientos con bokashi con MM mejoraron el número de tubérculos por planta: el tratamiento 4 en la localidad 1² alcanzó 11.98 tubérculos/planta y el tratamiento 5 en la localidad 2³ obtuvo 12.04. En términos de rendimiento general, el tratamiento 4 logró 32,970.75 kg/ha en la localidad 1, y el tratamiento 5 alcanzó 38,260.00 kg/ha en la localidad 2. Además, el tratamiento 5 sobresalió en las dos localidades, con 28,765.00 y 38,260.00 kg/ha de tubérculos de primera calidad.

En términos de rentabilidad, el tratamiento 4 fue el más rentable en la localidad 1 con Q130.68 por cada Q100 invertidos. En la localidad 2, el tratamiento 5 generó el mayor retorno, con Q143.95 por cada Q100 invertidos.

Palabras clave: bokashi con MM, rendimiento, gallinaza, fertilización orgánica, análisis químico, rendimiento en kg/ha, calidad por peso y rentabilidad.

¹ MM: Microorganismo de montaña.

² Localidad 1. Caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez

³ Localidad 2. Cantón Los Cerezos, aldea Serchil del municipio de San Marcos.

⁴ Tratamiento 1 (gallinaza 6.5 t/ha) Tratamiento 2 (Bokashi con MM 9 t/ha) Tratamiento 3 (Bokashi con MM 12 t/ha) Tratamiento 4 (Bokashi con MM 15 t/ha) tratamiento 5 (Bokashi con MM 18 t/ha)

“Effect of bokashi fertilizer doses with mountain microorganisms on the yield of potato *Solanum tuberosum* (L.) variety Loman crop in Vista Hermosa hamlet, San Isidro Ixcolochil village, San Antonio Sacatepéquez municipality and Los Cerezos canton, Serchil village, San Marcos municipality.”

Autores: Jose Aníbal Salazar De León¹,
Leonel Alfredo Orozco²,
Fredy Pérez Monzón³,
Henry Giovanni Bravo⁴

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effects of different doses of bokashi with MM⁵ on the yield of the potato *Solanum tuberosum* (L.), variety Loman, compared to non-composted chicken manure, an organic source commonly used in this crop. The research was carried out in two locations: Vista Hermosa hamlet, San Isidro Ixcolochil village, San Antonio Sacatepéquez municipality and Los Cerezos canton, Serchil village, San Marcos municipality. A randomized complete block design was applied with five treatments⁶ and four replications in each of the locations.

A physical-chemical analysis of organic fertilizers and soils was conducted to assess their nutritional status in two locations. Each experimental unit included 40 plants, using 16 as the net plot. The number of tubers per plant and the yield in kg/ha were measured. The classification by tuber weight was taken from all plants in the experimental unit. Profitability was also analyzed using the cost-benefit ratio.

Bokashi treatments with MM improved the number of tubers per plant: treatment 4 at location 1⁷ reached 11.98 tubers/plant and treatment 5 at location 2⁸ obtained 12.04. In total yield, treatment 4 achieved 32,970.75 kg/ha at location 1, and treatment 5 reached 38,260.00 kg/ha at location 2. In addition, treatment 5 excelled in quality with 28,765.00 and 38,260.00 kg/ha of premium tubers.

In terms of profitability, treatment 4 was the most profitable in location 1, with Q130.68 for every Q100 invested. In location 2, treatment 5 generated the highest return, with Q143.95 for every Q100 invested.

Keywords: bokashi with MM, yield, chicken manure, organic fertilization, chemical analysis, yield in kg/ha, quality by weight and profitability.

⁵ MM: Mountain microorganism.

⁶ Treatment 1 (chicken manure 6.5 t/ha) Treatment 2 (Bokashi with MM 9 t/ha) Treatment 3 (Bokashi with MM 12 t/ha) Treatment 4 (Bokashi with MM 15 t/ha) Treatment 5 (Bokashi with MM 18 t/ha)

⁷ Location 1. Vista Hermosa hamlet, San Isidro Ixcolochil village, San Antonio Sacatepéquez municipality

⁸ Location 2. Los Cerezos Canton, Serchil village of the municipality of San Marcos.

Título de la investigación.

Efecto de dosis del abono bokashi con microorganismos de montaña, en el rendimiento del cultivo de papa *Solanum tuberosum* L. variedad Loman, en el caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez y cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos.

I. Introducción.

Durante los últimos años la investigación y la generación de tecnología ha avanzado considerablemente para el cultivo de papa *Solanum tuberosum* L, especialmente en la generación de nuevas variedades o el control de plagas y enfermedades de importancia económica para el cultivo, el cual permita el aumento en el rendimiento. Sin embargo, se ha dejado por un lado la búsqueda de otras alternativas de abonos orgánicos que puedan compararse o sustituir la gallinaza no compostada o cruda.

Con el propósito de contribuir a la generación de tecnología y tomando en cuenta los requerimientos nutricionales del cultivo de papa, el objetivo de la investigación fue evaluar cuatro dosis del abono bokashi con microorganismos de montaña (MM) para verificar si hay diferencia en el rendimiento en el cultivo de papa en comparación al manejo utilizado por el productor de papa.

El abono bokashi con MM ofrece diversas ventajas: por ejemplo, reducción de tiempo de elaboración en comparación con el compost, presenta mayor cantidad de nutrientes y microorganismos aprovechables para el cultivo. Además, los MM actúan como transformadores de la materia orgánica y catalizadores en la liberación de nutrientes.

Para ello, se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar. Se evaluaron cinco tratamientos: cuatro dosis de bokashi con MM (9,12,15 y 18 t/ha) y una dosis de gallinaza no compostada (6.50 t/ha), que corresponde al manejo comúnmente aplicado por los productores. Las variables dependientes evaluadas fueron: el número de tubérculos por planta, rendimiento en kg/ha, rendimiento de acuerdo con la calidad en peso de los tubérculos en kg/ha y la rentabilidad económica.

La investigación se realizó en el caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez⁹ y cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos¹⁰. Cabe destacar que ambas localidades son representativas de la producción y comercialización del cultivo de papa variedad Loman, número de productores y el área cultivada.

Como parte del enfoque metodológico, se realizó un análisis físico-químico de los abonos orgánicos utilizados, así como del suelo en ambas localidades, con el fin de caracterizar su estado nutricional. Cada unidad experimental estuvo conformada por 40 plantas, de las cuales se seleccionaron 16 para la evaluación del número de tubérculos por planta y la variable rendimiento en kg/ha y la calidad de los tubérculos según su peso, se tomó la totalidad de plantas de cada unidad experimental. Asimismo, se analizó la rentabilidad de los tratamientos aplicados.

Los resultados evidenciaron efectos positivos con el uso de bokashi enriquecido con microorganismos de montaña (MM). Los tratamientos más efectivos fueron: el tratamiento 4¹¹ en la localidad 1, con un promedio de 11.98 tubérculos por planta y un rendimiento de 31.69 quintales/cuerda (32,901 kg/ha), la localidad 2 fue el tratamiento 5 con un promedio de 12.04 tubérculos por planta y un rendimiento de 36.37 quintales/cuerda (38,260 kg/ha). En cuanto a la calidad comercial, el tratamiento 5 fue el más destacado en ambas localidades, especialmente en la producción de tubérculos de primera calidad.

⁹ Localidad 1. Caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez.

¹⁰ Localidad 2. Cantón Los Cerezos, aldea Serchil del municipio de San Marcos.

¹¹ Tratamiento 1 (gallinaza 6.5 t/ha) Tratamiento 2 (Bokashi con MM 9 t/ha) Tratamiento 3 (Bokashi con MM 12 t/ha) Tratamiento 4 (Bokashi con MM 15 t/ha) tratamiento 5 (Bokashi con MM 18 t/ha)

Respecto a la rentabilidad, el tratamiento 4 generó el mayor retorno sobre la inversión en la localidad 1, con un valor de 130.68 quetzales. Esto implica que, por cada 100.00 quetzales invertidos, el productor obtiene un retorno de 30.68 quetzales. Por otro lado, en la localidad 2, el tratamiento 5 resultó ser el más rentable, con un retorno sobre la inversión de 143.95 quetzales. Es decir, por cada 100.00 quetzales invertidos, el productor recibe 43.94 quetzales como retorno.

II. Planteamiento del problema.

Actualmente, los productores de papa enfrentan bajos rendimientos por unidad de superficie (436.81 m², equivalente a una cuerda), lo cual se atribuye principalmente a la ausencia de tecnologías adecuadas en programas de fertilización orgánica. Estos programas carecen de formulaciones con dosis específicas que consideren de manera integral los requerimientos nutricionales del cultivo, limitando así su rendimiento.

Según el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación [MAGA], (2022) menciona que “los rendimientos a nivel nacional del cultivo de papa en el año 2021 fueron de 558.27 qq/ha (quintales/hectárea)”, (p. 44) dicho de otra forma, el rendimiento del productor de papa fue de 24 a 25 quintales/cuerda.

Sin embargo, en las localidades objeto de estudio no se dispuso de datos precisos y actualizados sobre los rendimientos por ciclo del cultivo. Por tal motivo, se llevaron a cabo entrevistas a productores representativos, seleccionados en función de la extensión de sus áreas de siembra y el uso predominante de la variedad Loman.

Una de las localidades seleccionadas fue el caserío Vista Hermosa, municipio de San Antonio Sacatepéquez, departamento de San Marcos. De acuerdo con López et al, (2023), los rendimientos actuales en esta zona oscilan entre 19 y 30 qq/cd, lo que equivale a 20,000 a 30,000 kg/ha, en altitudes que varían entre los 2,338 y 2,370 msnm.

La segunda localidad considerada fue el cantón Los Cerezos, aldea San Antonio Serchil, municipio de San Marcos. Según De León et al, (2023), los rendimientos en esta área se encuentran entre 25 y 35 qq/cd, es decir, entre 25,000 y 35,000 kg/ha, en un rango altitudinal de 2,953 a 3,100

msnm. No obstante, estos niveles de rendimiento, resultan insuficientes para garantizar la rentabilidad económica de las unidades productivas en ambas localidades.

En este contexto, Chávez (2024) -profesional que funge como Técnico de Innovación Tecnológica en Semillas del Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícola [ICTA], -comento que el rango del rendimiento de la variedad Loman se mantiene en 35 a 45 qq/cd. Esto depende de varios factores como: nutrición (orgánica y sintética), las condiciones edafoclimáticas, la calidad genética de la semilla y el manejo fitosanitario (plagas y enfermedades).

Durante las entrevistas a los productores, se incluyeron preguntas sobre la fuente orgánica y las dosis utilizadas en el cultivo de papa. Ellos relataron que han tenido como base la gallinaza no compostada, también llamada cruda, sin un proceso previo a su aplicación. La dosis que utilizan varía entre 6,200 a 7,500 kg/ha, la cual cambia según experiencia.

Nieto (2014) menciona que: “La gallinaza proviene de la mezcla de las excretas de gallinas, plumas, huevos rotos, residuos de alimento y el material absorbente (producción en piso) que se utilice en el galpón (generalmente viruta o cascarilla)” (p. 6).

Por su accesibilidad y bajo costo, los productores suelen preferir la gallinaza. Su aplicación se realiza en el momento de la siembra, donde se mezclan con fertilizantes de fórmula física y química tradicionalmente, con la finalidad de complementar la nutrición y aumentar el rendimiento del cultivo de papa.

A partir de lo anterior, se hizo necesario contribuir a la sostenibilidad económica y ambiental, promoviendo alternativas que mejoren el rendimiento de forma eficiente y con calidad del cultivo de papa. En consecuencia, se planteó retomar algunas ciertas prácticas agrícolas, incorporando tecnologías acordes al contexto local y de bajo impacto ambiental, teniendo como finalidad lograr la rentabilidad las unidades productivas.

Una de estas tecnologías es el uso del abono bokashi con microorganismos de montaña (MM), utilizando como base la gallinaza para su realización y evaluando diferentes dosis.

De este análisis surgió el siguiente cuestionamiento: **¿Cuál fue el efecto de las dosis del bokashi con MM en el rendimiento del cultivo de papa?**

III. Justificación

En el caserío Vista Hermosa, ubicado en la aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez, y el cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos, el cultivo de papa tiene una gran importancia económica. Es una fuente significativa de ingresos para los productores, debido a que permite abastecer tanto mercados nacionales como centroamericanos principalmente en países como: El Salvador, Honduras y Nicaragua, además, la comercialización se realiza en fresco para consumo, como en forma de semilla.

En este contexto, la constante búsqueda de condiciones que hagan posible el incrementar el rendimiento y la calidad del cultivo de la papa conlleva el proporcionar a la planta las mejores condiciones desde la siembra hasta la cosecha. Entre estas prácticas, se destaca la fertilización orgánica adecuada, con dosis precisas, que garanticen la disponibilidad de nutrientes durante el desarrollo del cultivo.

Por tal motivo, esta investigación se realizó con el propósito de tener una propuesta que fuera fácil de replicar y que favoreciera al incremento no solo en rendimiento sino también en calidad comercial de los tubérculos cosechados y la rentabilidad.

Dentro de las alternativas evaluadas, el abono bokashi favorece múltiples funciones en el suelo, tales como la actividad microbiana y aumento en la disponibilidad de nutrientes. En otras palabras, este tipo de abono aporta cantidades de nutrientes adicionales a los que ya están presentes en el suelo, promoviendo el desarrollo vegetal, impactando positivamente en las variables morfológicas y productivas del cultivo.

Adicionalmente, se incorporaron microorganismos de montaña (MM), que constituyen una mezcla diversa de microbiología proveniente de bosques mixtos y latifoliados, plantaciones de café, plantaciones de bambú, entre otros, en la que son principalmente colonias de hongos, bacterias y levaduras benéficas que se encuentran de manera natural, que tienen la capacidad regenerar suelos por prácticas inapropiadas, así como descomponer la materia orgánica e incrementan la disponibilidad de nutrientes.

Posteriormente se evaluaron las diferentes dosis en parcelas demostrativas en campo. Las localidades fueron seleccionadas considerando la importancia que tiene el cultivo, el número de productores y la superficie sembrada. De acuerdo con Uz García & Aguilar (2024) técnicos de cada una de las municipalidades de las localidades, en el caserío Vista Hermosa se contabilizan aproximadamente 300 productores de papa, cuyas unidades productivas varían entre 0.15 y 2 hectáreas. Por otro lado, en el cantón Los Cerezos se contabilizan 285 productores, con superficies de siembra de 0.15, 0.80 y hasta 2 hectáreas.

Con base en lo anterior, se consideró relevante llevar a cabo esta investigación para demostrar la viabilidad del uso del bokashi con MM, como una alternativa de fertilización importancia en el cultivo de la papa. Se aplicaron cuatro dosis de dicho abono, lo que permitió observar de forma directa las diferencias en rendimiento y calidad de tubérculos, en comparación con el uso de gallinaza cruda.

De igual forma, se proporcionó a los productores material científico y evaluado en campo, que se utilizó para tomar decisiones en el manejo del cultivo de papa, con el fin de incentivar una agricultura sostenible, de manera que consideraran las prácticas inapropiadas que utilizaban, como el uso de gallinaza no compostada y fertilizantes químicos.

Finalmente, la investigación se enmarcó en principios de la sostenibilidad económica y ambiental, con el propósito de fomentar una agricultura regenerativa que enfrentara estos desafíos y ofreciera soluciones efectivas para el manejo del cultivo de papa. De este modo, se procuró que los productores alcanzaran la rentabilidad en sus unidades de producción.

IV. Marco Teórico.

4.1. Marco conceptual

4.1.1. La descripción del cultivo de papa

La papa *Solanum tuberosum* L. sus características son: es una planta herbácea, tuberosa, perenne debido a sus tubérculos, caducifolia (pierde sus hojas y tallos aéreos en la época fría), de tallos erectos o semi-decumbente, puede llegar a medir hasta un metro de altura. Es predominantemente un cultivo de clima templado, aunque se puede cultivar en clima subtropical y tropical (Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura [INTAGRI], 2017, como se citó en Gonzalo, 2023, p. 8)

4.1.1.1. La clasificación taxonómica del cultivo de papa.

Tabla 1.

La clasificación taxonómica del cultivo de papa.

Reino	<i>Vegetal</i>
División.	<i>Angiospermas.</i>
Clase	<i>Dicotiledóneas</i>
Sub-clase	<i>Simpétalas</i>
Sección	<i>Petota</i>
Sub Sección.	<i>Basartrum</i>
Especie	<i>Tuberosum</i>
Nombre Científico.	<i>Solanum tuberosum</i>

Nota. Adaptado de Vidal (2000, como se citó en Apaza, 2015).

4.1.1.2. Las etapas fenológicas del cultivo de papa.

Figura 1.

Las etapas fenológicas del cultivo de papa



Nota. Descripción de las distintas etapas fenológicas de la papa, desde el establecimiento de la siembra hasta la cosecha de los tubérculos.

4.1.1.3. Las características de la variedad Loman. Planta con tallos rectos, fuertes y hojas de color verde. Esta puede alcanzar una altura de 70-95 cm. Las flores son de color blanco, las cuales se presentan entre los 55 a 60 días después de la siembra. Su madurez fisiológica la alcanza a los 110 o 115 días después de la siembra. La piel y la pulpa son de color crema. El tubérculo tiene forma oblonga a redonda. A 2,390 msnm presenta 18.2 % de sólidos totales y 12.6 % de almidón. Se considera tolerante a Tizón Tardío (Franco et al, 2002, p.17)

4.1.1.4. El rendimiento de la variedad Loman. Chávez (2024) comenta que el rango del rendimiento de la variedad Loman está dentro de 35 a 45 qq/cd esto dependerá de las condiciones de su nutrición orgánica y sintética, condiciones edafoclimáticas, semilla y el manejo de plagas y enfermedades (pp. 1-23)

4.1.1.5. Los requerimientos nutricionales del cultivo de papa. En cada uno de los cultivos hay requerimientos nutricionales para tener un rendimiento adecuado, Franco et al (2002) mencionan que: “El cultivo de la papa para producir una tonelada métrica de tubérculo fresco necesita extraer los siguientes nutrientes” (p. 22)

Tabla 2.

*Requerimientos nutricionales en el cultivo de papa **Solanum tuberosum** (L.).*

Requerimientos nutricionales en el cultivo de papa								
Nitrógeno	Fosforo	Potasi	Magnesio	Calci	Azufre	Hierro	Manganeso	Zinc
N	P	o K	Mg	o Ca	S	Fe	Mn	Zn
4 a 6 kg	0.7 a 1.1 kg	6 a 7.5 kg	0.6 a 0.8 kg	0.6 a 0.8 kg	0.6 a 0.8 kg	80 a 120 gr	12 a 60 gr	2 a 60 gr

Nota. Adaptado de *El cultivo de la papa en Guatemala*, por Franco et al., (2002), Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA).

<https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Papa/El%20cultivo%20de%20la%20papa%20en%20Guatemala,%202002.pdf>

4.1.2. La gallinaza no compostada

La gallinaza es la excreta de las gallinas y pollos; se conocen tres tipos de gallinazas; la gallinaza de jaula, que proviene de las gallinas ponedoras comerciales, localizadas en baterías de jaulas; la gallinaza de piso proviene de las gallinas ponedoras comerciales y gallinas reproductoras, ubicadas en el piso, normalmente con una cama de aserrín u otro material vegetal absorbente; y La pollinaza, que proviene de la actividad del engorde de pollo, realizada sobre la cama de material vegetal. (Federación Nacional de Avicultores de Colombia [FENAVI], s/f, p.7)

Tabla 3.

Caracterización de los diferentes tipos de gallinaza.

Parámetros	Gallinaza de jaula	Gallinaza de piso	Pollinaza
pH	9.0	8.0	9.50 ± 0.02
Conductividad (mS/cm)	6.9	1.6	4.1 ± 0.1
Humedad (%)	57.8	34.8	25.8 ± 0.2
Cenizas (%)	23.7	14	39 ± 3
Potasio (K ₂ O%)	1.9	0.89	2.1 ± 0.1
Carbono orgánico (%)	19.8	24.4	23 ± 5
Materia orgánica (%)	34.1	42.1	39.6 ± 8
Nitrógeno (%)	3.2	2.02	2.3 ± 0.2
Relación C/N	6.2	12.1	10.0
Fósforo (P ₂ O ₅)	7.39	3.6	4.6 ± 0.2
Microorganismos	18x10 ⁶ u.f.c./g		
6x10 ⁶ mohos/g	8x10 ⁶ u.f.c./g		
18x10 ⁶ mohos/g	-		
C.I.C (meq/100 g muestra) *	58.2	77.0	-
C.I.C (meq/100 g M.O)	226	138	125.0
Liposolubles (%)	3.0	0.96	-
Retención de agua (ml/g muestra)	1.39	0.86	-
Contenido de hidrosolubles (%)	4.1	5.5	-
Densidad aparente (g/cc)	0.57	0.27	-

Nota. Tomado de Descripción la caracterización de los diferentes tipos de gallinaza de jaula, piso y pollinaza., por Estrada, M. (2005), Revista Lasallista de Investigación, 2(1), 43-48. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520108.pdf>

Tabla 4.*Parámetros fisicoquímicos de la gallinaza.*

Descripción	Rango
pH (unidades)	8-9
Humedad (g Humedad/g M)	01-02
Sólidos Volátiles (g SV/g M)	02-04
D.Q.O (mg O ₂ /g M)	200-500
D.B. O (mg O ₂ /g M ₉)	200-400
Nitrógeno Total (mg N/g M)	3-12
Nitrógeno Amoniacal (mg NH ₃ /g M)	3-7
Fósforo (mg P/g M)	5-25
Nitratos (mg NO ₃ /g M)	2-16

Nota. Tomado de Descripción los parámetros fisicoquímicos de la gallinaza en los rangos del contenido de nitrógeno total, amoniacal y nitratos por Estrada, M. (2005), Revista Lasallista de Investigación, 2(1), 43-48. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520108.pdf>

4.1.2.1. La gallinaza no compostada y sus efectos. Dentro de los efectos que causa la gallinaza, puede causar una contaminación significativa de los recursos esenciales para la vida (agua, suelo y aire) en donde algunos autores comentan lo siguiente:

Las gallinazas mal aplicadas en los cultivos generan problemas ambientales y sanitarios; los problemas sanitarios se presentan principalmente porque a las gallinazas no se les somete a un proceso de eliminación de patógenos, lo cual puede generar la propagación de enfermedades entre las aves y contaminación de las fuentes de agua cercanas a los cultivos, afectando la salud de las personas que la utilizan y en la parte ambiental se afecta el suelo por la sobrecarga de Nitritos y Nitratos, variación del pH y presencia de patógenos, entre otros. (FENAVI, s/f, p. 8)

Finalmente, el exceso gallinaza en el suelo, puede ocasionar una disminución de oxígeno (anaerobiosis) en el medio dificultado la mineralización del nitrógeno, de otra parte, las

plantas absorben nitrógeno en cantidades mayores a las pueden asimilar, presentándose una acumulación como, por ejemplo: los nitratos que puede generar intoxicaciones en las plantas (Guaminga, 2012, p. 10)

La fitotoxicidad de un material que no haya terminado el proceso de compostaje correctamente, el nitrógeno está más en forma de amonio en lugar de nitrato. El amonio en condiciones de calor y humedad se transforma en amoniaco, creando un medio tóxico para el crecimiento de la planta y dando lugar a malos olores. Igualmente, un material sin terminar de compostar contiene compuestos químicos inestables como ácidos orgánicos que resultan tóxicos para las semillas y plantas. (Román & Pantoja, 2013, p.22)

4.1.3. Los abonos orgánicos

Los abonos orgánicos son todos aquellos materiales de origen orgánico, que se aplican a las plantas ya sea directa o indirectamente para favorecer su crecimiento y además aumentar su rendimiento, en donde mejoran la estructura del suelo. Según Docampo (2013) agrega que:

El proceso de compostaje consiste en reproducir parte del ciclo biológico natural de crecimiento y descomposición. Al morir, las plantas y los animales que de ellas se alimentan se convierten en la materia prima para el proceso de descomposición y humificación (transformación de la materia orgánica del suelo en humus) (p. 1)

4.1.3.1. Los beneficios del compostaje. Dentro de las ventajas de un buen compostaje, aparte de aumentar los rendimientos de los cultivos, se tiene beneficios en el suelo en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, las cuales son:

Mejora las propiedades físicas: Facilitando el manejo del suelo para las labores de arado o siembra, aumenta la capacidad de retención de la humedad del suelo, reduciendo el riesgo

de erosión, ayudando a regular la temperatura del suelo (temperatura edáfica) y reduciendo la evaporación del agua y regulando la humedad. (Román et al, 2013, p. 23)

Mejora las propiedades químicas: Aportando macronutrientes, como N, P, K y micronutrientes, mejora la capacidad de intercambio de cationes ya que la materia orgánica aportada supone una fuente de energía y nutrición para los microorganismos presentes en el suelo, esto beneficia enormemente a las plantas (Román et al, 2013, p. 23)

Mejora la actividad biológica: Aportando organismos (como bacterias y hongos) capaces de transformar los materiales insolubles del suelo en nutrientes para las plantas y degradar sustancias nocivas, Mejora las condiciones del suelo y aportando carbono para mantener la biodiversidad de la micro y macrofauna (lombrices). (Román et al, 2013, p. 23)

Otros beneficios complementarios del proceso de compostaje están en la reducción de malos olores producto de la pudrición y en la eliminación de vectores como insectos y ratas. También tiene una función muy importante en la eliminación de patógenos, bacterias contaminantes de alimentos, de las semillas de malezas y otras plantas no deseadas que puedan afectar el rendimiento de los cultivos. (Román et al, 2013, p. 23)

4.1.3.2. Las fases del compostaje. Por su parte, el oxígeno es fundamental para que los microorganismos puedan descomponer eficazmente la materia orgánica, se necesita un equilibrio en el aporte de oxígeno para mantener la actividad microbiana sin que aparezcan condiciones anaerobias y pasan por varias fases, las cuales son:

4.1.3.2.1. Fase Mesófila. El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. La

descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar (hasta cerca de 4.0 o 4.5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días). (Román et al, 2013, p. 23)

4.1.3.2.2. Fase Termófila o de Higienización. Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina. Estos microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco por lo que el pH del medio sube). (Román et al, 2013, p. 23)

4.1.3.2.3. Fase de Enfriamiento o Mesófila II. Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista. Al bajar de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración (Román et al , 2013, p. 24)

4.1.3.2.4. Fase de Maduración. Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos. (Román et al, 2013, p. 24)

4.1.4. El abono bokashi

El abono bokashi se ha caracterizado por estimular la vida microbiana del suelo y la nutrición de las plantas, logrando tener un aumento en rendimiento. Desde el punto de vista de Suchini (2012) señala que:

El bokashi es una excelente alternativa para aumentar la materia orgánica y regenerar la actividad microbiológica en suelos altamente degradados. Además, aporta macro y micronutrientes, necesarios para un buen crecimiento de los cultivos. Puede ser elaborado en pequeñas y grandes cantidades por los productores, dependiendo de sus condiciones económicas. (p. 25)

4.1.4.1. Las ventajas del bokashi. Según Restrepo (2007) menciona que la elaboración de este abono fermentado que es el bokashi, presenta algunas ventajas en comparación con otros abonos orgánicos. No se forman gases tóxicos ni malos olores. En donde plantea que:

- El volumen producido del abono se puede adaptar a las necesidades.
- No causa problemas en el almacenamiento y transporte.
- Desactivación de agentes patogénicos, muchos de ellos perjudiciales en los cultivos como causantes de enfermedades.
- El producto se elabora en un periodo relativamente corto (dependiendo del ambiente en 15 a 20 días).
- El producto permite ser utilizado inmediatamente después de la preparación.
- Bajo costo de producción (pp. 19-20)

4.1.4.2. Tabla nutricional del bokashi con diferentes estiércoles.

Tabla 5.

Descripción nutricional del bokashi con diferentes estiércoles.

Parámetro		BOCASHI DE VACA	BOCASHI DE CERDO.	BOCASHI DE GALLINAZA	BOCASHI DE LOMBRIZ	MM activados	MM Solidos
pH		9.10	9.00	8.20	8.90	3.30	6.70
Concentración de sales	dS.m- 1	5.91	5.70	4.37	4.25	0.99	1.08
Materia orgánica.	%	64.90	60.40	66.80	51.30	5.00	80.80
Relación de C/N	%	69.70	68.60	48.40	51.80	500.00	60.30
N	%	0.93	0.88	1.37	0.99	0.01	1.34
P ₂ O ₅	%	0.63	0.84	1.29	0.81	0.00	0.21
K ₂ O	%	2.67	2.40	1.96	1.81	0.01	0.49
Ca	%	2.57	3.13	2.43	3.90	0.01	1.82
MgO	%	0.58	0.70	0.66	0.59	0.00	0.33
B ₂ O ₃	%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	14.09
Cu	ppm	27.28	34.68	30.05	20.76	0.82	10.74
Fe	ppm	7411.00	9154.50	5628.00	11410.00	0.82	2929.00
Mn	ppm	390.30	437.05	361.80	481.60	9.89	276.60
Zn	ppm	105.80	120.95	173.85	70.86	0.76	0.00

Nota. Tomado de Tomate: evaluación de materia orgánica para su cultivo bajo condiciones de macro túnel, por López et al, (2018), Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). https://www.researchgate.net/publication/330858128_Tomate_evaluacion_de_materia_organica_para_su_cultivo_bajo_condiciones_de_macrotunel

4.1.4.3. Insumos para la elaboración del bokashi.

4.1.4.3.1. *Los microorganismos de montaña (MM).* Los microorganismos de montaña (MM) son principalmente colonias de hongos, bacterias y levaduras benéficas que se encuentran de manera natural en diferentes ecosistemas. En estos ecosistemas se genera una descomposición de materia orgánica, que se convierte en los nutrientes necesarios para el desarrollo de su flora (Fase sólida) ejemplo, bosques mixtos y latifoliados, plantaciones de café, plantaciones de bambú, entre otros). (Suchini, 2012, p.5)

López et al, (2012) menciona que dentro de los MM “se presentan básicamente tres tipos de microorganismos: bacterias fototróficas *Rhodopseudomonas spp*, bacterias ácido-lácticas *Lactobacillus spp* y levaduras *Saccharomycetes spp*” (p.30)

- **Las bacterias fototrópicas.** Son un grupo de microbios independientes y autosuficientes. Estas bacterias sintetizan sustancias útiles de secreciones de raíces, materia orgánica y/o gases dañinos (ej. ácido sulfhídrico) con el uso de luz solar y calor del suelo como fuentes de energía. Estas sustancias útiles incluyen aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, los cuales promueven el crecimiento y desarrollo de la planta. (Organización para la Investigación del EM, [EMRO], s/f, p.2)
- **Las bacterias ácido lácticas.** Tienen la habilidad de suprimir enfermedades incluyendo microorganismos como fusarium, que aparecen en programas de cultivos continuos. En circunstancias normales, especies como fusarium debilitan las plantas, exponiéndolos a enfermedades y poblaciones grandes de plagas como los nemátodos. (EMRO, s/f, p.2)
- **Las levaduras.** Sintetizan sustancias antimicrobiales y otras útiles, requeridas por las plantas para su crecimiento a partir de aminoácidos y azúcares secretados por las bacterias fototrópicas, materia orgánica y raíces de plantas. Las sustancias bioactivas como las hormonas y las enzimas producidas por las levaduras promueven la división activa celular y radical. Estas secreciones también son sustratos útiles para el EM como las bacterias ácido lácticas y actinomicetos. (EMRO, s/f, p.2)

4.1.3.1.2. El estiércol. Es la principal fuente de nitrógeno en la elaboración de los abonos orgánicos. Su aporte básico consiste en mejorar las características vitales y la fertilidad de la tierra con algunos nutrientes, principalmente con fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro, entre otros elementos. Dependiendo de su origen, puede aportar inóculo microbiológico y otros materiales orgánicos en mayor o menor

cantidad, los cuales mejorarán las condiciones biológicas, químicas y físicas del terreno donde se aplicarán los abonos (Restrepo, 2007, p.23)

Tabla 6.

Comparación de la gallinaza con otros tipos de estiércoles.

Tipo de estiércol.	Nitrógeno	Fosforo	Potasio
Estiércol de ganado bovino	1.6.	1.2	1.8
Gallinaza	3.0	3.1	1.7
Estiércol de caballo.	1.2.	0.6	0.6
Estiércol de oveja.	1.6	1.0	1.3
Estiércol de cerdo.	1.8	2.6	2.1

Nota. Adaptado de Guía para diseñar programas efectivos de fertilización, por N. Stauder de Romero, (2010), Soluciones Analíticas.

4.1.3.1.3. El Rastrojo. Este ingrediente mejora las características físicas de la tierra y de los abonos orgánicos, facilitando la aireación, la absorción de humedad y el filtrado de nutrientes. También beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica de la tierra, al mismo tiempo que estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas, así como de su actividad simbiótica con la microbiología de la rizosfera. Se puede encontrar funciones similares a la paja seca con; cascarilla de arroz, pulpa de café y restos de cosechas como maíz. (Restrepo, 2007, p.24)

4.1.3.1.4. La tierra común. La función principal es la de darle mayor homogeneidad física al abono y distribuir la humedad; esta aumenta el medio propicio para el desarrollo de la actividad microbiológica de los abonos y logra una buena 15 fermentación. Por otro

lado, funciona como una esponja, al tener la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente los nutrientes a las plantas de acuerdo con las necesidades de éstas (Restrepo, 2007, p.25)

4.1.3.1.5. *El carbón.* Mejora las características físicas del suelo con aireación, absorción de humedad y calor (energía). Su alto grado de porosidad beneficia la actividad macro y microbiológica de la tierra, al mismo tiempo, funciona con el efecto tipo "esponja sólida", el cual consiste en la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente nutrientes útiles a las plantas, disminuyendo la pérdida y el lavado de estos en el suelo. (Restrepo, 2007, p.22)

4.1.3.1.6. *El salvado de maíz o afrecho.* Favorece, en alto grado la fermentación de los abonos, esta se incrementa por la presencia de vitaminas complejas en el afrecho. Aporta activación hormonal, nitrógeno y es muy rica en otros nutrientes muy complejos cuando sus carbohidratos se fermentan, los minerales, tales como fósforo, potasio, calcio y magnesio también están presentes. El afrecho de maíz presenta funciones similares al salvado de arroz y al salvado de trigo (Restrepo, 2007, p.24)

4.1.3.1.7. *La Ceniza.* De acuerdo con lo preceptuado por Restrepo (2007) “Los agricultores la están utilizando en sustitución del Carbonato de calcio en aboneras, la principal función de esta es; regular la acidez que se presenta en los procesos de fermentación de abonos, además aportan elementos minerales útiles a la planta” (p.38)

4.1.3.1.8. *La tierra de floresta virgen y levadura.* Según Restrepo (2007) afirma “que es la fuente de inoculación microbiológica para la elaboración de los abonos orgánicos. Es el arranque de la fermentación”. (p. 23)

4.1.3.1.9. *La panela o melaza.* Es la principal fuente energética para la fermentación de los abonos orgánicos. Ayuda a la multiplicación de la actividad microbiológica; es rica en potasio, calcio, fósforo y magnesio; y contiene micronutrientes, principalmente boro, zinc, manganeso y hierro. La panela coincide en sus funciones con; la azúcar morena, la chancaca y el jugo de caña. (Restrepo, 2007, p. 39)

4.1.3.1.10. *La Leche.* Los lactobacillus son bacterias que traen muchos beneficios. Ayudan a descomponer la materia orgánica en el suelo. Esto les permite a las plantas absorber los nutrimentos, como el calcio, el fósforo y el potasio, que se encuentran en esa materia. También ayudan a eliminar los malos olores de materiales en descomposición. Además, se usan para prevenir enfermedades causadas por hongos, como por ejemplo el Fusarium en los semilleros de tomate, y la Rhizoctonia o Mal del Talluelo. Una buena práctica es agregarle Lactobacillus al compost para que este se descomponga de forma más rápida y sin olores desagradables (Quirós et al, 2004, p. 24)

4.1.3.1.11. *El agua.* Tiene la finalidad de homogeneizar la humedad de todos los ingredientes que componen el abono. Propicia las condiciones ideales para el buen desarrollo de la actividad y reproducción microbiológica, durante todo el proceso de la fermentación cuando se están elaborando los abonos orgánicos. (Restrepo, 2007, p. 26)

4.1.4.4. Factores que afectan el proceso de elaboración de bokashi. Entre los principales factores que afectan el proceso de la elaboración de los abonos orgánicos fermentados se destacan:

4.1.4.4.1. *La temperatura.* Está en función del incremento de la actividad microbiológica del abono, que comienza después de la etapa de la mezcla de todos los

ingredientes. Aproximadamente, después de catorce horas de haberlo preparado, el abono debe presentar temperaturas que pueden superar fácilmente los 50 °C, lo que es una buena señal para continuar con las demás etapas del proceso. La actividad microbiológica puede ser perjudicada por la falta de oxigenación y el exceso o escasez de humedad. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2011, p. 3)

4.1.4.4.2. El pH (acidez). La elaboración de este tipo de abono requiere que el pH oscile entre un 6 y un 7,5, ya que los valores extremos inhiben la actividad microbiológica durante el proceso de la degradación de los materiales. Sin embargo, al inicio de la fermentación el pH es bien bajo, pero gradualmente se va autocorrigiendo con la evolución de la fermentación o maduración del abono. (FAO), 2011, p. 3)

4.1.4.4.3. La aireación. La presencia del oxígeno o una buena aireación es necesaria para que no existan limitaciones en el proceso aeróbico de la fermentación del abono. Se calcula que como mínimo debe existir de un 5% a un 10% de concentración de oxígeno en los macro poros de la masa. Sin embargo, cuando el microporo se encuentra en estado anaeróbico (sin oxígeno) debido a un exceso de humedad, ello puede perjudicar la aireación del proceso y, en consecuencia, se obtiene un producto de mala calidad (FAO), 2011, p. 3)

4.1.4.4.4. El tamaño de las partículas de los ingredientes. La reducción del tamaño de las partículas de los componentes del abono puede presentar la ventaja de aumentar la superficie para su descomposición microbiológica. Sin embargo, el exceso de partículas muy pequeñas puede llevar fácilmente a una compactación que favorece el desarrollo de un proceso anaeróbico, lo que no es ideal para obtener un buen abono orgánico fermentado. (FAO), 2011, p. 3)

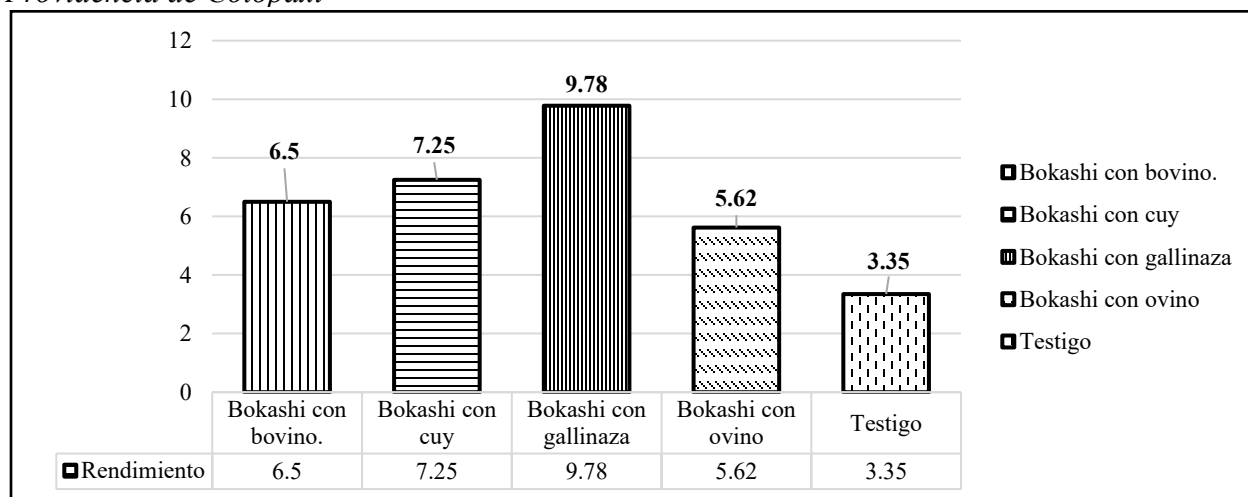
4.2. Marco referencial o estado del arte

4.2.1. Investigaciones internacionales

Usúño (2014) realizó la investigación nombrada “Evaluación de cuatro abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de papa *Solanum tuberosum* L. en el sector San Pablo, Parroquia Mulalillo, cantón Salcedo, Providencia de Cotopaxi”, en la cual utilizó un diseño bloques completos al azar. Los tratamientos consistieron en 20 t/ha de bokashi con estiércoles de gallinaza, cuy, bovino, ovino y el testigo. Las variables de respuesta fueron los días de germinación, altura de planta, días de floración, días a la cosecha, rendimiento por tratamientos kg/ha y el número de tubérculos por planta.

Figura 2.

*Rendimiento en Kg/ha “Evaluación de cuatro abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de papa *Solanum tuberosum* L. en el sector San Pablo, Parroquia Mulalillo, cantón Salcedo, Providencia de Cotopaxi”*



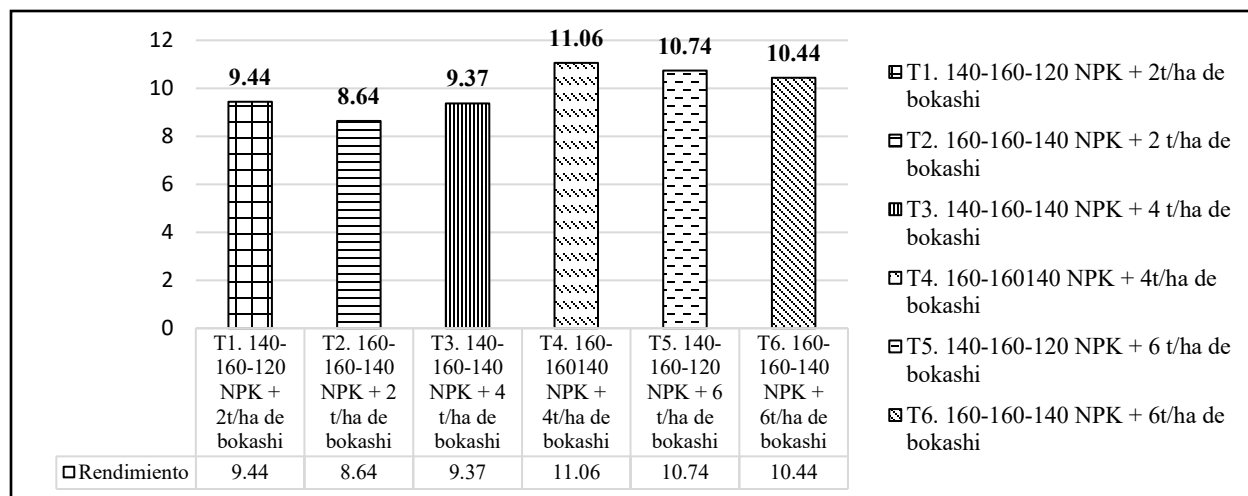
Nota. Adaptado con datos de Evaluación de cuatro abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de papa *Solanum tuberosum* en el sector San Pablo, Parroquia Mulalillo, cantón Salcedo, Providencia de Cotopaxi, por S. Usúño Quisaguano, (2014), Universidad de Loja. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/6017>

En cuanto el parámetro de rendimiento, el tratamiento T4, que es el bokashi con gallinaza. Obtuvo mejores rendimientos con un promedio de 9.78 kg/ha comparación al testigo que su resultado fue de 3.35 que ocupó el último lugar.

Cristóbal, et al (2014) realizaron una investigación titulada: “Respuesta de dos dosis de fertilización y tres niveles de bokashi en el rendimiento del cultivo de la papa *Solanum tuberosum* (L.) en el distrito de Yanahuanca – provincia de Daniel Carrión”, en la cual utilizaron un diseño bloques Completos azar con arreglo factorial de 3*2, (3A 2B), con tres repeticiones y seis tratamientos. Los tratamientos consistieron en la variedad Yungay y la dosis de Bokashi fueron: 2 t/ha (140 g/planta), 4 t/ha (280 g/planta), 6 t/ha (320 g/planta) y las dosis de abonamiento de 140-160-120 de NPK (21 g/planta) y 160-160-140 de NPK (30 g/planta). Las variables evaluadas fueron: número de tallos, altura de la planta, días de floración, peso en tubérculo en planta, rendimiento por unidad experimental y por hectárea.

Figura 3.

Rendimiento en Kg “Respuesta de dos dosis de fertilización y tres niveles de bokashi en el rendimiento del cultivo de la papa Solanum tuberosum L. en el distrito de Yanahuanca – provincia de Daniel Carrión”



Nota. Adaptado con datos de Respuesta de dos dosis de fertilización y tres niveles de bokashi en el rendimiento del cultivo de la papa *Solanum tuberosum* L. en el distrito de Yanahuanca – provincia de Daniel Carrión, por Cristóbal Robles & B. Leandro Cervantes, (2014), Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/79/1/T026_44575499T.pdf

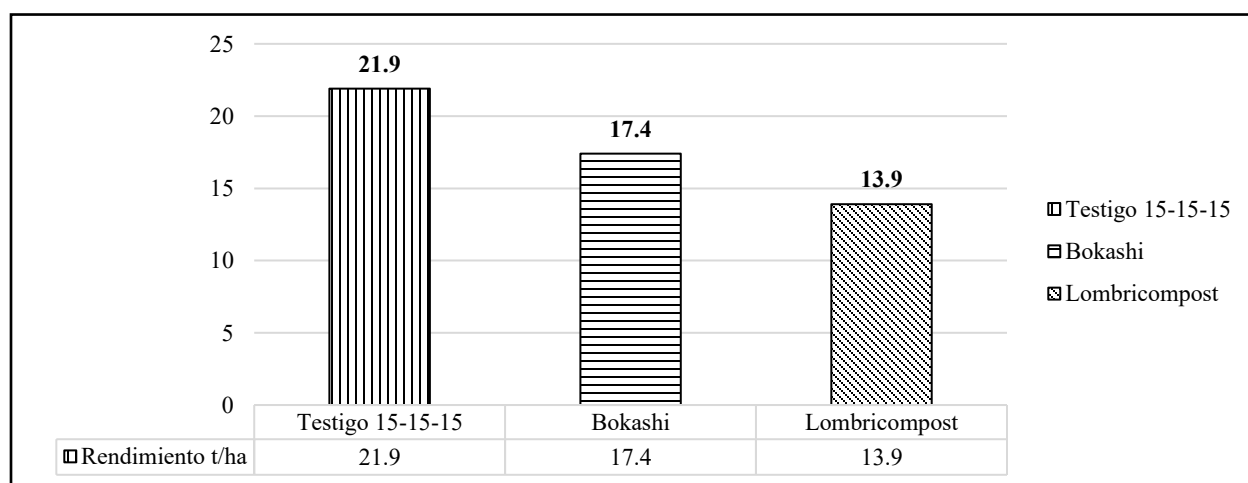
El tamaño de la planta no solo se manifestó en el mayor número de tubérculos por planta, si no en el mayor peso de tubérculos por tratamiento. Los tratamientos T4 y T5, presentaron los

mejores rendimientos estadísticamente. En ambos tratamientos, el estiércol utilizado para la elaboración del bokashi fue Gallinaza de aves y estiércol de bovino.

Gómez (2017) realizó la investigación: "Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica, sobre la productividad en el cultivo de papa criolla *Solanum phureja* L. en la finca Santo Domingo - municipio de la Calera – Cundinamarca", con el fin de evaluar el efecto de la aplicación de dos fertilizantes orgánicos (bokashi (FB) y humus de lombriz (TL)) y uno inorgánico (15-15-15 (TQ)). Durante la fase experimental, se aplicó una fertilización al momento de la siembra y otros 45 días después, en el aporque, utilizando las siguientes cantidades: 100g de humus de lombriz, 100g de bokashi y 40g de 15-15-15 en las dos aplicaciones. Las variables que se midieron durante la investigación fueron: a) tamaño de tubérculo, b) rendimiento del cultivo, c) costos de producción.

Figura 4.

*Rendimiento en T/ha "Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica, sobre la productividad en el cultivo de papa criolla *Solanum phureja*, en la finca Santo Domingo - municipio de la Calera – Cundinamarca"*



Nota. Adaptado con datos de Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre la productividad en el cultivo de papa criolla *Solanum phureja*, en la finca Santo Domingo - municipio de la Calera - Cundinamarca, por A. Gómez García, (2017), Universidad de Cundinamarca. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/2729/EFEECTO%20DE%20LA%20FERTILIZACION%20ORGANICA%20E%20INORGANICA%20SOBRE%20LA%20PRODUCTIVIDAD%20EN%20EL%20CULTIVO%20DE%20PAPA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Los resultados fueron: 13.967,5 kg (13.9 t) utilizando humus de lombriz, 17.425 kg (17.4 t) con el bokashi y 21.937,5 kg (21.9 t) con el 15-15-15, calidad primera, calidad segunda, en donde Gómez (2017) cito a MADR (2017) donde reportaron que para el año 2014, el rendimiento del cultivo de papa criolla fue de 15,06 t/ha en el departamento de Cundinamarca en la cual si hay diferencia en rendimiento al utilizar el bokashi y los fertilizantes químicos.

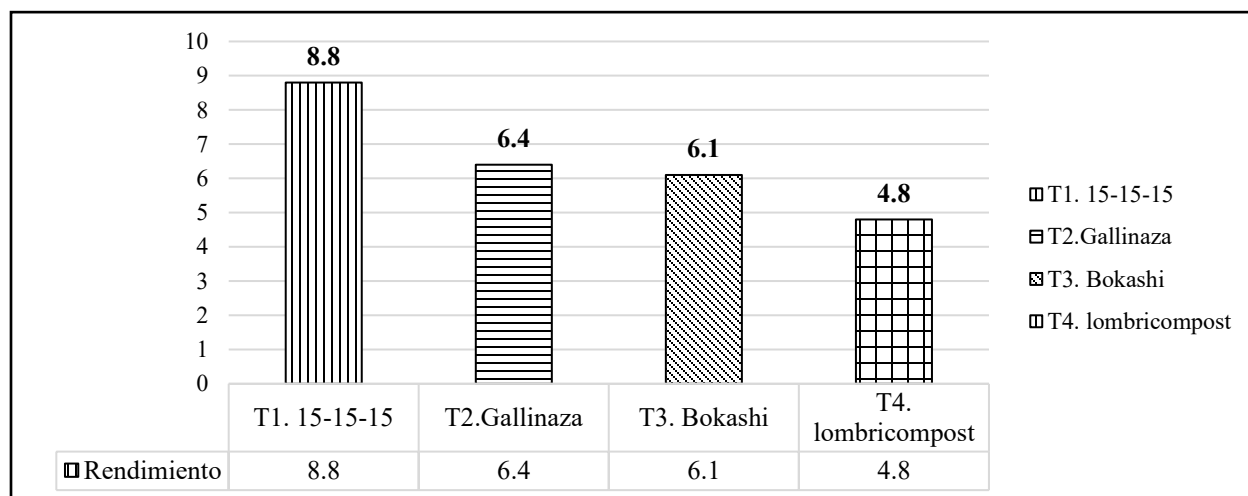
4.2.2. Investigaciones Nacionales.

A nivel nacional, se han realizado varias investigaciones en la fertilización sobre el uso de diferentes tipos de abonos orgánicos, comparándolos con el bokashi en diversos cultivos, y evaluando el rendimiento de cada uno de ellos.

Jerónimo (2012) realizó la investigación titulada “Evaluación de tres abonos orgánicos, en el cultivo de pepino *Cucumis sativus* L. en el caserío Sangre de Cristo, municipio de Cubulco, departamento de Baja Verapaz” se utilizó el diseño bloques completos al Azar. Los tratamientos fueron: T1 15-15-15 y 46-0-0, T2. Gallinaza, T3. Bokashi, T5. Lombricomposta. Las variables de respuesta fueron: rendimiento total de la producción en t/ha, la calidad de frutos clasificados por tamaño: grande, mediano y pequeño (según su longitud en metros) expresada en peso (t/ha) y el análisis económico por medio del método de presupuestos parciales.

Figura 5.

*Rendimiento en T/ha Evaluación de tres abonos orgánicos, en el cultivo de pepino **Cucumis sativus** L. en el caserío Sangre de Cristo, municipio de Cubulco, departamento de Baja Verapaz”*



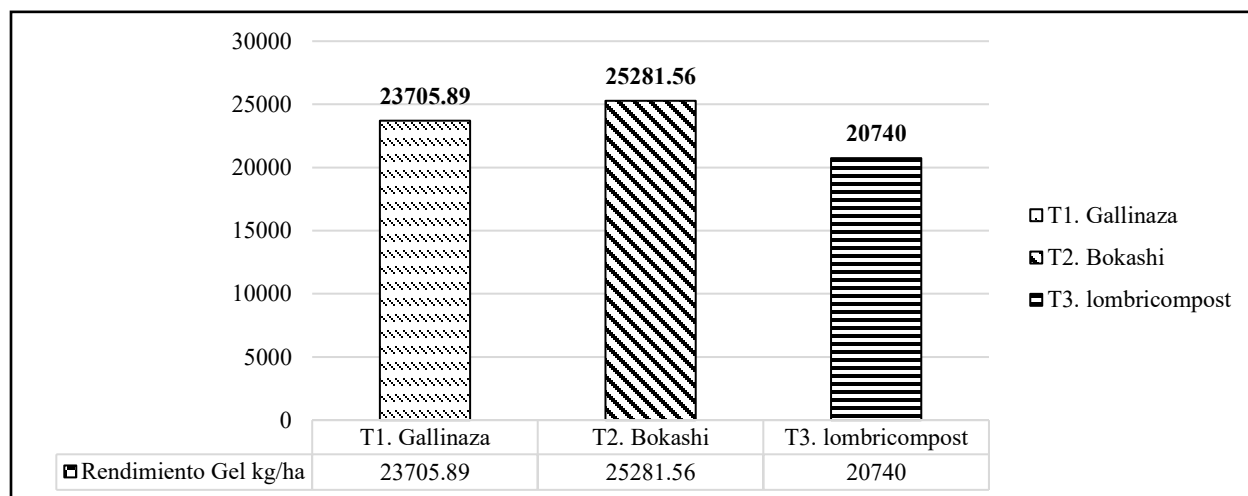
Nota. Adaptado con datos de Evaluación de tres abonos orgánicos en el cultivo de pepino **Cucumis sativus** L. en el caserío Sangre de Cristo, municipio de Cubulco, departamento de Baja Verapaz, por Jerónimo, (2012), Universidad de San Carlos de Guatemala. <https://www.cytacunoc.gt/wp-content/uploads/2017/10/Enriquez-Jeronimo-Ligia-Malvina-2012.pdf>

En su recomendación menciona que la utilización de abonos Bokashi y Gallinaza, como alternativa de producción para los agricultores interesados en iniciar un proceso de transferencia de la fertilización química a orgánica mostró los mejores rendimientos en la producción, después del testigo químico. Esto, siempre y cuando se realicen las aplicaciones adecuadas, satisfaciendo las demandas nutricionales del cultivo.

Véliz (2014) comparó el “Efecto de tres abonos orgánicos sobre el rendimiento y precocidad de la cosecha en el cultivo de sábila en Guastatoya” Se utilizó el diseño bloques completamente al azar bifactorial. Los tratamientos aplicados fueron: gallinaza, bokashi y lombricomposta, con diferentes dosis (3,700, 4,364 y 4,900 kg/ha). La variable de medida fue el rendimiento en gel kg/ha del cultivo de sábila.

Figura 6.

Rendimiento gel kg/ha. “Efecto de tres abonos orgánicos sobre el rendimiento y precocidad de la cosecha en el cultivo de sábila en Guastatoya”



Nota. Adaptado con datos de Efecto de tres abonos orgánicos sobre el rendimiento y precocidad de la cosecha en el cultivo de sábila, por H. R. Véliz, (2014), Universidad de San Carlos de Guatemala. <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/09/Veliz-Hector.pdf>

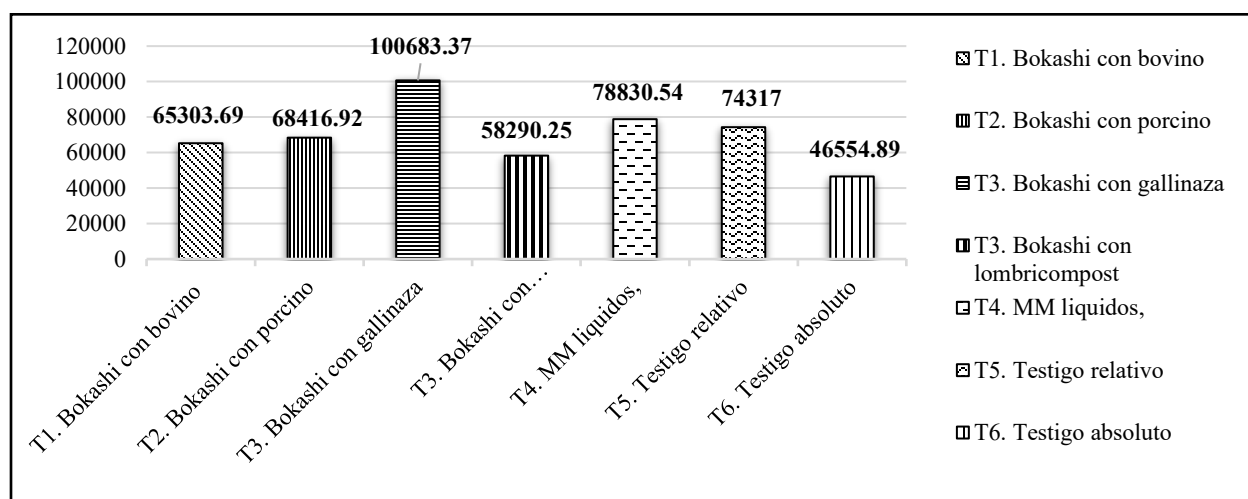
Se puede observar que el mejor tratamiento fue la aplicación del abono orgánico bokashi, que alcanzó un rendimiento de 25,281.56 kg/ha de hojas de sábila. Con este tratamiento, se logró obtener un 62.65% de peso de gel sobre el peso bruto de hojas de sábila. Asimismo, se puede notar un incremento del 14.3% y 21.9% de los abonos lombricomposta y bokashi, respectivamente, en comparación con el rendimiento de gallinaza, que fue de 20,740 kg/ha.

El bokashi, al incorporar microorganismo de montaña MM, es una de las prácticas más aceptadas y utilizadas por productores de hortalizas en la actualidad. Este aumento en el uso de este abono orgánico con la nueva tecnología ha sido respaldado por varias investigaciones.

López et al (2012) realizaron la investigación titulada “Tomate: evaluación de materia orgánica para su cultivo bajo condiciones de macro túnel, en dos localidades del departamento de San Marcos”. Utilizaron un diseño de bloques completamente al azar. Los tratamientos consistieron en bokashi con estiércol de bovino, gallinaza.

Figura 7.

Rendimiento kg/ha. Tomate: Evaluación de materia orgánica para su cultivo bajo condiciones de macro túnel, en dos localidades del departamento de San Marcos.



Nota. Adaptado con datos de Tomate: evaluación de materia orgánica para su cultivo bajo condiciones de macro túnel, en dos localidades del departamento de San Marcos, por López et al, (2018), Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria. <https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Informes%20Finales%20IICACRIA%202020/8%20TOMATE%20OCCIDENTE/Mat%20Organica-CUSAM B%20L%C3%B3pez/TomateMateriaOrg%C3%A1nica EduardoBenjam%C3%ADn.pdf>

El tratamiento C (bokashi de gallina), fue significativamente superior a los demás tratamientos excepto al E (microorganismos de montaña), teniendo rendimientos de: 100 683.37 kg/ha. Asimismo, el tratamiento E (microorganismos de montaña) al tratamiento G (testigo absoluto) mostrando rendimientos de 79,830.54 kg/ha.

V. Objetivos.

5.1. Objetivo general.

Evaluar el efecto de las dosis del abono bokashi con microorganismos de montaña (MM), en el rendimiento en el cultivo de papa *Solanum tuberosum* L. variedad loman.

5.2. Objetivos específicos.

1. Determinar el efecto de diferentes dosis de abono bokashi con MM en el número de tubérculos por planta en el cultivo de papa.
2. Evaluar el rendimiento del cultivo de papa en kilogramos por hectárea (kg/ha) en respuesta a la aplicación de distintas dosis de bokashi con MM.
3. Establecer la distribución del rendimiento en función de la calidad comercial del tubérculo según su peso bajo diferentes tratamientos de bokashi con MM.
4. Estimar la rentabilidad económica de cada tratamiento con dosis de bokashi con MM, en función del rendimiento obtenido y los costos de producción.

VI. Hipótesis.

1. Ho. Ninguno de los tratamientos presentará diferencia estadística significativa en relación con el número de tubérculos respecto al testigo.

1. Ha. Al menos uno de los tratamientos presentará diferencia estadística significativa en relación con el número de tubérculos respecto al testigo.

2. Ho. Ninguno de los tratamientos presentará diferencia estadística significativa en relación con el rendimiento en kg/ha respecto al testigo.

2. Ha. Al menos uno de los tratamientos presentará diferencia estadística significativa en relación con el rendimiento en kg/ha respecto al testigo.

3. Ho. Ninguno de los tratamientos presentará diferencia estadística significativa en relación con el rendimiento de acuerdo con la calidad en peso de los tubérculos respecto al testigo.

3. Ha. Al menos uno de los tratamientos presentará diferencia estadística significativa en relación con el rendimiento de acuerdo con la calidad en peso de los tubérculos respecto al testigo.

4. Ho. Ninguno de los tratamientos presentará diferencia con relación a la rentabilidad económica.

4. Ha. Al menos uno de los tratamientos presentará diferencia con relación a la rentabilidad económica.

VII. Metodología.

7.1. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo experimental, ya que se manipuló deliberadamente la variable independiente (las dosis de bokashi con microorganismos de montaña) para observar su efecto sobre variables dependientes como el rendimiento y calidad del cultivo de papa y establecer la mejor dosis.

7.2. Enfoque de la investigación

El enfoque de la investigación fue cuantitativo, ya que se recopilaron y analizaron datos numéricos mediante técnicas estadísticas (ANDEVA, Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks y las pruebas de comparación de medias de tukey). Esto permitió medir objetivamente el efecto de los tratamientos sobre el rendimiento, calidad y rentabilidad del cultivo de papa.

7.3. Recursos físicos, humanos e institucionales

7.3.1. Recursos humanos

- ✓ Tesista.
- ✓ Asesor principal y adjunto del CUSAM.

7.3.2. Descripción de los recursos físicos, insumos y equipo de oficina

Tabla 7.

Descripción de los recursos físicos, insumos y equipo de oficina.

Recursos físicos.	Insumos.	
Azadones.	Semilla de papa.	Tierra virgen.
Guantes de hule.	2 cuerdas de terreno.	Cal agrícola.
Bomba de mochila.	Gallinaza no compostada.	Insecticidas.
Pita rafia.	Toneles de 200 litros	Fungicidas.
Reglas de madera.	Arpillas.	Bactericidas.
Rótulos de madera.	Agua.	Foliares.
Manta vinílica.	Costales blancos	MM montaña sólidos y líquidos.
Costales rojos arpías.	Carbón vegetal.	Equipo de oficina
Equipo de fumigación.	Rastrojo de maíz.	Libreta de campo.
Bolsas ziploc.	Afrecho.	Balanza digital.
Pala de punta.	Melaza de caña o panela.	Cuaderno de registro.
Cubeta.	Levadura.	Calculadora.

Nota. Se describen los recursos físicos, insumos y equipo de oficina que se utilizarán para la realización de la investigación.

7.4. Localidad y época

La investigación fue desarrollada en el departamento de San Marcos, específicamente en el caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio y cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos. El periodo de ejecución parte de los años 2024 y 2025.

7.4.1. Descripción de las localidades donde se ejecutó la investigación

7.4.2. Caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez.

7.3.1.1. Localización. El caserío se encuentra localizado en la parte sur de la cabecera municipal, a una altitud de 2,350 metros sobre el nivel del mar, a una latitud, de 14° 56' 53" y su longitud es de 91° 43' 46".

7.3.1.2. Temperatura. La temperatura mínima es de 5°C y una máxima de 24°C durante el año teniendo una temperatura media de 15°C.

7.3.1.3. Suelos. Los suelos corresponden al grupo de la altiplanicie central y al sub-grupo B. Según la profundidad de estos, la serie de suelos que se encuentra presente es la de Quetzaltenango, que tiene un material madre de ceniza volcánica intemperizada. El relieve es suavemente inclinado drenaje interno bueno, el suelo superficial es de color café oscuro, con una textura franco-arenosa fina y un espesor aproximado de 50 a 75 centímetros. El subsuelo tiene una textura franco-arenosa fina y un espesor aproximado de 100 centímetros, la fertilidad es alta.

7.3.1.4. Uso actual del suelo. En su mayoría la tierra es usada para el cultivo de hortalizas (coliflor, lechuga, brócoli, papa, zanahoria, rábano, acelga, flores, etc.) puesto a que es la mayor fuente de ingreso económico de las familias que poseen riego, pero también se cultiva el maíz en asocio con frijol, haba en lugares donde no hay riego, pero cuando se levantan los diferentes cultivos los terrenos lo utilizan para pastar animales.

7.3.1.5. Precipitación Pluvial. Es de 2,138mm anuales.

Figura 8.

Localización del caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez.



7.4.3. *El cantón los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos.*

7.4.3.1.1. **Localización.** la latitud norte 15°55'00" y en la longitud oeste 91°12'00". Su altitud es de 2800 msnm.

7.4.3.1.2. **Precipitación pluvial.** Es de 2,200 mm. con un promedio de 142 días lluviosos en el año, una humedad relativa media de 83%.

7.4.3.1.3. **Temperatura.** Están en un rango de 12 y 19°C. El viento es fuerte en los meses de febrero, marzo y abril, y moderados en los meses de mayo a enero, esto es característico de las comunidades que se sitúan en la parte alta de la cabecera municipal.

7.4.3.1.4. Suelos. En este grupo se catalogan los suelos con textura arcillosa, rocosa bien marcada, topografía con pendiente fuerte.

7.4.3.1.5. Uso actual del suelo. En su mayoría la tierra es usada para el cultivo de papa, maíz, haba y avena, puesto a que es la mayor fuente de ingreso económico de algunas familias que poseen riego. El agricultor ha distribuido su tierra en la siguiente forma: un 60% en el área de cultivo, un 30% destinada para el área de bosque y crianza de animales y un 10% para la vivienda.

Figura 9.

Localización del cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos.



7.5. Diseño Experimental

El diseño utilizado fue el de bloques completos al azar, ya que los lugares donde se estableció la investigación presentaban una gradiente de pendiente. De esta manera, se establecieron 5 tratamientos con 4 repeticiones.

7.5.1. Modelo estadístico

El modelo estadístico que se utilizará es el siguiente:

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}$$

En donde:

- a. Y_{ij} = Variable de respuesta (Número de tubérculos por planta, rendimiento kg/ha y el rendimiento de acuerdo con la calidad en peso del tubérculo) de la ij-ésima unidad experimental.
- b. U = Medias general de la variable de respuesta.
- c. T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento (Dosis del abono bokashi con MM) en la variable dependiente
- d. B_j = Efecto del j-ésimo bloque
- e. E_{ij} = Error experimental asociado de la ij-ésima unidad experimental

7.6. Variables de respuesta

7.6.1. Número de tubérculos por planta

Se contó la cantidad total de tubérculos producidos por planta de cada parcela neta y en cada una de las localidades. Esta variable es de tipo cuantitativo discreto, ya que representa un conteo numérico.

7.6.2. Rendimiento en Kg/ha.

Se pesaron todos los tubérculos producidos por cada una de las plantas en cada una de las unidades experimentales. El pesaje se realizó con una balanza digital, y luego, mediante proporcionalidad se determinó la producción por hectárea, expresándose en kg/ha. Esta variable es de tipo cuantitativo continuo, ya que se expresa mediante una medida numérica.

7.6.3. Rendimiento kg/ha según de acuerdo con la calidad en peso del tubérculo

Después se clasificaron cada uno de los tubérculos según su peso con una balanza analítica: primera (peso igual o mayor a 100 gramos), segunda (entre 40 y 99 gramos) y tercera de (menor a 40 gramos) y se expresó en kg/ha en cada una de las localidades. Esta variable es de tipo cuantitativo continuo, basadas en rangos de peso. (Ver anexo, 7)

7.7. Tratamiento

Durante las entrevistas se determinó que la dosis de gallinaza no compostada que utilizan es de 6.50 t/ha, esta información sirvió para tomar una referencia para calcular las otras dosificaciones y contemplando las recomendaciones y los resultados de investigaciones.

Tabla 8.

Descripción de los tratamientos y dosis que fueron evaluadas en el cultivo de papa.

Número de tratamiento	Identificación	Dosis	Etapas de aplicación.	Niveles en kg/ha	Kg/unidad experimental 4.40m ²	Kg/surco
Tratamiento 1	Testigo relativo Gallinaza	6.50 t/ha	Siembra	6,500	2.86	0.715
Tratamiento 2	Bokashi con MM	9 t/ha	Siembra	9,000	3.96	0.99
Tratamiento 3	Bokashi con MM	12 t/ha	Siembra	12,000	5.28	1.32
Tratamiento 4	Bokashi con MM	15 t/ha	Siembra	15,000	6.6	1.65
Tratamiento 5	Bokashi con MM	18 t/ha	Siembra	18,000	7.92	1.98

Nota. Se describen los tratamientos que se utilizaron y la dosis en cada unidad experimental, se codificaron cada uno de los tratamientos con un número. Las aplicaciones del bokashi fueron de acuerdo a las recomendaciones de uso de los productores de papa cuando aplican gallinaza no compostada.

7.7.2. Información de cada una de las parcelas

- Ancho de la parcela experimental: 16.50 m
- Largo de la parcela experimental: 11.80 m
- Área total de la parcela experimental: 194.70 metros²
- Número de unidades experimentales: 20
- Distanciamiento entre surco: 0.65 m
- Distanciamiento entre planta: 0.25 m
- Número de surcos: 4
- Plantas por surcos: 10
- Separación entre bloque: 0.5 metro
- Número de plantas por unidad experimental: 40 plantas
- Número total de plantas. 800 plantas.

7.8. Manejo del experimento

7.8.1. Colecta, incubación y activación de los microorganismos de montaña y la elaboración del bokashi

Todos estos procedimientos están descritos en los anexos. (Ver anexo 8,9 y 10)

7.8.2. Toma de muestra de cada uno de los tratamientos

Se tomó una muestra de 0.5 kg de cada una de las fuentes orgánicas y se llevó al laboratorio de suelos llamando Suelo Planta y Agua (SUPLA) "Nuestra Tierra" para conocer los parámetros físico-químicos del bokashi con microorganismo de montaña y la gallinaza no compostada.

7.8.3. Toma de muestreo de suelos

El primer muestreo se realizó con el objetivo de diagnosticar la fertilidad del suelo. Este muestreo se llevó a cabo tres días antes de la siembra, utilizando la técnica del zig-zag para tomar las submuestras. La profundidad fue de 0.30 metros, con un total de 20 submuestra. Posteriormente, las submuestras se homogenizaron en un recipiente plástico, formando una muestra compuesta. Finalmente, se tomó 0.5 kilogramos de suelo, que se colocó en una bolsa ziploc, se identificó debidamente y se envió al laboratorio. (Ver anexo 1, figura 20)

El segundo muestreo se realizó tres días después de la cosecha en cada una de las unidades experimentales. Se tomaron 4 submuestras por unidad experimental de cada una de las dosis evaluadas: 6.5, 9,12,15, y 18 t/ha. Estas submuestras se homogenizaron en un recipiente plástico, y se tomó 0.5 kg de suelo, el cual se colocó en una bolsa ziploc, se rotuló con la información correspondiente y se envió al mismo laboratorio mencionado. Posteriormente, se compararon los parámetros físico-químicos del suelo después de la aplicación del bokashi con MM y la gallinaza. (Ver anexo1, figura 21) (Ver anexo 2 y 3)

7.8.4. Compra de la semilla

Se adquirió semilla que tuviera de 5 a 6 brotes, y un peso de entre 40 y 99 gramos, con uniformidad en su tamaño (redonda u ovalada), adecuada madurez fisiológica y libre de plagas y enfermedades. (Ver anexo1, figura 22)

7.8.5. Preparación del terreno

Los suelos de las parcelas se prepararon adecuadamente antes de la siembra. Se realizó el barbecho a una profundidad de 0.30 m, quedando el suelo bien mullido. (Ver anexo1, figura 23)

7.8.6. Trazado en el terreno

Con base al croquis de campo, se realizó la medición utilizando una cinta métrica, delimitando todas las unidades experimentales. En cada una de ellas se identificaron los tratamientos, bloques y las repeticiones con rótulos de madera. (Ver anexo 1, figura 24)

7.8.7. Siembra

La siembra se realizó de forma manual. Se abrieron surcos a una profundidad 0.25 m, y antes de la colocación de los tubérculos, se aplicaron los tratamientos ya compostados con las dosis descritas a la tabla 8, cal dolomítica 50% CaCO_3 + 35% MgCO_3 con dosis de 0.80 kg en cada unidad experimental. Se colocaron los tubérculos con las medidas de 0.25 m entre planta y entre surco será de 0.65 m. Finalmente, se aplicaron los fungicidas, bactericidas y nematicidas y se procedió a tapar los surcos. (Ver anexo 1, figura 25)

7.8.8. Aplicación de los tratamientos

La primera aplicación de los tratamientos se realizó al momento de la siembra al fondo del surco con las diferentes dosis descritas, las cuales son: 9,12,15 y 18 t/ha de abono tipo bokashi con MM y 6.50 t/ha de gallinaza no compostada que fue el testigo relativo en cada unidad experimental. (Ver anexo 1, figura 26)

A los 28 días después de la germinación, se realizó un picado con el fin de que el sistema radicular del cultivo de papa se desarrollara favorablemente.

7.8.9. Nutrición

La fertilización química se realizó dos aplicaciones y fueron antes de la calza, la primera aplicación fue a los 31 días después de la germinación, utilizando un fertilizante de mezcla química con la fórmula 15-15-15 con una dosis de 782.23 kg/ha, con una dosis por planta de 15 gramos/planta.

La segunda aplicación fue a los 38 días después de la germinación, utilizando un fertilizante de mezcla química con la fórmula de 12 – 11 – 18 + 2.0 MgO con una dosis de 1,308.00 kg/ha, con una dosis de 25 gramos/planta, y se aplicó a las unidades experimentales a cada una de las plantas. (Ver anexo 1, figura 27)

Se realizó una fertilización foliar semanalmente, posterior a la emergencia con un fertilizante foliar completo.

7.8.10. Control de plagas y enfermedades

Para el control del nematodo dorado *Globodera spp*, se utilizó fluopyram durante la etapa de siembra.

En el manejo de mosca del minador *Liriomyza huidobrensis*, paratrioza *Bactericera cockerelli* y mosca blanca *Bemisia tabaci*, se emplearon neonicotinoides, específicamente thiamethoxam.

Para el control de la palomilla de la papa *Phthorimaea operculella*, se realizaron tratamientos con insecticidas organofosforados, particularmente chlorpyrifos.

El tizón tardío *Phytophthora infestans* fue tratado mediante la utilización de fungicidas del grupo de los ditiocarbamatos, cloronitrilos y mancozeb.

Para el manejo de la peca bacteriana *Ralstonia solanacearum*, se incorporaron aplicaciones de sulfato de gentamicina en combinación con clorhidrato de oxitetraciclina.

Adicionalmente, se priorizó la rotación de ingredientes activos como estrategia para prevenir el desarrollo de resistencia por parte de los organismos fitopatógenos (Ver anexo 1, figura 28)

7.8.11. Riego

No se utilizó ningún sistema de riego, porque el establecimiento de la investigación fue en la época de lluvia.

7.8.12. Aporque

Consistió en adicionar suelo hacia el tallo y amontonarse junto a las plantas hasta formar un camellón. Se realizó 40 días después de la siembra, con el fin de evitar el acame de la planta y para el proceso de tuberización. (Ver anexo 1, figura 29)

7.8.13. Defoliación

Esta práctica se realizó a los 110 días después de la siembra, cuando los tubérculos alcanzaron el tamaño deseado. Se realizó un muestreo para determinar la madurez de los tubérculos. La práctica consistió en cortar el follaje de las plantas del cultivo de papa de manera manual con machete. (Ver anexo 1, figura 30)

7.8.14. Cosecha

Después de la eliminación del follaje, se verificó si los tubérculos se pueden cosechar (esto se comprobó al frotar la epidermis con las yemas de los dedos y observar si no desprendía). Se realizó manualmente utilizando un azadón, teniendo cuidado de no provocar daños mecánicos a los tubérculos. (Ver anexo 1, figura 31)

7.8.15. Toma de datos

Se evaluaron en cada una de las unidades experimentales el número de tubérculos, los cuales fueron tomados en la parcela neta, así como el rendimiento en kg/ha y el rendimiento por calidad en peso de primera, segunda y tercera cada uno de los tubérculos, los resultados, fueron en toda la unidad experimental. Los resultados en los registros de cada tratamiento y repetición. (Ver anexo 1, figura 32)

7.9. Análisis de la información

Para determinar la existencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos, se desarrolló el análisis de varianza (ANDEVA) correspondiente al modelo bloques completos al azar y se utilizó el paquete estadístico Infostat 2020[®]. Cuando fue necesario, se utilizó la prueba de medias de tukey al 0.05%, para determinar cuál de los tratamientos presentó el mejor resultado.

7.10. Análisis Económico

Se determinó a partir de la relación entre el beneficio neto y la inversión total inicial multiplicada por 100.

$$\text{Retorno de la inversión (ROI)} = \frac{\text{GANANCIA BRUTA} - \text{INVERSION TOTAL}}{\text{INVERSION TOTAL}} \times 100$$

Siendo:

ROI. Retorno de la inversión

Ganancia bruta. Es el dinero que obtiene de la venta de la producción de papa.

Inversión total. Es la suma de todos los gastos necesarios para producir papa en un área determinada.

VIII. Resultados y discusión.

8.1. Resultados de las variables dependientes que fueron evaluadas.

Las variables dependientes de la investigación fueron las siguientes:

- a) El número de tubérculos por planta.
- b) Rendimiento en kg/ha.
- c) Rendimiento en kg/ha por la calidad de peso de primera, segunda y tercera.
- d) Los costos de producción de cada uno de los tratamientos evaluados en las localidades.

Se detalla a continuación los principales resultados obtenidos para cada una de las variables; teniendo en cuenta cada una de las localidades donde se realizó la investigación. Para el análisis numérico se utilizó el paquete estadístico Infostat 2020[®].

8.2. Resultados del número de tubérculos por planta.

8.2.1. Localidad 1. Caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez

Previo a realizar el Análisis de varianza (ANDEVA), se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para la variable del número de tubérculos por planta con una muestra de 20 datos. La presente tabla 9, el estadístico W fue 0.92 y el valor de p fue 0.2364.

Tabla 9.

Prueba de normalidad aplicada a la variable número de tubérculos por planta.

Variable.	N	Media	D.E	W*	P (Unilateral D)
Número de tubérculos por planta.	20	11.00	0.88	0.92	0.2364.

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión 2,020.

Dado que $p = 0.2364$ es mayor que 0.05^{12} , la cual se aceptó la hipótesis nula de normalidad. Esto indica que los datos de dicha variable presentan una distribución normal. Posteriormente, se le realizó el análisis de varianza ANDEVA a los datos obtenidos en las diferentes unidades experimentales.

Tabla 10.

Análisis del ajuste del modelo de varianza para la variable del número de tubérculos por planta.

Variable.	N	R ²	R ² Aj	C.V
Número de tubérculos por planta.	20	0.85	0.76	3.93

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020.

El análisis del número de tubérculos por planta mostró un buen nivel de ajuste, con un valor de 0.76 en una escala de 0 a 1, lo que indica que los datos tienen un alto grado de confianza, al estar por encima del 50%. Además, el coeficiente de variación (CV) fue de 3.93%, un valor considerablemente menor al 30%, que es el límite generalmente aceptado para experimentos de campo agrícolas. Esto confirma que los datos recolectados en campo fueron precisos y que la investigación se llevó a cabo de manera adecuada.

En consecuencia, se presenta el análisis de varianza (Suma de cuadrados tipo III), el cual permitió verificar las hipótesis planteadas para la variable relacionada con los tratamientos evaluados.

¹² Si $p > 0.05$ los datos sí son normales y si el $p \leq 0.05$ los datos no son normales.

Tabla 11.

Análisis del ajuste del modelo de varianza para la variable del número de tubérculos por planta.

F.V	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12.64	7	1.81	9.69	0.0004
Tratamiento	12.13	4	3.03	16.26	<0.0001
Bloque	0.52	3	0.17	0.92	0.4590
Error	2.24	12	0.19		
Total	14.88	19			

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020.

Se realizó el análisis del p-valor¹³, obteniendo un valor de 0.0001, según los datos presentados en la tabla 11. Este resultado refleja una alta significancia estadística, ya que el p-valor se encuentra muy por debajo del nivel de significancia comúnmente aceptado de 0.05%. Dicho valor permitió rechazar la hipótesis nula (H_0) y aceptar la hipótesis alternativa (H_a), lo que confirma que al menos uno de los tratamientos muestra una diferencia estadísticamente significativa en cuanto al número de tubérculos respecto al testigo.

En consecuencia, se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey con el objetivo de determinar cuál tratamiento mostró el mejor número de tubérculos por planta.

Tabla 12.

Prueba de medias de Tukey para comparar los tratamientos en el número de tubérculos por planta.

Tratamiento	Número de tubérculos/planta	N	E. E	
T4. Bokashi 15 t/ha	11.98	4	0.18	A
T5. Bokashi 18 t/ha	11.75	4	0.18	A B
T3. Bokashi 12 t/ha	10.80	4	0.18	B C
T2. Bokashi 9 t/ha	10.59	4	0.18	C
T1. Gallinaza 6.5 t/ha	9.86	4	0.18	C

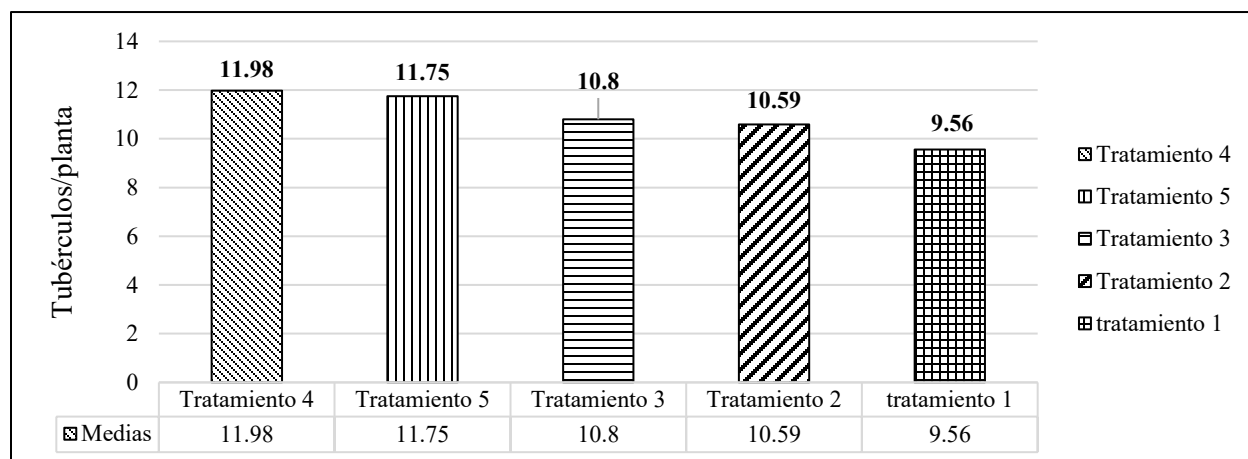
¹³ Si el p-valor es mayor > 0.05 NS no existe diferencia significativa entre los tratamientos y si el p-valor es ≤ 0.05

* Existe diferencias significativas entre los tratamientos.

Respecto a los resultados obtenidos en el análisis estadístico de la variable tratamientos¹⁴, el tratamiento 4 registró el promedio más alto con 11.98 tubérculos/planta, posteriormente el tratamiento 5 que mostró un promedio de 11.75 tubérculos/planta. Cabe destacar que existe una diferencia de aproximadamente 2 tubérculos entre el tratamiento 4 con el testigo cual es utilizado por el productor de papa. A continuación, el tratamiento 3 presentó un promedio de 10.80 tubérculos por planta, seguido del tratamiento 2 con un promedio de 10.59 tubérculos por planta.

Figura 12.

Número de tubérculos/planta, en el caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixclochil, municipio San Antonio Sacatepéquez.



Nota. Base de datos recolectados en campo.

En las entrevistas realizadas a los productores de papa, se comentó que por el acceso al sistema de riego, pueden obtener hasta tres ciclos de cultivo al año, utilizando gallinaza no compostada como fuente orgánica, un material que se destaca por su alto contenido de nitrógeno, fósforo y otros nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas pero por su contenido

¹⁴ Tratamiento 1 (gallinaza 6.5 t/ha) Tratamiento 2 (Bokashi con MM 9 t/ha) Tratamiento 3 (Bokashi con MM 12 t/ha) Tratamiento 4 (Bokashi con MM 15 t/ha) tratamiento 5 (Bokashi con MM 18 t/ha)

elevado de sales (C.E) (ver anexos 2 y 3, análisis fisicoquímicos de los abonos orgánicos y análisis de suelo después de su aplicación), las plantas no pueden aprovechar estos nutrientes y se quedan rezagados en el suelo.

En los resultados mostrados en la figura 12, se evidenció que el tratamiento 4 fue el más efectivo en la producción de tubérculos, superando al resto de tratamientos evaluados. Este resultado se atribuye a la inclusión de microorganismos de montaña en su formulación, lo que representó una diferencia significativa en comparación con el tratamiento testigo.

En donde los beneficios de los MM en los suelos agrícolas como lo comenta Itzá et al, (2024) que citó a Hernández et al (2022) que “favorece a la absorción de nutrientes que están en suelo o sea reciclados de la mayoría de los nutrientes, en especial carbono, nitrógeno y fósforo” (p. 122.).

En este contexto, es importante recordar que el fósforo es un nutriente inmóvil, es decir, que no se desplaza fácilmente en el suelo. Por ello, su disponibilidad para el cultivo de papa depende en gran medida de procesos como la acción de microorganismos que existen en el suelo o que sean aplicados, lo que coincide con lo señalado por INIA (2022) que resalta que el fósforo es un nutriente clave para la formación de tubérculos y tejidos crecimiento. En donde se obtuvo un mayor número de tubérculos por planta.

8.2.2. Localidad 2. Cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos

Previo a realizar el Análisis de varianza (ANDEVA), se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para la variable del número de tubérculos por planta con una muestra de 20 datos. La presente tabla 13, el estadístico W fue 0.91 y el valor de p fue 0.1346.

Tabla 13.

Prueba de normalidad aplicada a la variable número de tubérculos por planta.

Variable.	N	Media	D.E	W*	P (Unilateral D)
Número de tubérculos por planta.	20	11.00	0.69	0.91	0.1346.

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión 2,020.

Dado que $p = 0.1346$ es mayor que 0.05, la cual se aceptó la hipótesis nula de normalidad. Esto indica que los datos de dicha variable presentan una distribución normal. Posteriormente, se le realizó el análisis de varianza ANDEVA a los datos obtenidos en las diferentes unidades experimentales.

Tabla 14.

Análisis del ajuste del modelo de varianza para la variable del número de tubérculos por planta.

Variable	N	R ²	R ² Aj	C.V
Número de tubérculos por planta.	20	0.82	0.72	3.33

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020.

El análisis del número de tubérculos por planta mostró un buen nivel de ajuste, con un valor de 0.72 en una escala de 0 a 1, lo que indica que los datos tienen un alto grado de confianza, al estar por encima del 50%. Además, el coeficiente de variación (CV) fue de 3.33%, un valor considerablemente menor al 30%, que es el límite generalmente aceptado para experimentos de campo agrícolas. Esto confirma que los datos recolectados fueron fiables y que el proceso de investigación se llevó a cabo de manera precisa y adecuada.

De este modo, se presenta el análisis de varianza (suma de cuadrados tipo III), el cual permitió verificar las hipótesis planteadas para la variable relacionada con los tratamientos evaluados.

Tabla 15.

Análisis de la Varianza (SC tipo III) para los tratamientos evaluados.

F.V	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7.87	7	1.07	7.95	0.0010
Tratamiento	7.36	4	1.84	13.70	<0.0002
Bloque	0.12	3	0.04	0.29	0.8294
Error	1.61	12	0.13		
Total	9.09	19			

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020.

Se realizó el análisis del p-valor. Obteniendo un valor de 0.0002, según los datos presentados en la tabla 15. Este resultado refleja una alta significancia estadística, ya que el p-valor se encuentra muy por debajo del nivel de significancia comúnmente aceptado de 0.05. Dicho valor permitió rechazar la hipótesis nula (H_0) y aceptar la hipótesis alternativa (H_a), lo que confirma que al menos uno de los tratamientos muestra una diferencia estadísticamente significativa en cuanto al número de tubérculos respecto al testigo.

En consecuencia, se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey con el objetivo de determinar cuál tratamiento mostró el mejor número de tubérculos por planta.

Tabla 16.

Prueba de medias de Tukey para comparar los tratamientos en el número de tubérculos por planta.

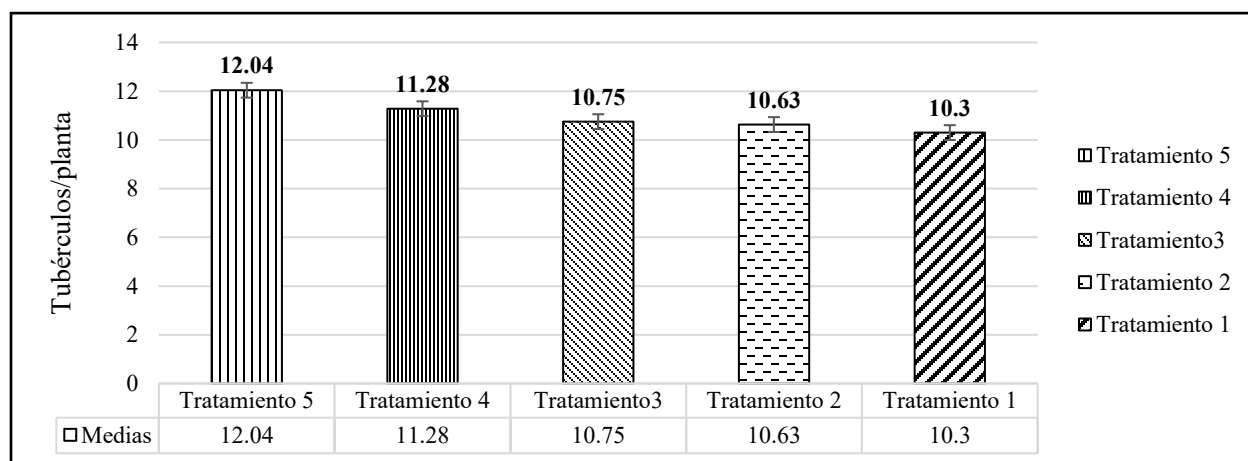
Tratamiento	Número de tubérculos	n	E. E		
T5. Bokashi 18 t/ha	12.04	4	0.22	A	
T4. Bokashi 15 t/ha	11.28	4	0.22	A	B
T3. Bokashi 12 t/ha	10.75	4	0.22		B C
T2. Bokashi 9 t/ha	10.63	4	0.22		C
T1. Gallinaza 6.5 t/ha	10.30	4	0.22		C

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020.

Observando los resultados de las medias obtenidos en el análisis estadístico de la variable de los tratamientos¹⁵, en la tabla 16, el tratamiento 5 registró el promedio más alto con 12.04 tubérculos/planta, posteriormente el tratamiento 4 que mostró un promedio de 11.28 tubérculos/planta. Cabe destacar que existe una diferencia de aproximadamente 2 tubérculos entre el tratamiento 5 con el testigo cual es utilizado por el productor de papa. A continuación, el tratamiento 3 presentó un promedio de 10.75 tubérculos por planta, seguido del tratamiento 2 con un promedio de 10.63 tubérculos por planta.

Figura 13.

Número de tubérculos por planta, en el cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos.



Nota. Base de datos recolectados en campo.

En relación con la figura 13, se observa que el tratamiento 5, sí tuvo un efecto en la cantidad de tubérculos producidos por planta en comparación con el testigo. El tratamiento 5 logró maximizar la formación de tubérculos, en comparación con la otra localidad.

Al comparar los resultados de ambas localidades con otros estudios, como el realizado por Chávez (2017) sobre el impacto de las alturas de aporque en la variedad loman del municipio de

¹⁵ Tratamiento 1 (gallinaza 6.5 t/ha) Tratamiento 2 (Bokashi con MM 9 t/ha) Tratamiento 3 (Bokashi con MM 12 t/ha) Tratamiento 4 (Bokashi con MM 15 t/ha) tratamiento 5 (Bokashi con MM 18 t/ha)

Ixchiguan, en dicho departamento, evaluó la variable del número de tubérculos por planta, ya que los resultados se obtuvo un promedio de producción de 11 a 12 tubérculos por planta. Aunque no se menciona el uso de abonos orgánicos, solo se utiliza la fertilización química con cuatro aplicaciones.

En contraste, los tratamientos 4 y 5¹⁶, que incluyeron la aplicación de bokashi con MM, evidenciaron obtener mayor promedio de producción de tubérculos en comparación con el estudio de Chaves (2017), que utilizó exclusivamente una fertilización química. Se registraron promedios superiores entre 11.98 y 12.04 tubérculos/planta, mientras que el testigo, mostró promedios más bajos, con valores de 10.30 y 9.86 tubérculos/planta, respectivamente.

Existen investigaciones a nivel internacional que han evaluado el uso de bokashi, enfocándose en la variable relacionada con el número de tubérculos, y que han reportado resultados favorables. Tal es el caso de Usuño (2014), quien evaluó el bokashi con diferentes estiércoles en el cultivo de papa y resalta que sus resultados en dicha variable fueron positivos. Su mejor tratamiento fue el bokashi con gallinaza, con un promedio de 16.53 tubérculos por planta, utilizando la variedad criolla.

Asimismo, Cristóbal et al. (2014) realizaron una investigación sobre la aplicación de bokashi junto con fertilización química. Su mejor dosis fue de 160-160-140 NPK/ha + 4 t/ha de bokashi, mencionando que hubo un efecto positivo en el tamaño de la planta, así como un aumento en el número y el peso de los tubérculos por tratamiento en dicho cultivo.

¹⁶ Tratamiento 1 (gallinaza 6.5 t/ha) Tratamiento 2 (Bokashi con MM 9 t/ha) Tratamiento 3 (Bokashi con MM 12 t/ha) Tratamiento 4 (Bokashi con MM 15 t/ha) tratamiento 5 (Bokashi con MM 18 t/ha)

8.3. Resultados del rendimiento en Kg/ha

8.3.1. Localidad 1. Caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez

Finalizada la cosecha, se procedió a pesar todos los tubérculos de cada una de las unidades experimentales en la localidad previamente mencionada.

Previo a realizar el Análisis de varianza (ANDEVA), se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para la variable del número de tubérculos por planta con una muestra de 20 datos. La presente tabla 17, el estadístico W fue 0.91 y el valor de p fue 0.1581.

Tabla 17.

Prueba de normalidad aplicada a la variable del rendimiento en kg/ha.

Variable.	N	Media	D.E	W*	P (Unilateral D)
Rendimiento en kg/ha.	20	28758.65	5043.13	0.91	0.1581.

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión 2,020.

Dado que $p = 0.1581$ es mayor que 0.05, la cual se aceptó la hipótesis nula de normalidad. Esto indica que los datos de dicha variable presentan una distribución normal. Posteriormente, se le realizó el análisis de varianza ANDEVA a los datos obtenidos en las diferentes unidades experimentales.

Tabla 18.

Análisis del ajuste del modelo de varianza para la variable del rendimiento en kg/ha.

Variable	N	R ²	R ² Aj	C.V
Rendimiento en kg/ha	20	0.89	0.73	7.29

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020

La variable de rendimiento en kg/ha por unidad experimental muestra un ajuste adecuado de 0.73 en una escala de 0 a 1, lo que indica que está por encima del 50%. A medida que este valor se acerca a 1, mayor es el grado de confianza de los datos. Además, el coeficiente de variación

(CV) es de 7.29%, un valor considerablemente inferior al 30%, que es el límite generalmente aceptado para experimentos de campo agrícolas. Esto confirma que los datos recolectados en campo fueron precisos y que la investigación se llevó a cabo de manera adecuada.

De este modo, se presenta el análisis de varianza (suma de cuadrados tipo III), que permitió verificar las hipótesis planteadas para la variable relacionada con los tratamientos evaluados.

Tabla 19.

Análisis de la Varianza (SC tipo III) para los tratamientos evaluados.

F.V	S.C	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	42808645000.15	7	6115520714.59	14.01	<0.0001
Tratamiento	42250395000.80	4	10562598750.70	24.19	<0.0001
Bloque	558250000.35	3	186083333.78	0.44	0.7397
Error	5273405000.40	12	439450416.37		
Total	48082050000.55	19			

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020

Se realizó el análisis del p-valor. Obteniendo un valor de 0.0001, según los datos presentados en la tabla 19. Este resultado refleja una alta significancia estadística, ya que el p-valor se encuentra muy por debajo del nivel de significancia comúnmente aceptado de 0.05. Dicho valor permitió rechazar la hipótesis nula (H_0) y aceptar la hipótesis alternativa (H_a), lo que confirma que al menos uno de los tratamientos presentará diferencia estadística significativa en relación con el rendimiento en kg/ha respecto al testigo.

En consecuencia, se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey con el objetivo de determinar cuál tratamiento mostró el mejor rendimiento en kg/ha.

Tabla 20.

Prueba de medias de Tukey para comparar los tratamientos para la variable del rendimiento en kg/ha.

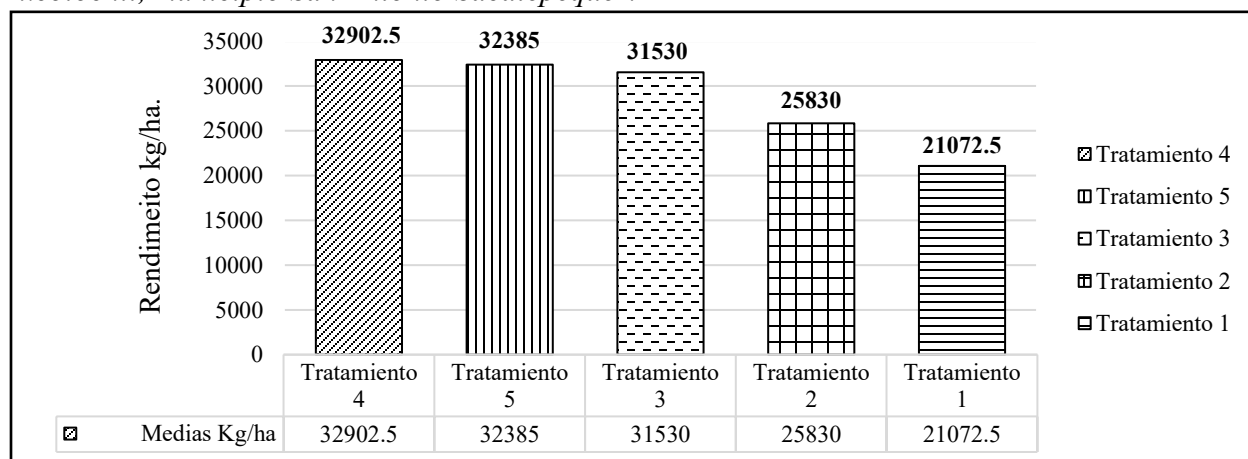
Tratamiento	Medias kg/ha	n	E. E	
T4. Bokashi 15 t/ha	32970.50	4	1047.65	A
T5. Bokashi 18 t/ha	32385.00	4	1047.65	A
T3. Bokashi 12 t/ha	31530.00	4	1047.65	A
T2. Bokashi 9 t/ha	25835.00	4	1047.65	B
T1. Gallinaza 6.5 t/ha	21072.50	4	1047.65	C

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020,

Los resultados obtenidos en los tratamientos¹⁷ reflejaron diferencias notables en el rendimiento en kg/ha. El tratamiento 4 obtuvo el mayor rendimiento de 31.62 quintales/cuerda (32,902.75 kg/ha), el tratamiento 5 fue de 31.32 quintales/cuerda (32,385.00 kg/ha), y el tratamiento 3 alcanzó 30.30 quintales/cuerda (31,530.00 kg/ha). Es importante resaltar que hubo una diferencia de 11.43 quintales/cuerda entre el tratamiento 4 y el testigo. Finalmente, el tratamiento 2 con 24.82 quintales/cuerda (25,835.00 kg/ha).

Figura 14.

Rendimiento en kg/ha en papa variedad loman, en el caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez.



¹⁷ Tratamiento 1 (gallinaza 6.5 t/ha) Tratamiento 2 (Bokashi con MM 9 t/ha) Tratamiento 3 (Bokashi con MM 12 t/ha) Tratamiento 4 (Bokashi con MM 15 t/ha) tratamiento 5 (Bokashi con MM 18 t/ha)

Según lo mostrado en la figura 14, los tratamientos 4, 5 y 3 tuvieron un efecto positivo en el rendimiento en kg/ha, en comparación con el testigo. Aunque las diferencias entre los tratamientos 5 y 3 fueron mínimas.

De acuerdo con Franco et al. (2002), menciona que el rendimiento de la variedad loma que es de 19.22 a 22.89 quintales/cuerda (20,000 a 30,000 kg/ha) a 2,390 msnm.

Según las entrevistas realizadas a los productores de la localidad 1, el rendimiento promedio por ciclo varía entre 19 y 30 quintales/cuerda, (20,000 a 30,000 kg/ha), con altitudes promedio de 2,338 a 2,370 msnm. En comparación, el uso de bokashi con MM permitió obtener un rendimiento superior, destacándose el tratamiento 4 con un rendimiento de 31.69 quintales/cuerda (32,901 kg/ha). Desde el punto de vista de Suchini (2012), se señala que el bokashi es una opción altamente efectiva para incrementar la materia orgánica en suelos muy degradados. Asimismo, proporciona tanto macronutrientes como micronutrientes esenciales para el adecuado aumento del rendimiento.

En los suelos destinados de manera intensiva para el cultivo de papa en esta localidad y la utilización de la gallinaza y agregándole el uso de fertilizantes químicos, este manejo ha llevado a una acumulación considerable de sales en el suelo. Según Guaminga (2012), se menciona que:

El exceso de gallinaza puede provocar condiciones de baja oxigenación en el suelo. También se ha observado que las plantas pueden absorber más nitrógeno del que logran asimilar, generando acumulaciones de compuestos como nitratos, que pueden intoxicar las plantas y disminuir su rendimiento. (p. 10).

En opinión de otros autores, se resalta que el uso de microorganismos de montaña (MM), tanto sólidos como líquidos, en los abonos tiene la capacidad de descomponer la materia orgánica de manera más eficiente y reducir los problemas de salinidad en el suelo, mejorando así la disponibilidad de nutrientes para las plantas y esto lo podemos verificar con los resultados de los análisis de suelo después de la aplicación de los tratamientos. (ver anexo 3)

8.3.2. Localidad 2. Cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos

Finalizada la cosecha se procedió a pesar todos los tubérculos de cada una de las unidades experimentales de la localidad ya mencionada.

Previo a realizar el Análisis de varianza (ANDEVA), se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para la variable del número de tubérculos por planta con una muestra de 20 datos. La presente tabla 21, el estadístico W fue 0.95 y el valor de p fue 0.6102.

Tabla 21.

Prueba de normalidad aplicada a la variable del rendimiento en kg/ha.

Variable.	N	Media	D.E	W*	P (Unilateral D)
Rendimiento en kg/ha.	20	29461.50	5777.89	0.95	0.6102.

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión 2,020.

Dado que $p = 0.6102$ es mayor que 0.05, la cual se aceptó la hipótesis nula de normalidad. Esto indica que los datos de dicha variable presentan una distribución normal. Posteriormente, se le realizó el análisis de varianza ANDEVA a los datos obtenidos en las diferentes unidades experimentales.

Tabla 22.

Análisis del ajuste del modelo de varianza para la variable del rendimiento en kg/ha.

Variable	N	R ²	R ² Aj	C.V
Rendimiento en kg/ha	20	0.92	0.87	7.13

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020.

La variable del rendimiento en kg/ha por unidad experimental presenta un ajuste adecuado del 0.87 en una escala de 0 a 1 lo que significa que está por encima del 50%, entre más se acerca a 1 mayores el grado de confianza de los datos y el CV que es de 7.13 % que es menor al 30% que es el límite generalmente aceptado para experimentos de campo agrícolas. Los datos recolectados en campo son precisos y la investigación se llevó a cabo de una forma adecuada.

De este modo, se presenta el análisis de varianza (Suma de cuadrados tipo III) que permitió verificar las hipótesis planteadas para la variable relacionada con los tratamientos evaluados.

Tabla 23.

Análisis de la Varianza (SC tipo III) para los tratamientos evaluados.

F.V	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	581353685.00	7	83050526.43	18.82	<0.0001
Tratamiento	556764830.00	4	139191207.50	31.55	<0.0001
Bloque	24588855.00	3	8196285.00	1.86	0.1906
Error	52941970.00	12	4411830.83		
Total	634295655.00	19			

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020.

Se realizó el análisis del p-valor. Obteniendo un valor de 0.0001, según los datos presentados en la tabla 23. Este resultado refleja una alta significancia estadística, ya que el p-valor se encuentra muy por debajo del nivel de significancia comúnmente aceptado de 0.05. Dicho valor permitió rechazar la hipótesis nula (H_0) y aceptar la hipótesis alternativa (H_a), confirmando que al menos uno de los tratamientos presentará diferencia estadística significativa en relación con el rendimiento en kg/ha respecto al testigo.

En consecuencia, se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey con el objetivo de determinar cuál tratamiento mostró el mejor rendimiento en kg/ha.

Tabla 24.

Prueba de medias de Tukey para comparar los tratamientos para la variable del rendimiento en kg/ha.

Tratamiento	Medias kg/ha	n	E. E	
T5. Bokashi 18 t/ha	38260.00	4	1050.22	A
T3. Bokashi 12 t/ha	31500.00	4	1050.22	A
T4. Bokashi 15 t/ha	31365.50	4	1050.22	A
T2. Bokashi 9 t/ha	26712.50	4	1050.22	B
T1. Gallinaza 6.5 t/ha	21462.50	4	1050.22	C

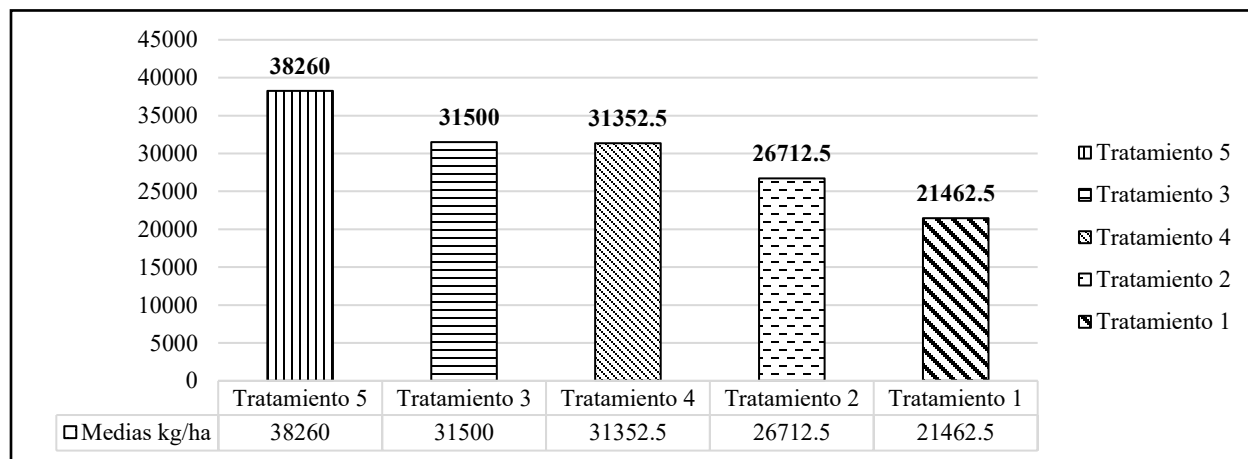
Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020.

El tratamiento 5¹⁸ se destacó como el de mayor rendimiento, alcanzando un promedio de 36.76 quintales/cuerda (38,260.00 kg/ha), seguido por el tratamiento 3 con un promedio de 30.27 quintales/cuerda (31,500.50 kg/ha) y el tratamiento 4 con un promedio de 30.14 quintales/cuerda (31,365.00 kg/ha). Es importante señalar que hubo una diferencia de 16.14 quintales/cuerda entre el tratamiento 5 y el testigo. Por último, el tratamiento 2 obtuvo un promedio de 25.66 quintales/cuerda (26,710.00 kg/ha).

¹⁸ Tratamiento 1 (gallinaza 6.5 t/ha) Tratamiento 2 (Bokashi con MM 9 t/ha) Tratamiento 3 (Bokashi con MM 12 t/ha) Tratamiento 4 (Bokashi con MM 15 t/ha) tratamiento 5 (Bokashi con MM 18 t/ha)

Figura 15.

Rendimiento en kg/ha en papa variedad loman, en el cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos.



Nota. Base a datos de campo.

Según lo mostrado en la figura 15, los tratamientos¹⁹ 5,3 y 4, tuvieron un efecto positivo en el rendimiento, medido en kg/ha, en comparación con el testigo. El tratamiento 5 destacó como el de mayor rendimiento, aunque las diferencias fueron notables con los tratamientos 3 y 4.

Según Franco et al. (2002), el rendimiento de la variedad Loman puede oscilar entre un promedio de 14.41 quintales por cuerda (equivalente a 15,000 kg/ha). Con una altitud de 3,500 msnm.

Durante las entrevistas con los productores de la localidad 2, se indicó que los rendimientos promedio por cuerda de papa por ciclo varían entre 25 a 35 quintales/cuerda (25,000 a 35,000 kg/ha), en un rango de altitud de 2,953 a 3,100 msnm. En este contexto, el uso de bokashi con MM en su dosis más alta permitió superar los rendimientos alcanzados por los productores locales, destacando el tratamiento 5, que obtuvo un rendimiento de 36.37 quintales/cuerda (38,260 kg/ha).

¹⁹ Tratamiento 1 (gallinaza 6.5 t/ha) Tratamiento 2 (Bokashi con MM 9 t/ha) Tratamiento 3 (Bokashi con MM 12 t/ha) Tratamiento 4 (Bokashi con MM 15 t/ha) tratamiento 5 (Bokashi con MM 18 t/ha)

De hecho, al aplicar el tratamiento 5²⁰, que corresponde a la dosis más alta, se observó un aumento en la cantidad de nutrientes disponibles, lo que favoreció el incremento del rendimiento. Además, EMRO, (s/f) menciona que la aplicación de microorganismos de montaña (MM), ya sea mezclados con abonos o aplicados directamente al suelo, no solo actúa como un catalizador, sino que también permite que los nutrientes se liberen de manera más controlada. Esto ayuda a minimizar las pérdidas por lixiviación, mejorando la nutrición de manera más eficiente.

Usúño (2014), quien evaluó el bokashi con diferentes estiércoles como gallinaza, cuy, bovino, ovino, y el testigo con dosis de 20 t/ha, menciona que, en el parámetro de rendimiento, el tratamiento T4 (bokashi con gallinaza) mostró mejores rendimientos, con un promedio de 9.78 kg/ha, aunque no se menciona si utilizó MM.

Al comparar los rendimientos entre ambas localidades de los productores de papa, fue evidente que el uso de bokashi con MM marcó una diferencia significativa en los rendimientos y en los quintales por cuerda, lo cual es crucial para los productores. Por lo tanto, podemos concluir que existen alternativas viables que pueden mejorar el rendimiento de manera significativa al aplicar otras fuentes de materia orgánica, como el bokashi con MM, para el cultivo de papa.

El análisis de los resultados químicos de los tratamientos evaluados muestra que el bokashi con MM presenta diferencias en los datos de N-P-K en comparación con la gallinaza, siendo estos los nutrientes primarios necesarios para el desarrollo y crecimiento de las plantas. El nitrógeno es esencial para la cobertura foliar y la generación de carbohidratos, que son la fuente de energía vital para la supervivencia de las plantas; el fósforo, como se mencionó previamente, favorece el desarrollo radicular y acelera la maduración de los tubérculos, y el potasio contribuye al llenado

²⁰ Tratamiento 1 (gallinaza 6.5 t/ha) Tratamiento 2 (Bokashi con MM 9 t/ha) Tratamiento 3 (Bokashi con MM 12 t/ha) Tratamiento 4 (Bokashi con MM 15 t/ha) tratamiento 5 (Bokashi con MM 18 t/ha)

de los tubérculos y aumenta la tolerancia a condiciones climáticas adversas. Esto es particularmente relevante, ya que el cultivo de papa es muy susceptible a cambios bruscos de clima de cada una de las localidades.

8.4. Resultados del rendimiento en kg/ha según a la calidad en peso del tubérculo para la comercialización.

8.4.1. Localidad 1. Caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez

8.4.1.1. Rendimiento de tubérculo de primera calidad.

Para analizar esta variable, se pesó cada tubérculo obtenido en las unidades experimentales. Según la clasificación que establece el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA). Se utilizó una tabla que permitió clasificarlos en categorías de primera, segunda y tercera calidad. (Ver anexo 6).

Previo a realizar el Análisis de varianza (ANDEVA), se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para la variable del número de tubérculos por planta con una muestra de 20 datos. La presente tabla 25, el estadístico W fue 0.92 y el valor de p fue 0.2910.

Tabla 25.

Prueba de normalidad aplicada a la variable del tubérculo de primera calidad para la comercialización.

Variable.	N	Media	D.E	W*	P (Unilateral D)
Tubérculo de primera calidad.	20	22759.00	5363.72	0.92	0.2910.

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión 2,020.

Dado que $p = 0.2910$ es mayor que 0.05 , la cual se aceptó la hipótesis nula de normalidad. Esto indica que los datos de dicha variable presentan una distribución normal. Posteriormente, se le realizó el análisis de varianza ANDEVA a los datos obtenidos en las diferentes unidades experimentales.

Tabla 26.

Análisis del ajuste del modelo de varianza para la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de primera.

Variable	N	R ²	R ² Aj	C.V
Rendimiento de tubérculo de primera calidad.	20	0.94	0.91	7.00

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020.

La variable del rendimiento de tubérculo de primera calidad en kg/ha por unidad experimental presenta un ajuste adecuado del 0.91 en una escala de 0 a 1 lo que significa que está por encima del 50%, entre más se acerca a 1 mayores el grado de confianza de los datos y el CV que es de 7.00 % que es menor al 30% que es el límite generalmente aceptado para experimentos de campo agrícolas. Los datos recolectados en campo son precisos y la investigación se llevó a cabo de una forma adecuada.

De este modo, se presenta el análisis de varianza (Suma de cuadrados tipo III) que permitió verificar las hipótesis planteadas para la variable relacionada con los tratamientos evaluados.

Tabla 27.

Análisis de la Varianza (SC tipo III) para los tratamientos evaluados.

F.V	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	516016545.00	7	73716649.29	29.04	<0.0001
Tratamiento	513111770.00	4	128277942.50	50.54	<0.0001
Bloque	2904775.00	3	968258.33	0.38	0.7682
Error	30457150.00	12	2538095.83		
Total	546473695.00	19			

Nota. Base a datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020.

Se realizó el análisis del p-valor. Obteniendo un valor de 0.0001, según los datos presentados en la tabla 27. Este resultado refleja una alta significancia estadística, ya que el p-valor se encuentra muy por debajo del nivel de significancia comúnmente aceptado de 0.05. Dicho valor permitió rechazar la hipótesis nula (H_0) y aceptar la hipótesis alternativa (H_a), confirmando que al menos uno de los tratamientos presentará diferencia estadística significativa en relación con el rendimiento en kg/ha del tubérculo de primera calidad con respecto al testigo.

En consecuencia, se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey con el objetivo de determinar cuál tratamiento mostró el mejor rendimiento en kg/ha del tubérculo de primera calidad

Tabla 28.

Prueba de medias de Tukey para comparar los tratamientos para la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de primera calidad.

Tratamiento	Medias kg/ha de tubérculo de primera calidad.	n	E. E	
T5. Bokashi 18 t/ha	28765.00	4	796.57	A
T3. Bokashi 12 t/ha	27237.50	4	796.57	A
T4. Bokashi 15 t/ha	23572.50	4	796.57	B
T2. Bokashi 9 t/ha	19072.50	4	796.57	C
T1. Gallinaza 6.5 t/ha	15150.50	4	796.57	D

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020.

De acuerdo con los tratamientos²¹, el tubérculo de primera calidad, el tratamiento 5 presentó el mejor rendimiento, alcanzando 27.64 quintales/cuerda (28,765 kg/ha). Esto refleja una diferencia notable de 13.08 quintales/cuerda con respecto al testigo. Seguidamente, los tratamientos 4, 3 y 2 obtuvieron rendimientos de 26.21 quintales/cuerda (27,327.5 kg/ha), 22.65 quintales/cuerda (23,572.50 kg/ha) y 18.32 quintales/cuerda (19,072.50 kg/ha).

8.4.1.2. Rendimiento de tubérculo de segunda calidad.

Previo a realizar el Análisis de varianza (ANDEVA), se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para la variable del número de tubérculos por planta con una muestra de 20 datos. La presente tabla 29, el estadístico W fue 0.93 y el valor de p fue 0.3323.

²¹ Tratamiento 1 (gallinaza 6.5 t/ha) Tratamiento 2 (Bokashi con MM 9 t/ha) Tratamiento 3 (Bokashi con MM 12 t/ha) Tratamiento 4 (Bokashi con MM 15 t/ha) tratamiento 5 (Bokashi con MM 18 t/ha)

Tabla 29.

Prueba de normalidad aplicada a la variable del tubérculo de segunda calidad para la comercialización.

Variable.	N	Media	D.E	W*	P (Unilateral D)
Tubérculo de segunda calidad.	20	4308.50	1418.77	0.93	0.3323.

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión 2,020.

Dado que $p = 0.3323$ es mayor que 0.05, la cual se aceptó la hipótesis nula de normalidad. Esto indica que los datos de dicha variable presentan una distribución normal. Posteriormente, se le realizó el análisis de varianza ANDEVA a los datos obtenidos en las diferentes unidades experimentales.

Tabla 30.

Análisis del ajuste del modelo de varianza para la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de segunda calidad.

Variable	N	R ²	R ² Aj	C.V
Rendimiento de tubérculo de segunda calidad.	20	0.64	0.55	24.96

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020.

La variable del rendimiento de tubérculo de segunda calidad en kg/ha por unidad experimental presenta un ajuste adecuado del 0.55 en una escala de 0 a 1 lo que significa que está por encima del 50%, entre más se acerca a 1 mayores el grado de confianza de los datos y el CV que es de 24.96 % que es menor al 30% que es el límite generalmente aceptado para experimentos de campo agrícolas. Los datos recolectados en campo son precisos y la investigación se llevó a cabo de una forma adecuada.

De este modo, se presenta el análisis de varianza (Suma de cuadrados tipo III) que permitió verificar las hipótesis planteadas para la variable relacionada con los tratamientos evaluados.

Tabla 31.

Análisis de la Varianza (SC tipo III) para los tratamientos evaluados.

F.V	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	24363085.00	7	3480440.71	3.01	0.0453
Tratamiento	22894630.00	4	5723657.50	0.0137	0.0137
Bloque	1468455.00	3	489485.00	0.42	0.7399
Error	13882170.00	12	1156847.50		
Total	38245255.00	19			

Nota. Base a datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020.

Se realizó el análisis del p-valor. Obteniendo un valor de 0.0137, según los datos presentados en la tabla 31. Este resultado refleja una alta significancia estadística, ya que el p-valor se encuentra muy por debajo del nivel de significancia comúnmente aceptado de 0.05. Dicho valor permitió rechazar la hipótesis nula (H_0) y aceptar la hipótesis alternativa (H_a), confirmando que al menos uno de los tratamientos presentará diferencia estadística significativa en relación con el rendimiento en kg/ha del tubérculo de segunda calidad con respecto al testigo.

En consecuencia, se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey con el objetivo de determinar cuál tratamiento mostró el mejor rendimiento en kg/ha del tubérculo de segunda calidad.

Tabla 32.

Prueba de medias de Tukey para comparar los tratamientos para la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de segunda calidad.

Tratamiento	Medias kg/ha de tubérculo de segunda calidad.	n	E. E		
T3. Bokashi 12 t/ha	5707.50	4	537.78	A	
T2. Bokashi 9 t/ha	5242.50	4	537.78	A	
T4. Bokashi 15 t/ha	4075.00	4	537.78	A	B
T1. Gallinaza 6.5 t/ha	3822.50	4	537.78	A	B
T5. Bokashi 18 t/ha	2695.00	4	537.78		B

Nota. Base a datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020.

En el caso de los tubérculos de segunda calidad, se identificaron diferencias en los rendimientos, el tratamiento²² con el mejor rendimiento fue el 3, con un promedio de 5.48 quintales/cuerda (5,707.5 kg/ha). Lo que representa una diferencia de 1.81 quintales/cuerda, en comparación con el testigo. Por otro lado, los tratamientos 2, 4 y 5 presentaron rendimientos de 5.03 quintales/cuerda (5,242.50 kg/ha), 3.91 quintales/cuerda (4,075.0 kg/ha) y 2.58 quintales/cuerda (2,695.00 kg/ha).

8.4.1.3. Rendimiento de tubérculo de tercera calidad.

Previo a realizar el Análisis de varianza (ANDEVA), se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para la variable del número de tubérculos por planta con una muestra de 20 datos. La presente tabla 33, el estadístico W fue 0.93 y el valor de p fue 0.9442.

²² Tratamiento 1 (gallinaza 6.5 t/ha) Tratamiento 2 (Bokashi con MM 9 t/ha) Tratamiento 3 (Bokashi con MM 12 t/ha) Tratamiento 4 (Bokashi con MM 15 t/ha) tratamiento 5 (Bokashi con MM 18 t/ha)

Tabla 33.

Prueba de normalidad aplicada a la variable del tubérculo de tercera calidad para la comercialización.

Variable.	N	Media	D.E	W*	P (Unilateral D)
Tubérculo de segunda calidad.	20	1676.00	625.31	0.93	0.9442.

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión 2,020.

Dado que $p = 0.9442$ es mayor que 0.05, la cual se aceptó la hipótesis nula de normalidad. Esto indica que los datos de dicha variable presentan una distribución normal. Posteriormente, se le realizó el análisis de varianza ANDEVA a los datos obtenidos en las diferentes unidades experimentales.

Tabla 34.

Análisis del ajuste del modelo de varianza para la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de tercera calidad.

Variable	N	R ²	R ² Aj	C.V
Rendimiento de tubérculo de tercera calidad.	20	0.63	0.56	28.72

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020.

La variable del rendimiento de tubérculo de primera calidad en kg/ha por unidad experimental presenta un ajuste adecuado del 0.56 en una escala de 0 a 1 lo que significa que está por encima del 50%, entre más se acerca a 1 mayores el grado de confianza de los datos y el CV que es de 28.72 % que es menor al 30% que es el límite generalmente aceptado para experimentos de campo agrícolas. Los datos recolectados en campo son precisos y la investigación se llevó a cabo de una forma adecuada.

De este modo, se presenta el análisis de varianza (Suma de cuadrados tipo III) que permitió verificar las hipótesis planteadas para la variable relacionada con los tratamientos evaluados.

Tabla 35.

Análisis de la Varianza (SC tipo III) para los tratamientos evaluados.

F.V	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4649360.00	7	664194.29	2.87	0.0525
Tratamiento	4426280.00	4	1106570.00	4.78	0.0154
Bloque	223080.00	3	74360.00	0.32	0.8101
Error	2779920.00	12	231660.00		
Total	7429280.00	19			

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020.

Se realizó el análisis del p-valor. Obteniendo un valor de 0.0154, según los datos presentados en la tabla 35. Este resultado refleja una alta significancia estadística, ya que el p-valor se encuentra muy por debajo del nivel de significancia comúnmente aceptado de 0.05. Dicho valor permitió rechazar la hipótesis nula (H_0) y aceptar la hipótesis alternativa (H_a), confirmando que al menos uno de los tratamientos presentará diferencia estadística significativa en relación con el rendimiento en kg/ha del tubérculo de tercera calidad con respecto al testigo.

En consecuencia, se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey con el objetivo de determinar cuál tratamiento mostró el mejor rendimiento en kg/ha del tubérculo de tercera calidad.

Tabla 36.

Prueba de medias de Tukey para comparar los tratamientos para la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de tercera calidad.

Tratamiento	Medias kg/ha de tubérculo de tercera calidad.	n	E. E		
T3. Bokashi 12 t/ha	2250.00	4	240.66	A	
T1. Gallinaza 6.5 t/ha	2100.00	4	240.66	A	
T4. Bokashi 15 t/ha	1590.00	4	240.66	A	B
T2. Bokashi 9 t/ha	1515.00	4	240.66	A	B
T5. Bokashi 18 t/ha	925.00	4	240.66		B

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020.

Por consiguiente, los tubérculos de tercera calidad, se observaron diferencias en los rendimientos entre los tratamientos²³ evaluados. El mayor rendimiento correspondió al tratamiento 3, con 2.16 quintales/cuerda (2,250.0 kg/ha). Lo que representó una diferencia de 0.15 quintales/cuerda en comparación con el testigo. Por otra parte, los tratamientos 3, 2 y 5 registraron rendimientos de 1.52 quintales/cuerda (1,590 kg/ha), 1.52 quintales/cuerda (1,515 kg/ha) y 0.89 quintales/cuerda (925 kg/ha) respectivamente.

Tabla 37.

Rendimiento por hectárea de acuerdo a calidad por peso de papa variedad Loman en el caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez.

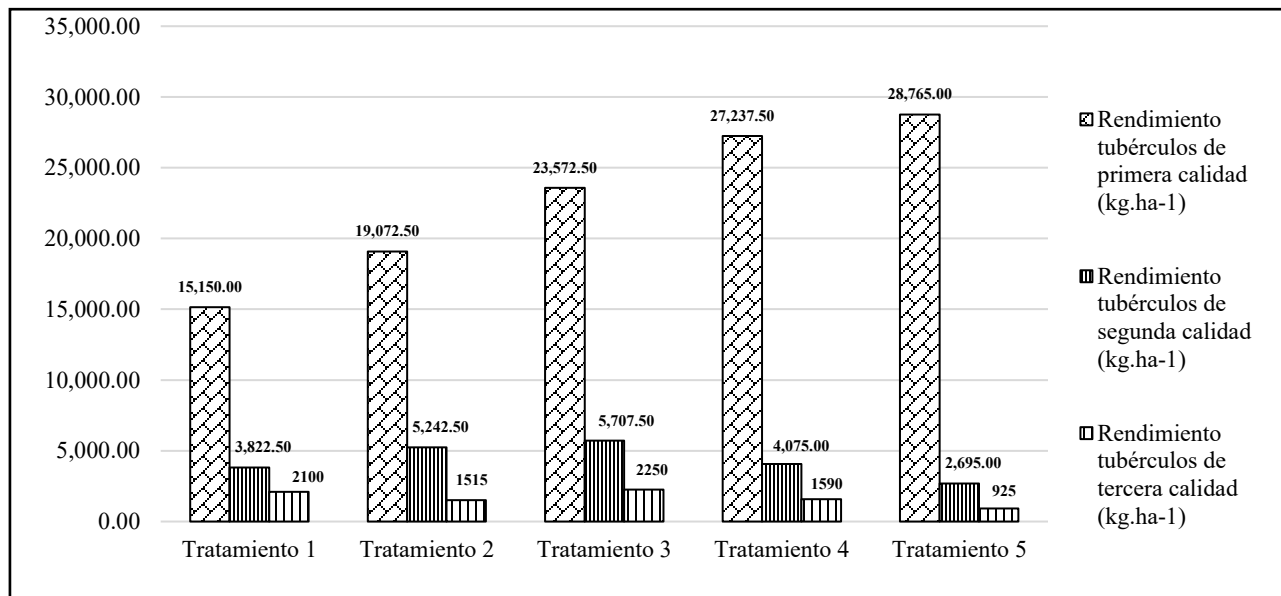
Tratamiento t/ha de gallinaza de bokashi con MM)	Rendimiento tubérculos de primera calidad (kg/ha)	Rendimiento tubérculos de primera calidad (qq/cd)	Rendimiento tubérculos de segunda calidad (kg/ha)	Rendimiento tubérculos de segunda calidad (qq/cd)	Rendimiento tubérculos de tercera calidad (kg/ha)	Rendimiento tubérculos de tercera calidad (qq/cd)	Total de qq/cd
6.5 t/ha	15,150.00	14.55 qq/cd	3,822.5	3.67 qq/cd	2,100.0	2.01 qq/cd	20.23
9 t/ha	19,072.5	18.32 qq/cd	5,242.5	5.03 qq/cd	1,515.0	1.45 qq/cd	24.80
12 t/ha	23,572.5	22.65 qq/cd	5,707.5	5.48 qq/cd	2,250.0	2.16 qq/cd	30.29
15 t/ha	27,237.5	26.17 qq/cd	4,075.0	3.91 qq/cd	1,590.0	1.52 qq/cd	31.60
18 t/ha	28,765.00	27.64 qq/cd	2,695.0	2.58 qq/cd	925.00	0.89 qq/cd	31.11

Nota. Base de datos de campo en el caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez.

²³ Tratamiento 1 (gallinaza 6.5 t/ha) Tratamiento 2 (Bokashi con MM 9 t/ha) Tratamiento 3 (Bokashi con MM 12 t/ha) Tratamiento 4 (Bokashi con MM 15 t/ha) tratamiento 5 (Bokashi con MM 18 t/ha)

Figura 16.

Rendimiento por hectárea de acuerdo a calidad por peso de papa variedad Loman, en el caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez.



Nota. Base de datos de campo en el caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez.

Con base en lo mencionado anteriormente, se puede apreciar en la figura 16, que los tratamientos²⁴ 5 y 3 tuvieron un impacto significativo en el rendimiento, expresado en kg/ha, en los tubérculos de primera, segunda y tercera calidad, en comparación con el testigo. Por supuesto, el tratamiento 4 mostró el rendimiento general y el número de tubérculos más altos, tomando en cuenta que no se prioriza la calidad de peso.

En cada ciclo de cultivo de papa, el objetivo principal del productor es maximizar la producción de tubérculos de primera calidad, mientras que busca minimizar al máximo la producción de tubérculos de segunda y tercera calidad

²⁴ Tratamiento 1 (gallinaza 6.5 t/ha) Tratamiento 2 (Bokashi con MM 9 t/ha) Tratamiento 3 (Bokashi con MM 12 t/ha) Tratamiento 4 (Bokashi con MM 15 t/ha) tratamiento 5 (Bokashi con MM 18 t/ha)

El tratamiento 5 produjo una mayor cantidad de tubérculos de primera calidad, lo que proporcionó un equilibrio nutricional adecuado, favoreciendo su desarrollo. La disponibilidad óptima de nutrientes para sus funciones fisiológicas, como el nitrógeno (N), fósforo (P), magnesio (Mg), calcio (Ca) y, especialmente, el potasio (K).

Los microorganismos de montaña (MM), tanto sólidos como líquidos, presentes en el bokashi, como mencionan varios autores, tienen la función de hacer los nutrientes más disponibles. En donde el tratamiento 5, los MM hayan optimizado el acceso a nutrientes esenciales para la calidad de los tubérculos, mientras que, a dosis más bajas o medias, la calidad y el peso de los mismos disminuyeron.

8.4.2. Localidad 2. Cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos

8.4.2.1. Rendimiento de tubérculo de primera calidad.

Para analizar esta variable, se pesó cada tubérculo obtenido en las unidades experimentales. Según la clasificación que establece el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA). Se utilizó una tabla que permitió clasificarlos en categorías de primera, segunda y tercera calidad. (Ver anexo 6).

Previo a realizar el Análisis de varianza (ANDEVA), se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para la variable del número de tubérculos por planta con una muestra de 20 datos. La presente tabla 38, el estadístico W fue 0.92 y el valor de p fue 0.273.

Tabla 38.

Prueba de normalidad aplicada a la variable del tubérculo de primera calidad para la comercialización.

Variable.	N	Media	D.E	W*	P (Unilateral D)
Tubérculo de primera calidad.	20	23941.50	57993.51	0.92	0.273.

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión 2,020.

Dado que $p = 0.273$ es mayor que 0.05, la cual se aceptó la hipótesis nula de normalidad. Esto indica que los datos de dicha variable presentan una distribución normal. Posteriormente, se le realizó el análisis de varianza ANDEVA a los datos obtenidos en las diferentes unidades experimentales.

Tabla 39.

Análisis del ajuste del modelo de varianza para la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de primera calidad.

Variable	N	R ²	R ² Aj	C.V
Rendimiento de tubérculo de primera calidad.	20	0.94	0.94	7.61

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020.

La variable del rendimiento de tubérculo de primera calidad en kg/ha por unidad experimental presenta un ajuste adecuado del 0.94 en una escala de 0 a 1 lo que significa que está por encima del 50%, entre más se acerca a 1 mayor es el grado de confianza de los datos y el CV que es de 7.61% que es menor al 30% que es el límite generalmente aceptado para experimentos de campo agrícolas. Los datos recolectados en campo son precisos y la investigación se llevó a cabo de una forma adecuada.

De este modo, se presenta el análisis de varianza (Suma de cuadrados tipo III) que permitió verificar las hipótesis planteadas para la variable relacionada con los tratamientos evaluados.

Tabla 40.

Análisis de la Varianza (SC tipo III) para los tratamientos evaluados.

F.V	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	599190885.00	7	85598697.86	25.77	<0.0001
Tratamiento	595513430.00	4	148878357.50	44.82	<0.0001
Bloque	3677455.00	3	1225818.33	0.37	0.7768
Error	39861570.00	12	3321797.50		
Total	639052455.00	19			

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020.

Se realizó el análisis del p-valor. Obteniendo un valor de 0.0001, según los datos presentados en la tabla 40. Este resultado refleja una alta significancia estadística, ya que el p-valor se encuentra muy por debajo del nivel de significancia comúnmente aceptado de 0.05. Dicho valor permitió rechazar la hipótesis nula (H_0) y aceptar la hipótesis alternativa (H_a), confirmando que al menos uno de los tratamientos presentará diferencia estadística significativa en relación con el rendimiento en kg/ha del tubérculo de primera calidad con respecto al testigo.

En consecuencia, se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey con el objetivo de determinar cuál tratamiento mostró el mejor rendimiento en kg/ha del tubérculo de tercera calidad.

Tabla 41.

Prueba de medias de Tukey para comparar los tratamientos para la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de primera calidad.

Tratamiento	Medias kg/ha de tubérculo de primera calidad.	N	E. E	
T5. Bokashi 18 t/ha	32085.00	4	911.29	A
T4. Bokashi 15 t/ha	27407.50	4	911.29	B
T3. Bokashi 12 t/ha	23517.50	4	911.29	B C
T2. Bokashi 9 t/ha	20325.00	4	911.29	C D
T1. Gallinaza 6.5 t/ha	16372.50	4	911.29	D

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020.

En cuanto a los tubérculos de primera calidad, se observa que el tratamiento²⁵ 5, considerado el mejor, alcanzó un rendimiento de 30.83 quintales/cuerda (32,085.0 kg/ha). Lo que representa una diferencia de 15.10 quintales/cuerda en comparación al testigo. A continuación, se encuentran los tratamientos 4, 3 y 2, con rendimientos de 26.33 quintales/cuerda (27,407.5 kg/ha), 22.60 quintales/cuerda (23,517.50 kg/ha) y 19.53 quintales/cuerda (20,325.00 kg/ha) respectivamente.

8.4.2.2. Rendimiento de tubérculo de segunda calidad

Previo a realizar el Análisis de varianza (ANDEVA), se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para la variable del número de tubérculos por planta con una muestra de 20 datos. La presente tabla 42, el estadístico W fue 0.95 y el valor de p fue 0.5877.

Tabla 42.

Prueba de normalidad aplicada a la variable del tubérculo de segunda calidad para la comercialización.

Variable.	N	Media	D.E	W*	P (Unilateral D)
Tubérculo de segunda calidad.	20	4486.50	1383.40	0.95	0.5877.

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión 2,020.

Dado que $p = 0.5877$ es mayor que 0.05, la cual se aceptó la hipótesis nula de normalidad. Esto indica que los datos de dicha variable presentan una distribución normal. Posteriormente, se le realizó el análisis de varianza ANDEVA a los datos obtenidos en las diferentes unidades experimentales.

²⁵ Tratamiento 1 (gallinaza 6.5 t/ha) Tratamiento 2 (Bokashi con MM 9 t/ha) Tratamiento 3 (Bokashi con MM 12 t/ha) Tratamiento 4 (Bokashi con MM 15 t/ha) tratamiento 5 (Bokashi con MM 18 t/ha)

Tabla 43.

Análisis del ajuste del modelo de varianza para la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de segunda calidad.

Variable	N	R ²	R ² Aj	C.V
Rendimiento de tubérculo de segunda calidad.	20	0.59	0.55	24.83

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020.

La variable del rendimiento de tubérculo de segunda calidad en kg/ha por unidad experimental presenta un ajuste adecuado del 0.55 en una escala de 0 a 1 lo que significa que está por encima del 50%, entre más se acerca a 1 mayor es el grado de confianza de los datos y el CV que es de 24.83% que es menor al 30% que es el límite generalmente aceptado para experimentos de campo agrícolas. Los datos recolectados en campo son precisos y la investigación se llevó a cabo de una forma adecuada.

De este modo, se presenta el análisis de varianza (Suma de cuadrados tipo III) que permitió verificar las hipótesis planteadas para la variable relacionada con los tratamientos evaluados.

Tabla 44.

Análisis de la Varianza (SC tipo III) para los tratamientos evaluados.

F.V	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	21470175.00	7	3067167.86	2.47	0.0807
Tratamiento	20791880.00	4	5197970.00	4.19	0.0238
Bloque	678295.00	3	226098.33	0.18	0.9064
Error	14891880.00	12	1240990.00		
Total	36362055.00	19			

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020.

Se realizó el análisis del p-valor. Obteniendo un valor de 0.0238, según los datos presentados en la tabla 44. Este resultado refleja una alta significancia estadística, ya que el p-valor se encuentra muy por debajo del nivel de significancia comúnmente aceptado de 0.05. Dicho

valor permitió rechazar la hipótesis nula (H_0) y aceptar la hipótesis alternativa (H_a), confirmando que al menos uno de los tratamientos presentará diferencia estadística significativa en relación con el rendimiento en kg/ha del tubérculo de segunda calidad con respecto al testigo.

En consecuencia, se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey con el objetivo de determinar cuál tratamiento mostró el mejor rendimiento en kg/ha del tubérculo de segunda calidad.

Tabla 45.

Prueba de medias de Tukey para comparar los tratamientos para la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de segunda calidad.

Tratamiento	Medias kg/ha de tubérculo de segunda calidad.	n	E. E		
T3. Bokashi 12 t/ha	5862.50	4	557.00	A	
T2. Bokashi 9 t/ha	4887.50	4	557.00	A	B
T5. Bokashi 18 t/ha	4872.50	4	557.00	A	B
T1. Gallinaza 6.5 t/ha	3977.50	4	557.00	A	B
T4. Bokashi 15 t/ha	2832.50	4	557.00		B

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020.

En cuanto a los tubérculos de segunda calidad, también se observa una diferencia en el rendimiento. El tratamiento²⁶ 3 que fue el mejor y obtuvo un rendimiento de 5.63 quintales/cuerda (5,862.5 kg/ha). lo que representa una diferencia de 1.81 quintales/cuerda con respecto al testigo. Los tratamientos 5, 4 y 2 registraron rendimientos de 4.69 quintales/cuerda (4,887.5 kg/ha), 4.68 quintales/cuerda (4,872.50 kg/ha) y 2.72 quintales/cuerda (2,832.5 kg/ha), respectivamente.

²⁶ Tratamiento 1 (gallinaza 6.5 t/ha) Tratamiento 2 (Bokashi con MM 9 t/ha) Tratamiento 3 (Bokashi con MM 12 t/ha) Tratamiento 4 (Bokashi con MM 15 t/ha) tratamiento 5 (Bokashi con MM 18 t/ha)

8.4.2.3. Rendimiento de tubérculo de tercera calidad.

Previo a realizar el Análisis de varianza (ANDEVA), se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para la variable del número de tubérculos por planta con una muestra de 20 datos. La presente tabla 46, el estadístico W fue 0.95 y el valor de p fue 0.5877.

Tabla 46.

Prueba de normalidad aplicada a la variable del tubérculo de tercera calidad para la comercialización.

Variable.	N	Media	D.E	W*	P (Unilateral D)
Tubérculo de tercera calidad.	20	1356.50	451.56	0.93	0.3204

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión 2,020.

Dado que $p = 0.5877$ es mayor que 0.05, la cual se aceptó la hipótesis nula de normalidad. Esto indica que los datos de dicha variable presentan una distribución normal. Posteriormente, se le realizó el análisis de varianza ANDEVA a los datos obtenidos en las diferentes unidades experimentales.

Tabla 47.

Análisis del ajuste del modelo de varianza para la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de tercera calidad.

Variable	N	R ²	R ² Aj	C.V
Rendimiento de tubérculo de tercera calidad.	20	0.67	0.50	21.20

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020.

La variable del rendimiento de tubérculo de tercera calidad en kg/ha por unidad experimental presenta un ajuste adecuado del 0.50 en una escala de 0 a 1 lo que significa que está por encima del 50%, entre más se acerca a 1 mayor es el grado de confianza de los datos y el CV que es de 21.20% que es menor al 30% que es el límite generalmente aceptado para experimentos de campo agrícolas. Los datos recolectados en campo son precisos y la investigación se llevó a

cabo de una forma adecuada.

De este modo, se presenta el análisis de varianza (Suma de cuadrados tipo III) que permitió verificar las hipótesis planteadas para la variable relacionada con los tratamientos evaluados.

Tabla 48.

Análisis de la Varianza (SC tipo III) para los tratamientos evaluados.

F.V	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2600445.00	7	371492.14	3.50	0.0277
Tratamiento	2413030.00	4	603257.50	5.68	0.0084
Bloque	187415.00	3	62471.67	0.59	0.6341
Error	1273810.00	12	106150.83		
Total	3874255.00	19			

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020.

Se realizó el análisis del p-valor. Obteniendo un valor de 0.0084, según los datos presentados en la tabla 48. Este resultado refleja una alta significancia estadística, ya que el p-valor se encuentra muy por debajo del nivel de significancia comúnmente aceptado de 0.05. Dicho valor permitió rechazar la hipótesis nula (H_0) y aceptar la hipótesis alternativa (H_a), confirmando que al menos uno de los tratamientos presentará diferencia estadística significativa en relación con el rendimiento en kg/ha del tubérculo de tercera calidad con respecto al testigo.

En consecuencia, se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey con el objetivo de determinar cuál tratamiento mostró el mejor rendimiento en kg/ha del tubérculo de segunda calidad.

Tabla 49.

Prueba de medias de Tukey para comparar los tratamientos para la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de tercera calidad.

Tratamiento	Medias kg/ha de tubérculo de tercera calidad.	n	E. E		
T3. Bokashi 12 t/ha	2120.00	4	162.90	A	
T1. Gallinaza 6.5 t/ha	1667.50	4	162.90	A	B
T2. Bokashi 9 t/ha	1500.00	4	162.90	A	B
T5. Bokashi 18 t/ha	1282.50	4	162.90		B
T4. Bokashi 15 t/ha	1112.50	4	162.90		B

Nota. Base de datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,020.

Por último, en los tubérculos de tercera calidad, también se observan diferencias en los rendimientos. El tratamiento²⁷ 3, el mejor en esta categoría, alcanzó un rendimiento de 2.03 quintales/cuerda (2,120.0 kg/ha). Con una diferencia de 0.97 quintales/cuerda con respecto al testigo. Los tratamientos 3,5 y 4 registraron rendimientos de 1.44 quintales/cuerda (1,500 kg/ha), 1.23 quintales/cuerda (1,282.5 kg/ha) y 1.06 quintales/cuerda (1,112.5 kg/ha) respectivamente.

²⁷ Tratamiento 1 (gallinaza 6.5 t/ha) Tratamiento 2 (Bokashi con MM 9 t/ha) Tratamiento 3 (Bokashi con MM 12 t/ha) Tratamiento 4 (Bokashi con MM 15 t/ha) tratamiento 5 (Bokashi con MM 18 t/ha)

Tabla 50.

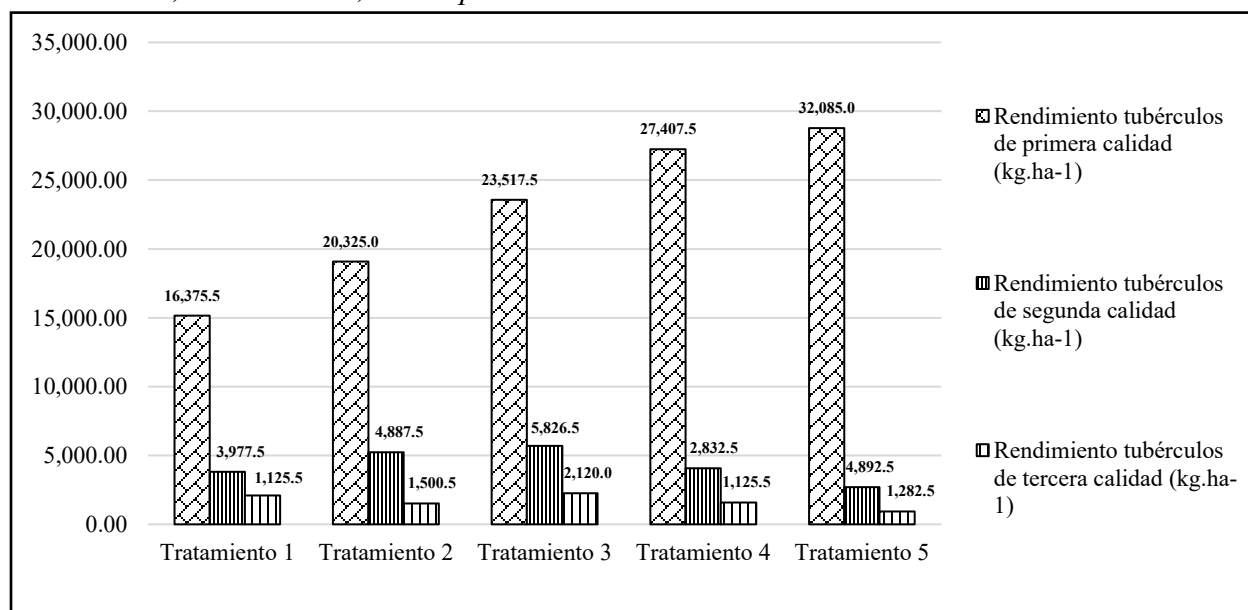
Rendimiento por hectárea de acuerdo a calidad por peso de papa variedad Loman en el cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos.

Tratamiento t/ha de gallinaza de bokashi con MM)	Rendimiento tubérculos de primera calidad (kg/ha)	Rendimiento tubérculos de primera calidad (qq/cd)	Rendimiento tubérculos de segunda calidad (kg/ha)	Rendimiento tubérculos de segunda calidad (qq/cd)	Rendimiento tubérculos de tercera calidad (kg/ha)	Rendimiento tubérculos de tercera calidad (qq/cd)	Total de qq/cd
6.5 t/ha	16,372.5	16.07 qq/cd	3,977.5	3.82 qq/cd	1,125.5	1.06 qq/cd	20.95
9 t/ha	20,325.0	19.53 qq/cd	4,887.5	4.69 qq/cd	1,500.0	1.44 qq/cd	25.66
12 t/ha	23,517.5	22.60 qq/cd	5,826.5	5.63 qq/cd	2,120.0	2.03 qq/cd	30.27
15 t/ha	27,407.5	26.33 qq/cd	2,832.5	2.72 qq/cd	1,125.5	1.07 qq/cd	30.12
18 t/ha	32085.0	30.83 qq/cd	4,892.5	4.70 qq/cd	1,282.5	1.23 qq/cd	36.76

Nota. Base de datos de campo en el cantón los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos.

Figura 17.

Rendimiento por hectárea de acuerdo a la calidad por peso de papa variedad Loman. en el cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos.



Nota. Base de datos de campo en el cantón los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos.

De acuerdo con lo anterior, se observa en la figura 17 que los tratamientos²⁸ tuvieron un efecto positivo en el rendimiento en kg/ha de los tubérculos de primera, segunda y tercera calidad, en comparación con el testigo.

El tratamiento 5 mostró el mayor rendimiento en tubérculos de primera calidad, lo que evidencia una relación positiva entre la cantidad de bokashi aplicado y el desarrollo de tubérculos de mayor peso. Como se mencionó previamente, este es uno de los objetivos principales para los productores de papa en cada ciclo de cultivo, ya que buscan la comercialización.

Cristóbal et al. (2014) mencionan que, a mayor cantidad de abono químico y orgánico, se incrementa el peso de los tubérculos por planta. En cambio, a dosis más bajas de abono, se observa una disminución en el peso de los tubérculos. La dosis óptima identificada en su estudio fue de 160-160-140 de NPK, junto con 6 t/ha de bokashi, aunque no se especifica si se utilizó MM

Asimismo, se han realizado investigaciones en otros cultivos. Por ejemplo, Jerónimo (2012) evaluó el uso de bokashi junto con otros abonos orgánicos en el cultivo de pepino *Cucumis sativus* L, utilizando una dosis de 6.50 t/ha, con resultados favorables en cuanto a rendimiento (t/ha) y calidad de frutos, obteniendo más frutos de primera calidad.

Al comparar los resultados de ambas localidades de estudio, se observó que el bokashi enriquecido con MM tiene un efecto positivo en el rendimiento, el número de tubérculos y la calidad por peso. Esto lo convierte en una excelente alternativa para los productores de papa, ya que puede ser elaborado tanto en pequeñas como en grandes cantidades, según las condiciones económicas de cada productor.

²⁸ Tratamiento 1 (gallinaza 6.5 t/ha) Tratamiento 2 (Bokashi con MM 9 t/ha) Tratamiento 3 (Bokashi con MM 12 t/ha) Tratamiento 4 (Bokashi con MM 15 t/ha) tratamiento 5 (Bokashi con MM 18 t/ha)

Los materiales utilizados para la elaboración del bokashi son fácilmente sustituibles por otros recursos disponibles en las comunidades o municipios productores de papa cercanos a las áreas de cultivo. Por lo tanto, no existe una fórmula única para su preparación; todas las formulaciones deben establecerse en cada localidad, a partir de un proceso de experimentación, teniendo en cuenta los requerimientos específicos de los cultivos y suelos donde se aplicará el abono orgánico.

8.5. Rentabilidad

8.5.1. Localidad 1. Caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez

La tabla 51 muestra un desglose de los costos de producción e ingresos totales de la producción de papa, con los distintos tratamientos que se investigaron en la localidad del caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio de San Antonio Sacatepéquez. El precio de la gallinaza fue de Q. 30.00 y el costo de producción de la elaboración de un quintal abono bokashi con MM es de Q. 178.50

Tabla 51.

Costos de producción y tasa de retorno sobre la inversión inicial de producción de papa var. Loman en el caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez.

Costos por ha.		6.5 t/ha de gallinaza	9 t/ha de bokashi	12 t/ha de bokashi	15 t/ha de bokashi	18 t/ha de bokashi
INSUMOS	Semilla	Q. 35,194.44	Q35,194.44	Q35,194.44	Q35,194.44	Q35,194.44
	Agroquímicos	Q. 50,787.96	Q. 50,787.96	Q. 50,787.96	Q. 50,787.96	Q. 50,787.96
	Fertilizantes	Q. 18,055.56	Q. 18,055.56	Q. 18,055.56	Q. 18,055.56	Q. 18,055.56
MANO DE OBRA	Preparación del suelo	Q. 2,289.35	Q. 2,289.35	Q. 2,289.35	Q. 2,289.35	Q. 2,289.35
	Siembra	Q. 1,717.59	Q. 1,717.59	Q. 1,717.59	Q. 1,717.59	Q. 1,717.59
	Fertilización	Q. 1,144.44	Q. 1,144.44	Q. 1,144.44	Q. 1,144.44	Q. 1,144.44

	pique y aporcado	Q. 2,289.35	Q. 2,289.35	Q. 2,289.35	Q. 2,289.35	Q. 2,289.35
	Defoliación	Q. 1,144.44	Q. 1,144.44	Q. 1,144.44	Q. 1,144.44	Q. 1,144.44
	Cosecha	Q. 4,578.7	Q. 4,578.7	Q. 4,578.7	Q. 4,578.7	Q. 4,578.7
Tratamiento	Gallinaza y bokashi	Q. 4,298.4	Q. 35,377.23	Q. 47,192.25	Q. 58,990.32	Q. 70,789.72
COSTO TOTAL		Q.121,500.23	Q.151,434.62	Q.164,394.08	Q. 176,192.15	Q. 187,991.55
Costo por 436.81 m² (1 cuerda)		Q. 5,308.00	Q. 6,665.75	Q. 7,181.91	Q. 7,697.34	Q. 8,213.18
		6.5 t/ha de gallinaza	9 t/ha de bokashi	12 t/ha de bokashi	15 t/ha de bokashi	18 t/ha de bokashi
Rendimiento kg/ha						
	Rendimiento de tubérculo de primera.	15,150.00	19,072.50	23,572.50	27,237.50	28,765.00
	Rendimiento de tubérculo de segunda	3,822.50	5,242.50	5,707.50	4,075.00	2,695.00
	Rendimiento de tubérculo de tercera.	2,100.00	1,515.00	2,250.00	1,590.00	925.5
Precio por 45.36 kg (1 qq)						
	Precio de tubérculo de primera.	Q. 350.00	Q. 350.00	Q. 350.00	Q. 350.00	Q. 350.00
	Precio de tubérculo de segunda.	Q. 200.00	Q. 200.00	Q. 200.00	Q. 200.00	Q. 200.00
	Precio de tubérculo de tercera.	Q. 75.00	Q. 75.00	Q. 75.00	Q. 75.00	Q. 75.00
Ingreso por calidad						
	Ingreso de tubérculo de primera.	Q.116,641.00	Q. 146,840.00	Q. 181,486.47	Q. 209,703.58	Q. 221.463.92
	Ingreso de tubérculo de segunda.	Q. 16,816.98	Q. 23,064.23	Q. 25,109.98	Q. 17,927.84	Q. 11,856.57
	Ingreso de tubérculo de tercera.	Q. 3,464.58	Q. 2,499.45	Q. 3,712.05	Q. 2,623.18	Q. 1,526.89
Ingreso total		Q.136,922.56	Q. 172,403.68	Q. 210,308.45	Q. 230,254.6	Q. 234,847.38
Ganancia neta		Q. 15,422.33	Q. 20,696.06	Q. 50,493.1	Q. 54,062.45	Q. 46,855.83
Ganancia neta por 436.81 m² (1 cuerda)		Q. 673.75	Q. 916.07	Q. 2,205.90	Q. 2,361.83	Q. 2,047.00
Análisis económico						
Relación Beneficio / costo		1.12	1.13	1.27	1.30	1.24
Tasa de retorno sobre la inversión inicial		112.69	113.84	127.92	130.68	124.92

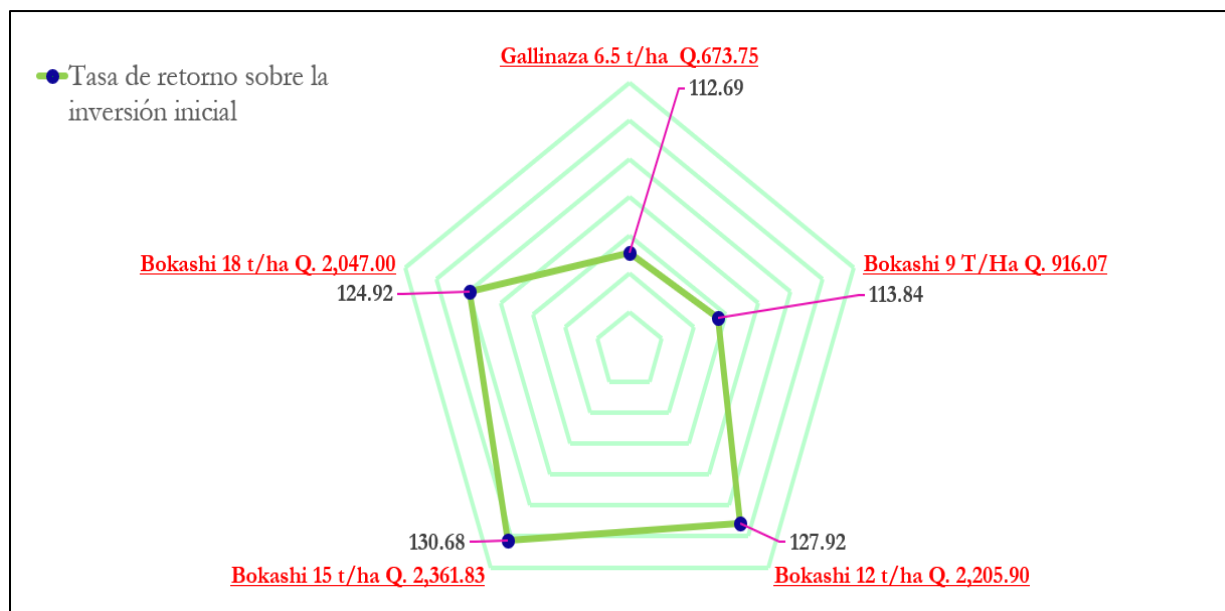
Nota. El precio de qq de papa en época de lluvia, no es el mismo que en época seca.

De los cinco tratamientos²⁹ analizados, todos lograron una tasa de retorno sobre la inversión inicial superior al 100%, lo que refleja resultados económicos positivos. Sin embargo, dos tratamientos presentaron tasas inferiores.

²⁹ Tratamiento 1 (gallinaza 6.5 t/ha) Tratamiento 2 (Bokashi con MM 9 t/ha) Tratamiento 3 (Bokashi con MM 12 t/ha) Tratamiento 4 (Bokashi con MM 15 t/ha) tratamiento 5 (Bokashi con MM 18 t/ha)

Figura 18.

Tasa de Retorno sobre la Inversión de diferentes dosis de Gallinaza no compostada y abono tipo Bokashi en el cultivo de Papa (kg/ha y Q/cd).



Nota: La tasa de retorno sobre la inversión (TRI) se calculó considerando el valor de qq de los tubérculos producidos en cada tratamiento por calidad y el costo de aplicación del bokashi ha y cd.

El tratamiento 4 fue el más rentable, generando un ingreso de Q130.68 por cada Q100.00 invertidos con una ganancia por cuerda de Q. 2,361.83. Seguido del tratamiento 3, con Q. 127.92, y el tratamiento 5, que alcanzó una tasa de retorno de Q124.92.

El tratamiento 1 mostró la tasa de retorno más baja con Q. 112.69, siendo el menos favorable en términos de rentabilidad. El tratamiento 2 obtuvo una tasa de retorno de Q. 113.84.

El análisis de rentabilidad indica que, para obtener ganancias, para el productor de papa es de utilizar el tratamiento 3,4 y 5, son los que presentan mejores ganancias.

Con los datos de las tasas de retorno sobre la inversión inicial, permitió rechazar la hipótesis nula (H_0), y aceptar la hipótesis alternativa (H_a), confirmando que al menos uno de los tratamientos presentará diferencia en relación con la rentabilidad económica con respecto al testigo.

8.5.2. Localidad 2. Cantón Los Cerezos, aldea Serchil del municipio de San Marcos

En la tabla 52, se presentan los costos de producción e ingresos totales de la producción de papa bajo los diferentes tratamientos utilizados en la localidad en el cantón Los Cerezos, aldea Serchil del municipio de San Marcos. El precio de la gallinaza fue de Q. 30.00 y el costo de producción de la elaboración del abono bokashi con MM es de Q. 178.50.

Tabla 52.

Costos de producción y tasa de retorno sobre la inversión inicial de producción de papa var. Loman en el cantón Los Cerezos, aldea Serchil del municipio de San Marcos.

Costos por ha.		6.5 t/ha de gallinaza	9 t/ha de bokashi	12 t/ha de bokashi	15 t/ha de bokashi	18 t/ha de bokashi
INSUMOS	Semilla	Q. 35,194.44	Q. 35,194.44	Q. 35,194.44	Q. 35,194.44	Q. 35,194.44
	Agroquímicos	Q. 50,787.96	Q. 50,787.96	Q. 50,787.96	Q. 50,787.96	Q. 50,787.96
	Fertilizantes	Q. 18,055.56	Q. 18,055.56	Q. 18,055.56	Q. 18,055.56	Q. 18,055.56
MANO DE OBRA	Preparación del suelo	Q. 2,289.35	Q. 2,289.35	Q. 2,289.35	Q. 2,289.35	Q. 2,289.35
	Siembra	Q. 1,717.59	Q. 1,717.59	Q. 1,717.59	Q. 1,717.59	Q. 1,717.59
	Fertilización	Q. 1,144.44	Q. 1,144.44	Q. 1,144.44	Q. 1,144.44	Q. 1,144.44
	pique y aporcado	Q. 2,289.35	Q. 2,289.35	Q. 2,289.35	Q. 2,289.35	Q. 2,289.35
	Defoliación	Q. 1,144.44	Q. 1,144.44	Q. 1,144.44	Q. 1,144.44	Q. 1,144.44
	Cosecha	Q. 4,578.7	Q. 4,578.7	Q. 4,578.7	Q. 4,578.7	Q. 4,578.7
Tratamiento	Gallinaza y bokashi	Q. 4,298.4	Q. 35,377.23	Q. 47,192.25	Q. 58,990.32	Q. 70,789.72
COSTO TOTAL		Q.121,500.23	Q.151,434.62	Q. 164,394.08	Q. 176,192.15	Q. 187,991.55
Costo por 436.81 m² (1 cuerda)		Q. 5,308.00	Q. 6,615.75	Q. 7,181.91	Q. 7,697.34	Q. 8,213.18
INGRESOS POR Ha		6.5 t/ha de gallinaza	9 t/ha de bokashi	12 t/ha de bokashi	15 t/ha de bokashi	18 t/ha de bokashi
Rendimiento kg/ha						
Rendimiento de tubérculo de primera.		16,372.50	20,325.00	23,517.50	27,407.50	32,085.00
Rendimiento de tubérculo de segunda		3,977.50	4,887.50	5,862.50	2,832.50	4,892.50
Rendimiento de tubérculo de tercera.		1,112.50	1,500.00	2,120.00	1,112.50	1,282.50
Precio por 45.36 kg (1 qq)						
Precio de tubérculo de primera.		Q. 350.00	Q. 350.00	Q. 350.00	Q. 350.00	Q. 350.00
Precio de tubérculo de segunda.		Q. 200.00	Q. 200.00	Q. 200.00	Q. 200.00	Q. 200.00
Precio de tubérculo de tercera.		Q. 75.00	Q. 75.00	Q. 75.00	Q. 75.00	Q. 75.00
Ingreso por calidad						

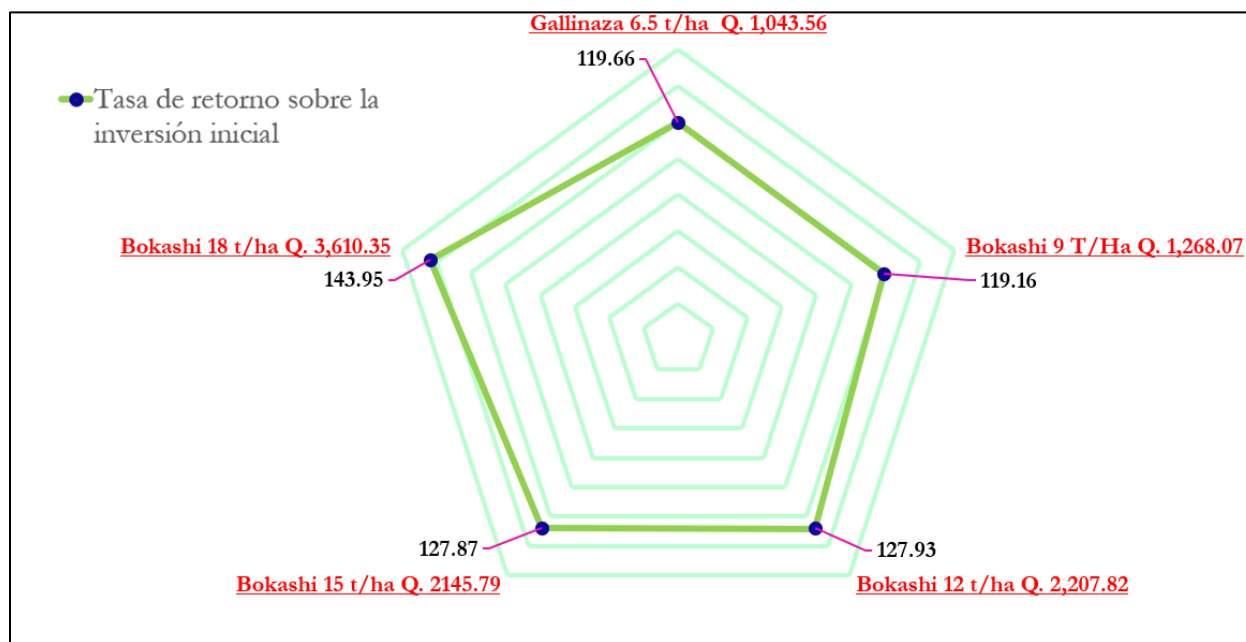
Ingreso de tubérculo de primera.	Q.126,053.12	Q. 156,483.72	Q. 181,063.02	Q. 211,012.42	Q. 246,992.25
Ingreso de tubérculo de segunda.	Q. 17,498.90	Q. 21,502.41	Q. 25,791.90	Q. 12,461.50	Q. 21,524.41
Ingreso de tubérculo de tercera.	Q. 1,835.40	Q. 2,474.70	Q. 3,497.58	Q. 1,835.40	Q. 2,115.87
Ingreso total	Q.145,387.42	Q.180,460.83	Q. 210,325.5	Q. 225,309.32	Q. 270,632.53
Ganancia neta	Q.23,887.19	Q.29,026.21	Q. 50,537.15	Q. 49,117.17	Q. 82,640.98
Ganancia neta por 436.81 m ² (1 cuerda)	Q. 1,043.56	Q. 1,268.07	Q. 2,207.82	Q. 2,145.79	Q. 3,610.35
Análisis económico					
Relación Beneficio / costo	1.19	1.19	1.27	1.27	1.43
Tasa de retorno sobre la inversión inicial	119.66	119.16	127.93	127.87	143.95

Nota. El precio de qq de papa en época de lluvia, no es el mismo que en época seca.

Los cinco tratamientos³⁰ evaluados presentaron una tasa de retorno sobre la inversión inicial superior al 100%, lo que evidencia que no hay pérdidas en su implementación.

Figura 19.

Tasa de Retorno sobre la Inversión de diferentes dosis de Gallinaza no compostada y abono tipo Bokashi en el Cultivo de Papa (kg/ha y Q/cd).



Nota: La tasa de retorno sobre la inversión (TRI) se calculó considerando el valor de qq de los tubérculos producidos en cada tratamiento por calidad y el costo de aplicación del bokashi ha y cd.

³⁰ Tratamiento 1 (gallinaza 6.5 t/ha) Tratamiento 2 (Bokashi con MM 9 t/ha) Tratamiento 3 (Bokashi con MM 12 t/ha) Tratamiento 4 (Bokashi con MM 15 t/ha) tratamiento 5 (Bokashi con MM 18 t/ha)

El tratamiento 5 mostró la mayor tasa de retorno sobre la inversión inicial, generó un ingreso de Q143.95 por cada Q100.00 invertidos, con una ganancia por cuerda de Q. 3,610.35. El tratamiento 3 presentó la tasa de retorno con Q127.93, mientras que el tratamiento 4 obtuvo una tasa de retorno de Q127.87.

El tratamiento 2 mostró una tasa de retorno de Q119.16, lo que lo posiciona como el que generó menor ganancias; el tratamiento 1 evidenció la tasa de retorno de Q. 119.66, siendo este el tratamiento que utiliza el productor.

El análisis de rentabilidad demuestra que para asegurar ganancias en esta localidad es necesario implementar los tratamientos 3, 4 y 5, los cuales se presentan como opciones viables y rentables para los productores de papa.

Con los datos de las tasas de retorno sobre la inversión inicial, permitió rechazar la hipótesis nula (H_0), y aceptar la hipótesis alternativa (H_a), confirmando que al menos uno de los tratamientos presentará diferencia en relación con la rentabilidad económica con respecto al testigo.

IX. Conclusiones.

De acuerdo al análisis y discusión de resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

1. En la localidad de 1. Caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio de San Antonio Sacatepéquez. El tratamiento número 4, con una dosis de 15 t/ha, presentó la mayor producción de tubérculos por planta, alcanzando un promedio de 11.98. Con este resultado se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa, que establecía que al menos uno de los tratamientos mostraría una diferencia estadísticamente significativa en relación con el número de tubérculos respecto al testigo.

2. En la localidad de 2. Cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos. El tratamiento número 5, con una dosis de 18 t/ha), presentó la mayor producción de tubérculos por planta, alcanzando un promedio de 12.04. Este resultado permitió rechazar la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa, que establecía que al menos uno de los tratamientos mostraría una diferencia estadísticamente significativa en relación con el número de tubérculos respecto al testigo.

3. En la localidad 1, al analizar el rendimiento por kg/ha, el tratamiento 4 con una dosis de 15 t/ha fue el mejor resultado, alcanzando 31.61 quintales/cuerda (32,970.75 kg/ha). Este rendimiento fue superior al promedio de los productores locales, quienes suelen cosechar entre 19 y 30 quintales/cuerda en cada ciclo. Con este resultado, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa, que indicaba que al menos uno de los tratamientos tendría una diferencia significativa en cuanto al rendimiento en kg/ha en comparación con el testigo.

4. En la localidad 2, al analizar el rendimiento por kg/ha, el tratamiento 5 con una dosis de 18 t/ha fue el mejor resultado, alcanzando 36.76 quintales/cuerda (38,260.0 kg/ha). Este rendimiento fue superior al promedio de los productores locales, quienes suelen cosechar entre 25 y 35 quintales/cuerda en cada ciclo. Con este resultado, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa, que indicaba que al menos uno de los tratamientos tendría una diferencia significativa en cuanto al rendimiento en kg/ha en comparación con el testigo.

5. En las localidades 1 y 2, se evaluó la producción de tubérculos de primera calidad, siguiendo los estándares del mercado para la comercialización. El tratamiento 5, con una dosis de 18 t/ha, mostró excelentes resultados, alcanzando 27.64 quintales/cuerda (28,765 kg/ha) en la localidad 1 y 30.83 quintales/cuerda (32,085 kg/ha) en la localidad 2. Con estos resultados se rechazaron las hipótesis nulas y se aceptaron las hipótesis alternativas, que sugería que al menos uno de los tratamientos mostraría una diferencia significativa en el rendimiento de tubérculos de primera calidad en comparación con el testigo.

6. Para la localidad 1, el tratamiento 4 con una dosis de 15 t/ha, fue el que obtuvo la mayor tasa de retorno sobre la inversión inicial de Q130.68 por cada Q100.00 invertidos, lo que resultó en una ganancia de Q2,361.81 por cuerda. Esto permitió afirmar que al menos uno de los tratamientos presentó una diferencia en relación con la rentabilidad económica.

7. Para la localidad 2, el tratamiento 5 con una dosis de 18 t/ha (18 qq/cd), fue el que obtuvo la mayor tasa de retorno sobre la inversión inicial de Q143.95 por cada Q100.00 invertidos, lo que resultó en una ganancia de Q3,610.35 por cuerda. Esto permitió afirmar que al menos uno de los tratamientos presentó una diferencia en relación con la rentabilidad económica.

X. Recomendaciones.

EL análisis y discusión de las conclusiones obtenidas y el manejo del experimento en campo se recomienda lo siguiente:

1. En las localidades 1 y 2, se recomienda utilizar los tratamientos 4 y 5 con dosis de 15 y 18 t/ha, para la producción de tubérculos por planta, ya que destacaron, registrando los promedios más altos de tubérculos, respectivamente. En cambio, el tratamiento 1 presentó los valores más bajos.

2. Las localidades 1 y 2, se recomienda utilizar los tratamientos 4 y 5, con dosis de 15 y 18 t/ha, en relación con el rendimiento en kg/ha en general, valores que superaron el rendimiento promedio de los productores de ambas localidades.

3. Teniendo en cuenta los estándares de comercialización para el mercado, lo que buscaba el productor es obtener tubérculos de primera calidad. Se recomienda utilizar el tratamiento 5, con una dosis de 18 t/ha en las dos localidades, el cual evidenció la mayor producción de tubérculos de primera calidad.

4. Los productores de las dos localidades, dentro de la misma producción, dejan su semilla para el próximo ciclo de producción, en ambas localidades, el rendimiento de tubérculos de segunda y tercera calidad fue mayor con el tratamiento 3 con una dosis de 12 t/ha, respectivamente es una opción. Cabe destacar que, en situaciones donde la demanda del cultivo de papa es baja, la oferta de tubérculos de segunda calidad puede igualar o incluso superar el precio del tubérculo de primera calidad, mientras que el de tercera calidad, es destinado para semilla, aumentando su precio, lo que genera más ganancias en cada ciclo del cultivo de papa.

5. Con base en los resultados económicos obtenidos, se recomienda la aplicación del Tratamiento 4, correspondiente a una dosis de 15 t/ha de bokashi con microorganismos de montaña (MM), ya que fue el que reportó la mayor tasa de retorno sobre la inversión inicial, alcanzando una ganancia neta de Q2,361.81 por cuerda en comparación con el tratamiento testigo (Tratamiento 1). Adicionalmente, el Tratamiento 3 puede considerarse como una alternativa viable, especialmente para productores con limitaciones de recursos, ya que requiere una menor cantidad de materiales, menos mano de obra y una dosis reducida de bokashi con MM. Aunque genera un ingreso inferior (Q3.00 menos por cuerda respecto al tratamiento recomendado), representa una opción económicamente aceptable y eficiente.

6. Para la localidad 2, se recomienda la aplicación del Tratamiento 5, correspondiente a una dosis de 18 t/ha de bokashi con microorganismos de montaña (MM), ya que fue el que registró la mayor tasa de retorno sobre la inversión inicial, obteniendo una ganancia neta de Q3,610.35 por cuerda. Es importante destacar que este tratamiento implica la mayor inversión económica por cuerda en comparación con los demás tratamientos y el testigo relativo. No obstante, los resultados evidencian que dicha inversión se traduce en una rentabilidad superior.

7. Se sugiere realizar investigaciones para determinar si el bokashi con MM tiene un efecto en el control de la plaga del nematodo dorado *Globodera rostochiensis* y el hongo *Rhizoctonia solani* de gran relevancia en el cultivo de papa, afectan directamente el rendimiento, la calidad de los tubérculos y la rentabilidad económica para el productor.

8. Si el productor de papa continúa utilizando gallinaza no compostada, se recomienda complementar su manejo agronómico con la aplicación de microorganismos de montaña (MM) en su fase líquida, empleando una dosis de 16 litros (1 bomba mochila/cuerda). Este debe aplicarse al momento de la siembra de la semilla de papa, posteriormente, aplicaciones sobre el suelo -cerca del tallo- (técnica del drench), después de la emergencia del cultivo, antes de realizar el calzado o aporque.

XI. Referencias bibliográficas.

- Apaza, C. A. (2015). *Caracterización morfológica y evaluación agronómica de 10 clones de papa (Solanum tuberosum L.) en el Centro de Investigación y Producción*. Santa Rosa – Pasco: Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Obtenido de http://45.177.23.200/bitstream/undac/94/1/T026_44401096_T.pdf
- Chávez Arroyo, G. (14 de Febrero de 2024). Rendimiento del cultivo de papa variedad Loman. (J. A. León., Entrevistador)
- Chavez Esteban, E. (2017). *Evaluación de alturas de aporque en tres variedades de papa; ixchiguan, san marcos*. Ixchiguan, San Marcos. Obtenido de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrkd/2017/06/14/Chavez-Elvia.pdf>
- Cristobal Robles, Y., & Leandro Cervantes, B. (2014). *Respuesta de dos dosis de fertilización y tres niveles de bokashi en el rendimiento del cultivo de la papa (solanum tuberosum l.) en el distrito de Yanahuanca – provincia de Daniel Carrión*. Yanahuacan, Perú: “Universidad nacional daniel alcides carrión”. Obtenido de http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/79/1/T026_44575499T.pdf
- De León, R., Tema, V., de Leon, M., Pérez, R., Marroquin, V., Ángel, R., . . . Arreaga, A. (11 de Noviembre de 2023). Rendimientos del cultivo de papa variedad Loman en el cantón Los Cerezos. (J. A. Leon, Entrevistador)
- Docampo, R. (2013). *Compostaje y compost*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Recuperado el 1 de Agosto de 2023, de <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/1839/1/128221231213112259.pdf>
- EM Research Organization Inc(Japón); EMRO Costa Rica: Fundases (Organización Minuto de Dios); APNAN(Asia Pasific Natural Agriculture Network). (S/F). *Guia de la Tecnologia de EM*. Costa Rica: r EM Producción y Tecnología S,A(EMPROTEC). Obtenido de <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Boletin%20Tecnologia%20%20EM.pdf>
- Estrada Pareja, M. M. (2005). *Manejo y procesamiento de la gallinaza (Vol. 2)*. Antioquia,, Colombia: Corporación Universitaria Lasallista. Recuperado el 3 de Agosto de 2023, de <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520108.pdf>
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2011). *Elaboración y uso del bocashi*. El Salvador, San Salvador, El Salvador: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado el 8 de Diciembre de 2023, de <https://www.fao.org/3/at788s/at788s.pdf>
- FENAVI Federación Nacional de Avicultores de Colombia. (s/f). *Manejo de la gallinaza como abono en la agricultura*. Colombia. Recuperado el 13 de Agosto de 2023, de

- <https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/34918/66569.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Franco, J. A. (2002). *El cultivo de papa en Guatemala. Solanum tuberosum L.* (Primera ed., Vol. 1). GUATEMALA: ICTA.
<https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Papa/El%20cultivo%20de%20la%20papa%20en%20Guatemala,%202002.pdf>
- Gomez Garcia, A. (2017). *Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica, sobre la productividad en el cultivo de papa criolla (Solanum phureja), en la finca Santo Domingo - municipio de la Calera - Cundinamarca* (1 ed.). La Calera, Cundinamarca, Colombia: Universidad de cundinamarca.
<https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/2729/EFFECTO%20DE%20LA%20FERTILIZACION%20ORGANICA%20E%20INORGANICA%20C%20SOBRE%20LA%20PRODUCTIVIDAD%20EN%20EL%20CULTIVO%20DE%20PAPA%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gonzalo Quispe, N. (2023). “*Evaluación del rendimiento de tres variedades de papa bajo la aplicación de diferentes niveles de abono bocashi en la estación experimental de patacamaya*”. La Paz, Bolivia: Universidad mayor de san andrés.
- Guaminga, I. M. (2012). “*Manejo y procesamiento de la gallinaza*”. Ecuador.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2114/1/17T1106.pdf>
- Itzá-Kantún, G. M., Castillo Caamal, J. B., Escalante Euán, J. F., & Santos Flores, J. S. (2024). *Efecto de microorganismos de monte y abonos en el suelo y el rendimiento de maíz en Yucatán* (Vol. 17). (Bioagrocencias., Ed.) Yucatan, Mexico.
doi:<http://doi.org/10.56369/BAC.5527>
- (INIA), I. d. (2022). *Importancia del fósforo y la gestión hídrica sobre el rendimiento, calibre y determinación de la dosis óptima técnica de este nutriente en el cultivo de papa consumo*. (S. Meier R, P. Méndez L., P. De Souza Campos, R. López-Olivari, & A. Morales M, Edits.) Chile. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/4221582e-fee5-4ebe-b971-52d15ad4e0fa/content#:~:text=En%20este%20aspecto%2C%20el%20f%C3%B3sforo,y%20la%20s%C3%ADntesis%20de%20almid%C3%B3n>
- Jerónimo, L. M. (2012). *Evaluación de tres abonos orgánicos, en el cultivo de pepino (cucumis sativus L.) en el caserío Sangre de Cristo, municipio de Cubulco, departamento de Baja Verapaz*. Baja Verapaz, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
<https://www.cytCunoc.gt/wp-content/uploads/2017/10/Enriquez-Jeronimo-Ligia-Malvina-2012.pdf>
- Laboratorio de Análisis de Suelos, P. y. (2023). *Calidad de los abonos orgánicos*. Guatemala.
<https://www.anacafe.org/uploads/file/9ad2b27d866646d79afa77391a37d7b0/Boletin-InterpretacionAbonosOrganicos-Marzo2024.pdf>

- López de León, J., Navarro, V., Ramos, J., Yoc, M., Castañon, E., Carreto, M., . . . Orozco, E. (25 - 30 de Mayo de 2023). el rendimiento del cultivo de papa de la variedad Loman en el caserío Vista Hermosa . (J. A. León., Entrevistador) San Marcos, San Marcos, Guatemala.
- López Velásquez, E. B., Orozco Miranda, L. A., Montejo Sierra, I. L., & Méndez de León, J. M. (2012). *Tomate: evaluación de materia orgánica para su cultivo bajo condiciones de macrotúnel, en dos localidades del departamento de San Marcos* (1 ed.). San Marcos, Guatemala: Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria.
https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Informes%20Finales%20IICA-CRIA%202020/8%20TOMATE%20OCCIDENTE/Mat%20Organica-CUSAM-B%20L%3%B3pez/TomateMateriaOrg%C3%A1nica_EduardoBenjam%C3%ADn.pdf
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA). (7 de Enero de 2022). *El agro en cifras*. del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación:
<https://precios.maga.gob.gt/archivos/agro-en-cifras/El%20Agro%20En%20Cifras%20-%202021.pdf>
- Nieto, J. F. (2014). *Estabilizador de suelo a partir de gallinaza/pollinaza*. Colombia: Fondo Nacional de Avicultura.
- Quirós P., A., Albertin B., A., & Blázquez S., M. (2004). *Elabore sus propios abonos, insecticidas y repelentes orgánicos*. (1, Ed.) San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica: ORGANIZACIÓN PARA ESTUDIO TROPICALES.
https://bocashi.files.wordpress.com/2010/09/manual_organico.pdf
- Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). *Manual del compostaje del agricultor de américa latina*. (1, Ed.) Santiago de Chile, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/3/i3388s/I3388S.pdf>
- Restrepo Rivera, J. (2007). *Manual práctico El A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas* (1a ed ed.). Managua, Honduras. Recuperado el 1 de Diciembre de 2023, de <https://www.semillas.org.co/apc-aa-files/5d99b14191c59782eab3da99d8f95126/el-abc-de-la-agricultura-organica-y-harina-de-rocas-jairo-restrepo.pdf>
- Stauder de Romero, N. (2010). *Guía para diseñar programas efectivos de fertilización*. Guatemala: Soluciones analíticas.
- Suchini Ramírez, J. G. (2012). *Innovaciones agroecológicas para una producción agropecuaria sostenible en la región del Trifinio*. Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
[http://www.infoiarna.org.gt/rediarna/2012/Red%20IARNA%2029%20\(03\)/adjuntos/Innovaciones-agroecologicas-CATIE.pdf](http://www.infoiarna.org.gt/rediarna/2012/Red%20IARNA%2029%20(03)/adjuntos/Innovaciones-agroecologicas-CATIE.pdf)
- Usúño quisaguano, S. (2014). *Evaluación de cuatro abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de papa (Solanum tuberosum) en el sector San Pablo, Parroquia Mulalillo, cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi* (1 ed.). Ecuador: Universidad de Loja.

[https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/6017/1/Segundo%20Reinaldo%20U%
su%c3%b1o%20Quisaguano.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/6017/1/Segundo%20Reinaldo%20U%c3%b1o%20Quisaguano.pdf)

Uz Garcia, H., & Aguilar, L. (16 de Febrero de 2024). Numero de productores y unidad de area. (J. A. León, Entrevistador)

VASQUEZ MUGA, M. B. (2023). *Evaluación del abono orgánico tipo bocashi a partir de residuos locales, con la aplicación de diferentes activadores biológicos en la estación experimental patacamaya*. (u. m. ándres, Ed.) Bolivia.

[https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/34556/T-
3220.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/34556/T-3220.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Véliz, H. R. (2014). *Efecto de tres abonos orgánicos sobre el rendimiento y precocidad de la cosecha en el cultivo de sábila; Guastatoya, El Progreso*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Obtenido de <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/09/Veliz-Hector.pdf>

XII. Anexos.

Anexo 1. Imágenes durante las fases de investigación.

Figura 20.

Muestreo de suelo toma de muestras de suelo.



Figura 21.

Muestras de suelo de cada una de las localidades identificadas.



Figura 22.

Compra de semilla de la variedad Loman.

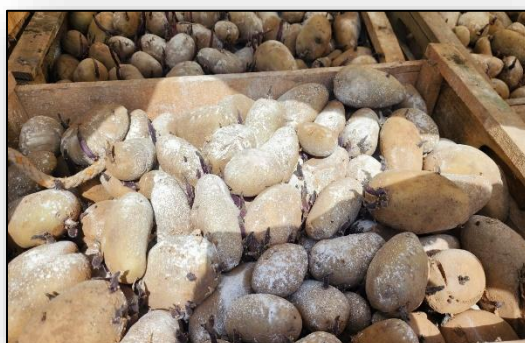


Figura 23.

Preparación de suelo, medición de las unidades experimentales, trazado y apertura de surcos.



Figura 24.

Trazado de las unidades experimentales en base al croquis.



Figura 25.

Siembra del tubérculo de papa.



Figura 26.

Trazado de las unidades experimentales.



Figura 27.

Aplicación de la fertilización química.



Figura 28.

Aplicación de productos químicos para el control de plagas y enfermedades del follaje.



Figura 29.

Picado y aplicación de la 2da fertilización.



Figura 30.

Defoliación.



Figura 31.

Cosecha del tubérculo en cada una de las localidades



Figura 32.*Toma de datos.*

/

Anexo 2. Parámetros físico-químicos del abono tipo Bokashi con MM y la gallinaza obtenidos de laboratorio

A continuación, se detallan los resultados de laboratorio obtenidos para la interpretación de los parámetros físico-químicos del abono bokashi con microorganismos de montaña (MM) y de la gallinaza no compostada. Los valores correspondientes a los parámetros evaluados se presentan a continuación.

Tabla 53.

Parámetros físico-químicos del abono bokashi con MM y la gallinaza no compostada.

Parámetros	Valores recomendados.			Abono Bokashi con MM	Gallinaza no compostada.
pH	6 a 8			8.2	8.2
Dap (g/cc)	0			0.71	0.59
dS/m	0			0.38	0.68
N. T	0			2.365	3.6
	Mínimo.	Máximo	Promedio.		
M.O.	18	72	45	49	37
% C. O	10	41	25.5	21	5.1
Nutrientes	Mínimo.	Máximo.	Promedio.		
% N	0.15	4.09	1.7	0	0
% P ₂ O ₅	0.07	3.02	0.65	2.08	1.07
% K ₂ O	0.07	4.8	1.47	1.80	1.52
% CaO	0.5	14.9	4.29	9.2	3.51
% Mg	0.14	2.9	0.79	0.74	0.74
ppm Cu	7.5	219	68	41	32
ppm Fe	527	30,842	11,449	4,235.00	523
ppm Mn	45	1,405	494	321	286
ppm Zn	30	1,423	295	152	426
ppm Na	0	0	0	62	1,325

Nota. Los datos de los parámetros físicoquímicos del abono bokashi con MM y la gallinaza no compostada fueron proporcionados por el Laboratorio de Suelo, Planta y Agua del consorcio SUPLA "Nuestra Tierra" (2024). Los valores recomendados corresponden a los rangos y promedios establecidos en el boletín técnico "calidad de los abonos orgánicos" del Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas de Anacafé ANALAB, (2023)

En cuanto al parámetro del potencial de hidrógeno (pH), que mide el grado de acidez o alcalinidad de una sustancia, tanto el abono bokashi con microorganismo de montaña (MM), como la gallinaza presentaron un valor de 8.2. Según el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y

Aguas de Anacafé [ANALAB] (2023), “el rango de pH entre 6 y 8 es el adecuado para la disponibilidad de nutrientes” (p. 3).”

Los abonos analizados presentan un pH superior a 8, lo que se clasifica como alcalinos. Este fenómeno podría estar relacionado con las características de los materiales originales que se producen el bokashi y la concentración de amonio que tiene la gallinaza. Cabe destacar que tener un abono con un pH de 8.2 no es necesariamente negativo. De hecho, diversos estudios señalan que los valores de pH son aceptables para abonos orgánicos.

Donde López et al, (2012) realizaron análisis de laboratorio sobre distintas fórmulas de bokashi y, específicamente el abono bokashi con gallinaza obtuvo un pH de 8.20, siendo el más bajo en comparación con los demás abonos evaluados. No obstante, este pH resultó ser el más adecuado para optimizar el rendimiento del cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L. Lo que sugiere que, a pesar de su valor relativamente alto, favorece el crecimiento y desarrollo de la planta de manera eficiente.

Un factor clave para que las plantas puedan acceder a los nutrientes es la conductividad eléctrica (C.E.), que mide la cantidad de sales disueltas en una solución. Según los resultados obtenidos, el bokashi presenta un valor de 0.38 dS/m (decisiemens por metro), mientras que la gallinaza muestra un valor de 0.68 dS/m. Vasquez, (2023) citó a Pierre et. al. (2009) señala que:

Los valores de la C.E en un compost de un abono orgánico de buena calidad se ubican entre 0.20 y 0.50 dS/m⁻¹ que es un compost de la una clase A y el compost de clase B es de 0.50 dS/m⁻¹ en adelante (p. 68).

Evidentemente, el bokashi con MM es un abono orgánico tipo A, lo que indica que tiene los nutrientes disponibles para las plantas, en comparación con la gallinaza no compostada.

La Materia orgánica (M.O) señala la cantidad de materia seca que permanece como materia orgánica mediante el proceso de compostaje. ANALAB (2023) menciona que “valores inferiores al 30% normalmente indican que el compost está mezclado con arena, tierra, cenizas u otro compuesto mineral. Valores superiores al 60% indican que los residuos no están suficientemente compostados” (p. 3). Los resultados obtenidos pueden calificarse como adecuados según los valores registrados del bokashi con MM y la gallinaza no compostada.

El carbono orgánico (C.O.) corresponde a la parte de carbono que los microorganismos puedan descomponer y oxidar, liberando nutrientes esenciales como fósforo, nitrógeno y potasio. Según ANALAB (2023), menciona que “valores altos de carbono orgánico son indicios de buena calidad del abono en relación con las fuentes orgánicas utilizadas en su elaboración” (p. 3). En este sentido, el abono bokashi con MM se encuentra dentro de los rangos de referencia adecuados

El fósforo (P_2O_5) es un nutriente esencial para el cultivo de papa *Solanum tuberosum* L. Como expresa el Instituto de Investigaciones Agropecuarias [INIA] (2022) indica que:

Una adecuada disponibilidad de fósforo (P_2O_5) en el suelo promueve el desarrollo del cultivo, el crecimiento radical, la tuberización y la síntesis de almidón. Adicionalmente, el P es esencial para optimizar el rendimiento de tubérculos, contenido de sólidos solubles, calidad nutricional y resistencia a algunas enfermedades. (p. 1).

De este modo con los parámetros que establece ANALAB (2023) se considera que el abono bokashi está en un rango óptimo y se posiciona dentro del rango superior (entre el promedio y el máximo).

Según Stauder (2010) comenta que el potasio (KO_2) es parte fundamental por el “equilibrar el balance hídrico, mejora el llenado de frutos y ayuda en la síntesis de la proteína y almidón” (p. 5).

El abono bokashi con microorganismos eficientes (MM) muestra una diferencia notable frente a la gallinaza no compostada al compararlo con los rangos establecidos. Este resultado es positivo, ya que el potasio contribuye a que los cultivos toleran de mejor manera condiciones adversas, como heladas, sequías y temperaturas extremas. Además, este nutriente fortalece a las plantas, haciéndolas más resistentes a plagas y enfermedades, lo que a su vez permite al productor de papa reducir los costos asociados al uso de plaguicidas.

El calcio (CaO_2) menciona Stauder (2010) que “contribuye a la paredes celulares y mantenimiento de su permeabilidad y elongación celular (desarrollo de raíces y hojas)” (p. 5). Es por ello que el trabajar con un abono rico en contenido de calcio como lo es el bokashi con MM, ayuda a que el suelo donde se trabaje con esta enmienda ya que los tubérculos obtienen el calcio del suelo por las raíces, por lo tanto, al favorecer un mayor desarrollo radicular mejora la concentración del calcio en los tubérculos.

El Magnesio (Mg) es muy importante para el cultivo de papa lo cual regula la absorción de fósforo y también los procesos de respiración (Stauder, 2010. P.5). El bokashi con microorganismos eficientes (MM) y la gallinaza tienen valores similares, ubicándose en el rango promedio establecido.

El cobre (Cu), el hierro (Fe), el Manganeso (Mn) y el zinc (Zn), son nutrientes que las plantas aprovechan en pocas cantidades, que ayuda los procesos fotosintéticos, mediante se ve los resultados están bajas las cantidades con los rangos establecidos.

Anexo 3. Resultados de análisis de suelo en cada una de las localidades y de los tratamientos utilizados.

Tabla 54.

Relación de suelos antes del cultivo y después del cultivo de la localidad de Caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez.

Parámetros y nutrientes	Antes del cultivo	Suelo después de la aplicación de los tratamientos.					Rango adecuado SUPLA. "Nuestra Tierra" 2024)
		Tratamientos.					
		Gallinaza	Bokashi 9 t/ha	Bokashi 12 t/ha	Bokashi 15 t/ha	Bokashi 18 t/ha	
pH	7.17	6.1	6.14	6.23	6.29	6.02	6 a 6.5
Concentración de sales (dS/m)	0.38	0.45	0.17	0.14	0.13	0.15	Baja: < 0.20 dS/m Moderada: 0.20-0.40 dS/m Alta: 0.40-0.80 dS/m Muy alta > 0.80 dS/m
Materia orgánica (%)	6.7%	10.9%	9.4%	11.1%	9.2%	9.1%	4 a 5
C.I.C.e.	26	18.51	22.21	20.83	11.57	28.84	20 a 25
P (ppm)	21	85	93	85	95	91.5	12 a 16
K (ppm)	156.00	354.75	106.00	264.25	272.25	546.50	120 a 150
Ca c	2.10	1.25	1.06	1.19	1.15	0.90	4 a 8
Mg (meq/100 gr))	0.12	0.28	0.25	0.24	0.26	0.19	1.5 a 2.5
Cu (ppm)	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	2 a 4
Fe (ppm)	214.00	356.80	715.00	677.00	1057.00	2172.5	10 a 15
Mn (ppm)	177.55	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	10 a 15
Zn (ppm)	21	24.25	5.00	44.20	62.15	77.40	4 a 6
Bases intercambiables meq/100 gr							

Ca (meq/100 gr))	2.10	9.73	6.43	9.03	11.33	7.68	4 a 8
Mg (meq/100 gr))	0.50	8.66	5.95	7.31	7.61	5.49	1.5 a 2.0
Na (meq/100 gr)	0.16	2.95	1.40	1.65	1.86	1.26	1.5 a 2.5
k (meq/100 gr)	0.20	5.81	4.43	4.45	4.22	4.82	0.27 a 0.38
S. B	12.18	173.51	102.08	134.63	216.22	92.83	75 a 90
clase Textural.	Franco arenoso	Arenoso franco	Arenoso franco.	Franco arenoso.	Arenoso franco.	Franco arenoso.	0
D. A (gr/100)	0.95	1.08	1.11	1.08	1.11	1.14	0

Nota. Datos tomados y adaptados del Laboratorio de Suelo, Planta y Agua del consorcio SUPLA "Nuestra Tierra" (2024).

Los resultados obtenidos de los análisis de suelo, tanto antes como después de aplicar los tratamientos (con dosis de bokashi y gallinaza). A continuación, se presenta un análisis detallado de los parámetros más importantes y su interpretación.

Los tratamientos³¹ se mantuvieron en un pH ligeramente alcalino (fuera de rango óptimo) Según Stauder (2010) menciona que “la interpretación agronómica de los valores de acidez y alcalinidad de los suelos están dentro de un rango de 5.6 a 7.2” (p. 32) en donde menciona es adecuado para la mayoría de los cultivos.

Los tratamientos bokashi con MM, mostraron una ligera disminución en el pH, alcanzando rangos de 6.1 a 6.29. Estos valores se encuentran dentro del rango según el autor ya mencionado, lo que sugiere que los tratamientos contribuyeron a una corrección leve de la alcalinidad inicial del suelo, mejorando la disponibilidad de nutrientes y favoreciendo el crecimiento del cultivo.

Antes del cultivo, el suelo presentaba una concentración de sales en el rango moderado (0.38 dS/m), lo cual era aceptable, pero no óptimo para el desarrollo para el cultivo. Tras aplicar

³¹ Tratamiento 1 (gallinaza 6.5 t/ha) Tratamiento 2 (Bokashi con MM 9 t/ha) Tratamiento 3 (Bokashi con MM 12 t/ha) Tratamiento 4 (Bokashi con MM 15 t/ha) tratamiento 5 (Bokashi con MM 18 t/ha)

los tratamientos³², se observa una disminución significativa en los niveles de sal, especialmente con los tratamientos 2,3,4 y 5, cuyos valores se encuentran en el rango bajo (< 0.20 dS/m), lo que refleja una mejora en capacidad de las raíces para absorber agua y nutrientes.

Por otro lado, el tratamiento 1 (0.45 dS/m) está en un rango alto, lo que indica, que puede dañar las raíces de las plantas, afectando su capacidad para absorber agua y nutrientes, lo que limita el crecimiento y desarrollo reduciendo el rendimiento.

Antes de la siembra, el contenido de materia orgánica en el suelo era de 6.7%, lo que se encuentra por encima del rango adecuado (4 a 5%) establecido por el laboratorio SUPLA (2024). Estos incrementos son favorables para mejorar la estructura del suelo, potenciar la retención de nutrientes y agua, así como estimular el desarrollo de las raíces, lo que finalmente contribuye a un mayor rendimiento en el cultivo de papa.

Antes de la siembra, la Capacidad de Intercambio Catiónico efectiva (C.I.C.e.) fue de 26 meq/100 g, lo cual se encuentra en el rango adecuado (20 a 25 meq/100 g). Este valor sugiere que el suelo tiene una buena capacidad para retener y liberar nutrientes esenciales. El tratamiento 5 mostró el valor más alto de C.I.C.e., lo que indica una mejora notable en la capacidad del suelo para retener nutrientes esenciales, lo que favoreció un mayor rendimiento en términos de calidad de tubérculos de primera.

Los tratamientos 2,3,4 y 5, demostraron ser más efectivos en la mejora de la calidad del suelo en comparación con la gallinaza, debido a su capacidad para reducir la concentración de sales y aumentar de manera más notable la materia orgánica y la C.I.C.e. No obstante, es crucial

³² Tratamiento 1 (gallinaza 6.5 t/ha) Tratamiento 2 (Bokashi con MM 9 t/ha) Tratamiento 3 (Bokashi con MM 12 t/ha) Tratamiento 4 (Bokashi con MM 15 t/ha) tratamiento 5 (Bokashi con MM 18 t/ha)

tener en cuenta las dosis de bokashi, ya que las dosis más altas (18 t/ha) mostraron los mejores resultados.

Tabla 55.

Relación de suelos antes del cultivo y después del cultivo de la localidad del Cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos.

Parámetros y nutrientes	Antes del cultivo	Suelo después de la aplicación de los tratamientos.					Rango adecuado SUPLA. "Nuestra Tierra" 2024)
		Tratamientos.					
		Gallinaza	Bokashi 9 t/ha	Bokashi 12 t/ha	Bokashi 15 t/ha	Bokashi 18 t/ha	
pH	6.48	6.06	6.6	6.36	6.08	5.86	6 a 6.5
Concentración de sales (dS/m)	0.23	0.28	0.175	0.14	0.13	0.18	Baja: < 0.20 dS/m Moderada: 0.20-0.40 dS/m Alta: 0.4-0.80 dS/m Muy alta > 0.80 dS/m
Materia orgánica (%)	6.00%	13.10%	12.60%	12.90%	11.10%	12.90%	4 a 5
C.I.C.e.	15.84	18.51	22.21	20.83	20.36	22.21	20 a 25
P (ppm)	38	23	16.3	12	19	20.25	12 a 16
K (ppm)	232	794	542	540	725	666.5	120 a 150
Ca c	1.2	1.84	2.25	5.4	4.46	5.65	4 a 8
Mg (meq/100 gr))	0.1	0.25	0.23	0.6	0.49	0.62	1.5 a 2.5
Cu (ppm)	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	2 a 4
Fe (ppm)	123	1125.5	519.5	424.5	277.85	173.95	10 a 15
Mn (ppm)	177.55	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	10 a 15
Zn (ppm)	16	190.9	82.95	93.95	190.9	177.55	4 a 6
Bases intercambiables meq/100 gr							

Ca (meq/100 gr))	3.2	10.3	18.65	17.3	12.83	14.78	4 a 8
Mg (meq/100 gr))	0.36	7.45	11.5	11.67	10.33	9.69	1.5 a 2.0
Na (meq/100 gr)	0.23	1.15	1.81	0.51	0.004	0.004	1.5 a 2.5
k (meq/100 gr)	0.41	6.63	9.89	7.32	9.05	6.05	0.27 a 0.38
S. B	16.15	147.66	188.42	177.23	158.14	137.36	75 a 90
clase Textural.	Franco arenoso	Franco arenoso.	Franco arenoso.	Franco arenoso.	Franco arenoso.	Franco arenoso.	0
D. A (gr/100)	1.25	0.99	1.23	1.24	1.23	1.28	0

Nota. Datos tomados y adaptados del Laboratorio de Suelo, Planta y Agua del consorcio SUPLA "Nuestra Tierra" (2024).

El análisis de los resultados de los análisis de suelo antes y después de la aplicación de los tratamientos (dosis de bokashi y gallinaza). A continuación, se realiza un análisis detallado de los parámetros clave y su interpretación:

Los tratamientos³³ se mantuvieron en un pH adecuado (ligeramente ácido, neutro). Según Stauder (2010) menciona que “la interpretación agronómica de los valores de acidez y alcalinidad de los suelos están dentro de un rango de 5.6 a 7.2” (p. 32) en donde menciona que es adecuado para la mayoría de los cultivos.

Excepto al tratamiento 5 que su pH fue de 5.86, lo que puede sugerir una ligera acidificación del suelo. Se menciona que el cultivo de papa tolera un rango de pH ligeramente ácido. Franco et al, (2002) menciona que “el cultivo de papa se produce y tolera suelos con pH 5.0 a 5.4” (p. 16). Sin embargo, un pH demasiado bajo podría limitar la disponibilidad de otros nutrientes importantes.

³³ Tratamiento 1 (gallinaza 6.5 t/ha) Tratamiento 2 (Bokashi con MM 9 t/ha) Tratamiento 3 (Bokashi con MM 12 t/ha) Tratamiento 4 (Bokashi con MM 15 t/ha) tratamiento 5 (Bokashi con MM 18 t/ha)

La concentración de sales (dS/m), en el suelo antes de la aplicación de los tratamientos era de 0.23 dS/m, lo cual se considera una concentración moderada de sales, dentro del rango de 0.20-0.40 dS/m establecido por el laboratorio SUPLA (2024). Los tratamientos 2,3,4 y 5, muestran una reducción significativa de la concentración de sales, logrando valores que se encuentran en el rango bajo (< 0.20 dS/m). Esto sugiere que los tratamientos son eficaces para mejorar la calidad del suelo, reduciendo la salinidad y creando un entorno más favorable para el crecimiento de las plantas.

En el tratamiento 1, a pesar de su aplicación después del cultivo, se observa que hay un ligero aumento respecto al valor inicial (0.23 dS/m), la concentración sigue siendo aceptable y no alcanza niveles que podrían ser perjudiciales para los cultivos.

Antes de la siembra, el contenido de materia orgánica en el suelo era del 6.00%, lo cual se considera adecuado. Los tratamientos³⁴ 2,3,4 y 5 mostraron un incremento en el contenido de materia orgánica, lo cual resulta muy beneficioso.

Un mayor contenido de materia orgánica mejora la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes, además de favorecer una estructura más favorable, En cambio, el tratamiento con gallinaza no generó los mismos beneficios, debido al alto contenido de sales que se presentó tras su aplicación.

Antes de la siembra, la Capacidad de Intercambio Catiónico efectiva (C.I.C.e.) fue de 15.84 meq/100g, un valor relativamente bajo. El incremento en la C.I.C.e. observado después de haberse aplicado los tratamientos con bokashi con MM y gallinaza indica que estos tratamientos mejoraron la capacidad del suelo para retener cationes, lo que a su vez favorece una mayor disponibilidad de

³⁴ Tratamiento 1 (gallinaza 6.5 t/ha) Tratamiento 2 (Bokashi con MM 9 t/ha) Tratamiento 3 (Bokashi con MM 12 t/ha) Tratamiento 4 (Bokashi con MM 15 t/ha) tratamiento 5 (Bokashi con MM 18 t/ha)

nutrientes esenciales como potasio, magnesio y calcio, contribuyendo de esta manera a un mejor rendimiento del cultivo.

Los tratamientos con bokashi con MM mostraron efectos significativamente positivos en la mejora en el suelo, aumentando la materia orgánica, la capacidad de retención de nutrientes (C.I.C.e.), y la disponibilidad de nutrientes esenciales como potasio, calcio y magnesio. El tratamiento 5 fue el que mostró el mejor rendimiento en términos de calidad y peso del tubérculo, debido a los beneficios combinados de una mayor capacidad de retención de agua, nutrientes y una mejor estructura del suelo.

La gallinaza, aunque mejoró algunos parámetros como la materia orgánica, presentó una mayor concentración de sales, lo que podría haber limitado el desarrollo de las raíces y el rendimiento del cultivo.

Anexo 4. Tabla comparativa de resultados de los datos obtenidos en campo del Cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos y Caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil, municipio San Antonio Sacatepéquez.

Tabla 56.

Comparación de datos recolectados en campo de la variable número de tubérculos/planta de las dos localidades de estudio.

Datos del número de tubérculos/planta en el cantón Los Cerezos, aldea Serchil.				
Tratamientos/Repeticiones.	I	II	III	IV
Gallinaza 6.5 t/ha	10.11	10.12	10.78	10.2
Bokashi 9 t/ha	10.81	10.7	10.8	10.7
Bokashi 12 t/ha	10.8	10.8	10.11	10.81
Bokashi 15 t/ha	11.25	10.98	11.6	11.3
Bokashi 18 t/ha	11.5	12.75	12.1	11.8
Datos del número de tubérculos/planta en el Caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil				
Tratamientos/Repeticiones.	I	II	III	IV
Gallinaza 6.5 t/ha	9.6	10.12	9.6	10.1
Bokashi 9 t/ha	10.81	10.17	10.8	10.59
Bokashi 12 t/ha	11.1	11.2	10.8	10.11
Bokashi 15 t/ha	12.3	11.33	11.25	12.1
Bokashi 18 t/ha	12.5	11.38	12.1	11.94

Tabla 57.

Comparación de datos recolectados en campo de la variable del rendimiento en kg/ha de las dos localidades de estudio.

Datos del rendimiento en kg/ha en el cantón Los Cerezos, aldea Serchil.				
Tratamientos/Repeticiones.	I	II	III	IV
Gallinaza 6.5 t/ha	23550.00	23400.00	19410.00	21650.00
Bokashi 9 t/ha	27010.00	25360.00	27830.00	27490.00
Bokashi 12 t/ha	30500.00	29250.00	24100.00	32150.00
Bokashi 15 t/ha	29450.00	34880.00	30700.00	30410.00
Bokashi 18 t/ha	37230.00	38690.00	36080.00	40090.00
Datos del rendimiento kg/ha en el Caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil				
Tratamientos/Repeticiones.	I	II	III	IV
Gallinaza 6.5 t/ha	16830	19370.00	19590.00	22470.00
Bokashi 9 t/ha	17950	25130.00	27720.00	25310.00
+Bokashi 12 t/ha	22840	30570.00	34140.00	32050.00
Bokashi 15 t/ha	24810	36520.00	33303.00	32510.00
Bokashi 18 t/ha	28800	34240.00	30760.00	32280.00

Tabla 58.

Comparación de datos recolectados en campo de la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de primera calidad de las dos localidades de estudio.

Datos del rendimiento en kg/ha del tubérculo de primera calidad en el cantón Los Cerezos, aldea Serchil.				
Tratamientos/Repeticiones.	I	II	III	IV
Gallinaza 6.5 t/ha	17950.00	16660.00	15380.00	15500.00
Bokashi 9 t/ha	19800.00	20510.00	19180.00	21810.00
Bokashi 12 t/ha	23800.00	22350.00	24950.00	22970.00
Bokashi 15 t/ha	25300.00	30900.00	27500.00	25930.00
Bokashi 18 t/ha	33200.00	31830.00	29300.00	34010.00
Datos del rendimiento kg/ha del tubérculo de primera calidad en el Caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil				
Tratamientos/Repeticiones.	I	II	III	IV
Gallinaza 6.5 T/HA	16830.00	12800.00	19590.00	22470.00
Bokashi 9 T/HA	17950.00	18900.00	27720.00	25310.00
Bokashi 12 T/HA	22840.00	23610.00	34140.00	32050.00
Bokashi 15 T/HA	24810.00	29810.00	33303.00	32510.00
Bokashi I 18 T/HA	28800.00	30930.00	30760.00	32280.00

Tabla 59.

Comparación de datos recolectados en campo de la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de segunda calidad de las dos localidades de estudio.

Datos del rendimiento en kg/ha del tubérculo de segunda calidad en el cantón Los Cerezos, aldea Serchil.				
Tratamientos/Repeticiones.	I	II	III	IV
Gallinaza 6.5 t/ha	3980.00	4950.00	2400.00	4580.00
Bokashi 9 t/ha	5300.00	3550.00	6600.00	4100.00
Bokashi 12 t/ha	4650.00	5250.00	7000.00	6550.00
Bokashi 15 t/ha	3200.00	2800.00	2150.00	3180.00
Bokashi 18 t/ha	3850.00	5800.00	4830.00	5010.00

Datos del rendimiento kg/ha del tubérculo de segunda calidad en el Caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil.				
Tratamientos/Repeticiones.	I	II	III	IV
Gallinaza 6.5 t/ha	3980.00	4950.00	2400.00	4580.00
Bokashi 9 t/ha	5300.00	3550.00	6600.00	4100.00
Bokashi 12 t/ha	4650.00	5250.00	7000.00	6550.00
Bokashi 15 t/ha	3200.00	2800.00	2150.00	3180.00
Bokashi 18 t/ha	3850.00	5800.00	4830.00	5010.00

Tabla 60.

Comparación de datos recolectados en campo de la variable del rendimiento en kg/ha del tubérculo de tercera calidad de las dos localidades de estudio.

Datos del rendimiento en kg/ha del tubérculo de tercera calidad en el cantón Los Cerezos, aldea Serchil.				
Tratamientos/Repeticiones.	I	II	III	IV
Gallinaza 6.5 t/ha	1680.00	1790.00	1630.00	1570.00
Bokashi 9 t/ha	1900.00	1300.00	1250.00	1550.00
Bokashi 12 t/ha	2050.00	1650.00	2150.00	2630.00
Bokashi 15 t/ha	950.00	1150.00	1050.00	1300.00
Bokashi 18 t/ha	1180.00	980.00	1950.00	1020.00

Datos del rendimiento kg/ha del tubérculo de tercera calidad en el Caserío Vista Hermosa, aldea San Isidro Ixcolochil				
Tratamientos/Repeticiones.	I	II	III	IV
Gallinaza 6.5 t/ha	1680.00	1790.00	1630.00	1570.00
Bokashi 9 t/ha	1900.00	1300.00	1250.00	1550.00
Bokashi 12 t/ha	2050.00	1650.00	2150.00	2630.00
Bokashi 15 t/ha	950.00	1150.00	1050.00	1300.00
Bokashi 18 t/ha	1180.00	980.00	1950.00	1020.00

Anexo 5. Resultados de análisis de suelo de fuentes de materia orgánicas y de suelo antes y después del cultivo.

Figura 33.

Análisis fisicoquímico del abono bokashi con microorganismo de montaña



CONSORCIO "NUESTRA TIERRA"
SUPLA. Laboratorio de Suelo Planta y Agua.
San Sebastián, San Marcos, Km 272 Carretera a Tejutla



Fecha de ingreso: 30 de mayo de 2024
Fecha de egreso: 10 de junio de 2024
Cliente: José De León
Código de muestra: Bokashi

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE MATERIA ORGÁNICA

pH	C.E	Dap	%				ppm					Carbono Orgánico	%	
	ds/M	g/cc	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Zn	Mn		M.O.	N.T.
8.20	0.38	0.71	2.08	1.80	9.2	0.74	62	41	4235.0	152	321	21	49	2.365



Ing. Agr. Alvaro R. Del Cid H.
Colegiado No. 256

COORDINADOR SUPLA

Figura 34.

Análisis fisicoquímico de la gallinaza no compostada.



CONSORCIO "NUESTRA TIERRA"
SUPLA. Laboratorio de Suelo Planta y Agua.
San Sebastián, San Marcos, Km 272 Carretera a Tejutla




Fecha de ingreso: 30 de mayo de 2024
Fecha de egreso: 10 de junio de 2024
Cliente: José De León
Código de muestra: Gallinaza

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE MATERIA ORGÁNICA

pH	C.E	Dap	%				ppm					Carbono Orgánico	%	
	dS/M	g/cc	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Zn	Mn	Orgánico	M.O.	N.T.
8.20	0.68	0.59	1.07	1.52	3.51	0.74	1,325	32	535.0	426	286	5.1	37	3.6




Ing. Agr. Alvaro R. Del Cid H.
Colegiado No. 256

COORDINADOR SUPLA

Figura 35.

Análisis de fertilidad del suelo en el caserío Vista Hermosa de la aldea San Isidro Ixcolochil del municipio San Antonio Sacatepéquez y del Cantón Los Cerezos, aldea Serchil, municipio de San Marcos.

CONSORCIO "NUESTRA TIERRA"		INTERESADO:		PROCEDENCIA:		FECHA DE INGRESO:		FECHA DE ENTREGA:											
SUPLA. Laboratorio de Suelo Planta y Agua. San Sebastián, San Marcos, Km 272 Carretera a Tejutla		José De León		San Antonio Serchil y San Antonio Sacatepéquez		30/05/2024 al 22/10/2024		13/11/2024											
No. Corr.	IDENTIFICACION	PH	C. E. dS/cm	tes por Millon		meq/100gr partes por millon				Bases Intercambiables meq/100 GR						%			
				P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	CIC	Ca	Mg	Na	K	S.B.	M.O.	N.T.
		6-6.5	< 0.20	12-16	120-150	6-8	1.5-2.5	2-4	4-6	10-15	10-15	20-25	4-8	1.5-2	xxxx	0.27-0.38	75-90	4-5	xxxxx
S-1	Suelo San Antonio Serchil	6.48	0.23	38.00	232.00	1.20	0.10	0.004	16.00	123.00	0.001	15.84	3.20	0.36	0.23	0.41	16.15	6.0	0.30
S-2	Suelo San Antonio Sacatep	7.17	0.38	21.00	156.00	2.10	0.12	0.004	21.00	214.00	0.001	26.00	2.10	0.50	0.16	0.20	12.18	6.7	0.34
S-3	T1-6.5 #Ha Gallinaza	6.1	0.45	85	354.75	1.25	0.28	0.005	24.25	356.80	0.01	18.51	9.73	8.66	2.95	5.61	173.51	10.9	0.55
S-4	T2-9 #Ha Bokashi	6.14	0.17	93	106.00	1.06	0.25	0.005	5.00	715.00	0.02	22.21	6.43	5.95	1.40	2.77	102.08	9.4	0.47
S-5	T3-12 #Ha Bokashi	6.23	0.14	85	264.25	1.19	0.24	0.005	44.20	677.00	0.01	20.83	9.03	7.31	1.65	4.45	134.63	11.1	0.55
S-6	T4-15 #Ha Bokashi	6.29	0.13	95	272.25	1.15	0.26	0.005	62.15	1057.00	0.01	11.57	11.33	7.61	1.86	4.22	216.22	9.2	0.45
S-7	T5-18 #Ha Bokashi	6.02	0.15	91.5	546.50	0.90	0.19	0.005	77.40	2172.50	0.01	28.84	7.68	5.49	1.26	4.82	92.83	9.1	0.46
S-8	T1-6.5 #Ha gallinaza	6.06	0.28	23	794.25	1.84	0.25	0.005	190.90	519.50	0.01	18.51	10.30	7.45	2.95	6.63	174.66	13.1	0.65
S-9	T2-9 #Ha Bokashi	6.6	0.17	16.3	542.00	2.25	0.23	0.005	82.95	1125.50	0.01	22.21	18.65	11.50	1.81	9.89	188.42	12.6	0.62
S-10	T3-12 #Ha Bokashi	6.36	0.14	12	540.00	5.40	0.60	0.005	93.95	424.50	0.02	20.83	17.30	11.67	0.51	7.32	177.23	12.9	0.64
S-11	T4-15 #Ha Bokashi	6.08	0.13	19	725.00	4.46	0.49	0.005	190.90	277.85	0.01	20.36	12.83	10.33	0.0004	9.05	158.14	11.1	0.55
S-12	T5-18 #Ha Bokashi	5.86	0.18	20.25	666.50	5.65	0.62	0.005	177.55	173.95	0.01	22.21	14.78	9.69	0.0004	6.05	137.66	12.9	0.64

No. Corr.	IDENTIFICACION CLIENTE	ANALISIS FISICO				
		D. A. GrCC	Porcentaje			Clase Textural
			Arcilla	Limo	Arena	
S-1	Suelo San Antonio Serchil	1.25	14.53	28.65	56.82	Franco Arenoso
S-2	Suelo San Antonio	0.95	19.91	16.8	63.29	Franco Arenoso
S-3	T1-6.5 #Ha Gallinaza	1.08	14.53	8.4015963	77.06	Arenoso Franco
S-4	T2-9 #Ha Bokashi	1.11	10.33	7.6454526	82.02	Arenoso Franco
S-5	T3-12 #Ha Bokashi	1.08	12.43	12.602394	74.96	Franco Arenoso
S-6	T4-15 #Ha Bokashi	1.11	8.23	9.7458517	82.02	Arenoso Franco
S-7	T5-18 #Ha Bokashi	1.14	8.23	12.602394	79.16	Franco Arenoso
S-8	T1-6.5 #Ha gallinaza	0.99	16.64	16.803193	66.56	Franco Arenoso
S-9	T2-9 #Ha Bokashi	1.23	16.64	23.10439	60.26	Franco Arenoso
S-10	T3-12 #Ha Bokashi	1.24	19.49	16.047049	64.46	Franco Arenoso
S-11	T4-15 #Ha Bokashi	1.23	19.491703	13.94665	66.56	Franco Arenoso
S-12	T5-18 #Ha Bokashi	1.28	19.491703	20.247847	60.26	Franco Arenoso

LABORATORIO DE ANALISIS
SUPLA
NUESTRA TIERRA

Ing. Agr. Alvaro R. Del Cid H.
Colegiado No. 256
COORDINADOR SUPLA

Anexo 6. Tablas para la para la colecta de datos en campo.

Tabla 61.

Recolección de datos del número de tubérculos por planta.

NO DE PLANTA	TRATAMIENTO	REPETICION	BLOQUE	NÚMERO DE TUBERCULOS POR PLANTA	OBSERVACIONES.
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					

Tabla 62.

Recolección de datos del peso en calidad de los tubérculos.





 Tabla de recolección de datos de la calidad en peso de tubérculo para determinar el rendimiento. 							
NO	Tratamiento	Repetición	Bloque	Tubérculo de primer kg	Tubérculo de segundo kg	Tubérculo de tercer kg	Observaciones
Total, kg/ha							

Tabla 63.

Recolección de datos del rendimiento en kg/ha de los tubérculos.

 Tabla de recolección de datos del rendimiento de todos los tubérculos producidos por la planta. 					
NO	Tratamiento	Repetición	Bloque	Kg/ha	Observaciones.
Total, kg/ha					

Anexo 7. Tabla de clasificación por calidad según peso del tubérculo de papa.

Tabla 64.

Clasificación de calidad según el peso del tubérculo de papa.

CLASIFICACIÓN.	DIMENSIONES.
Primera calidad	Peso a 100 gramos.
Segunda calidad	Peso entre 40 y 99 gramos
Tercera calidad.	Peso menor a 40 gramos

Nota: Se describe las categorías de papa según el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA).

Fuente: (Franco et al, 2002).

Anexo 8. Colecta e incubación de los microorganismos de montaña (MM)

- a. Se recolecto el humus y la hojarasca del bosque mixto, en donde se quitó palos y hojas grandes, en donde la intervención con poca o nula del humano en donde encontramos colonias de hongos de color blanco, que serán utilizadas.

Tabla 65.

Insumos requeridos para elaboración de microorganismos de montaña sólidos

Insumo	Unidad de medida	Cantidad
Tonel de 200 litros*	Unidad	1
Tierra de bosque	Saco (Quintal)	3
Sémola (trigo, arroz o maíz, molidos)	Saco (Quintal)	2
Melaza	Galón	1
Agua (no clorada)	Galón	Hasta alcanzar punto **
Leche	litro	10 litros

Nota. Se describe los insumos para la elaboración e incubación de los MM sólidos, que duro 30 días de su fermentación para luego activarlos.

- a. Se coloco el humus del bosque sobre un suelo de cemento y se dispersó, luego se incorporó el afrecho y se conformaron tres o cuatro capas de estos materiales.
- b. Después se disolvió la melaza en un galón de agua y se agregó la leche, en donde se mezcló el humus y afrecho.

- c. Se mezcló de dos a tres veces hasta obtener una mezcla homogénea con una humedad adecuada. La humedad se determinó tomando una muestra de la mezcla y se apretó con la mano, el terrón que se forme deberá quedar firme y sin gotear (prueba de puño)
- d. Al tener lista la mezcla, se introdujo por pocos dentro del recipiente plástico y se compactó de tal manera que se eliminara las cámaras de aire (proceso anaeróbico). Este proceso se realizó hasta llenar el recipiente y se colocó la tapa y la cincha y se dejó por un período de 30 días en fermentación.

Anexo 9. Preparación de microorganismos de montaña líquidos.

Los microorganismos activados (MM) o líquidos, se utilizó para aplicación de la fermentación de cada uno de los bokashi (como inóculo de microorganismo para mejorar la disponibilidad de los nutrientes).

Tabla 66.

Insumos para la activación de los Microorganismos de Montaña líquidos.

Insumo	Unidad de medida	Cantidad
Barril de 100 litros*	Unidad	1
Microorganismos de montaña sólidos (MM)	Kilogramo	5
Melaza	Galón	1
Agua (no clorada)	Galón	La cantidad necesaria para completar el volumen del tonel

Nota. Se describe los insumos para la activación de MM líquidos.

- a. Se colocó 50 litros de agua sin cloro dentro del recipiente plástico.
- b. Después se mezcló la melaza en dos litros de agua y se agregó al recipiente.
- c. Los microorganismos de montaña sólidos se colocaron en un pequeño saco de tela y se amarró con una pita y se colocó dentro del recipiente.
- d. Se incorporó agua hasta completar el volumen del recipiente y se cerró herméticamente de modo que no entre aire. Se dejó fermentar por 15 días.

Anexo 10. Preparación del bokashi.

Tabla 67.

Descripción de los insumos del bokashi con microorganismo de montaña a evaluarse en libras y kilogramos.

Insumos	Abono bokashi de gallinaza.	Peso en kilogramos
Gallinaza.	800 libras	362.874 kg
Rastrojo o avena seca.	700 libras	317.515 kg
Materia verde	700 libras	317.515 kg
MM activados líquidos	25 litros	
Carbón molido	135 libras	61.235 kg.
Afrecho	135 libras	61.235 kg.
Melaza	10 litros	
MM sólidos.	135 libras	61.235 kg
Agua	Prueba de puño	
Tierra virgen.	700 libras	317.515 kg
Leche o suero	25 litros	
Levadura	500 gramos	0.4535 kg
Ceniza	135 libras	61.235 kg

Nota. Se describe los insumos para la elaboración del bokashi. Estas cantidades son para elaborar 20 quintales (909.2 kg) de abono tipo bokashi.

- a. Se extendió la mitad la gallinaza y se agregó la mitad del carbón molido y tierra virgen.
- b. Luego se disolvió la melaza en el agua, leche, levadura y se mojó la mezcla ya mencionada.
- c. Después se conformó otra capa con la mitad de rastrojo, la mitad de afrecho y la mitad de los microorganismos de montaña sólidos, también se aplicó la mitad de los microorganismos activados.
- d. Luego se repitieron los pasos anteriores para formar una segunda capa. Se mezcló dos o tres veces para homogenizar la mezcla y se realizó la prueba de puño para determinar la humedad.
- e. La mezcla se procedió a tapar la abonera con un nylon color negro durante 24 horas.

- f. Al segundo día se realizó el primer volteo por la mañana y un segundo volteo por la tarde para evitar que la temperatura sobrepase los 60° C, las aboneras se voltearon dos veces por día, durante los primeros siete días; del día ocho al catorce se volteó una vez por día.
- g. El abono estuvo en condiciones óptimas luego de 17 días, momento en el cual el abono presento una temperatura igual a la del ambiente.
- h. Después se almaceno en costales blancos, para luego su previa aplicación.

Anexo 11. Plan de nutrición y fitosanitario que se utilizara en el cultivo de papa.

Tabla 68.

Plan de nutrición y fitosanitario que se utilizó en el cultivo de papa Solanum tuberosum (L.)

DIAS DE CULTIVO.	PRODUCTO O INGREDIENTE ACTIVO.	DOSIS.	TIPO DE PRODUCTO	TIPO DE APLICACIÓN.
0 DS (DIA DE LA SIEMBRA)	Cal dolomítica 50% CaCO ₃ , 35% MgCO ₃	45.46 kg	Enmienda Agrícola.	Aplicación al suelo.
	Abono bokashi y gallinaza no compostada.	6.5, 9,12,15 y 18 t/ha	Abono orgánico.	Aplicación al suelo.
	Fluopyram	25 cc/16 litros	Nematicida.	Aplicación al suelo.
	Sulfato de gentamicida 2% + clorhidrato de oxitetraciclina 6%	75 cc/16 litros	Bactericida.	Aplicación al suelo.
	Neonicotinoide thiamethoxam	25 cc/16 litros	Insecticida.	Aplicación al suelo.
7 DDS (DIA DESEPUES DE LA SIEMBRA)	Metribuzina.	25 cc/16 litros	Herbicida.	Aplicación al suelo.
20 DDS (DIA DESEPUES DE LA SIEMBRA)	Fluopicolide + Propamocarb	50 cc/16 litros	Fungicida curativo	Aplicación al follaje
	Chlorothalonil	75 cc/16 litros	fungicida preventivo.	Aplicación al follaje
	Neonicotinoide imidacloprid	20 cc/16 litros	Insecticida sistémico.	Aplicación al follaje
	Piretroide cipermetrin	25 cc/16 litros	Insecticida contacto como por ingestión	Aplicación al follaje
28 DDS (DIA DESEPUES DE LA SIEMBRA)	Diticarbamato, cloronitrilo, mancozeb, chlorothalonil	100 cc/16 litros	Fungicida curativo	Aplicación al follaje
				Aplicación al follaje
	Chlorothalonil	75 cc/16 litros	fungicida preventivo.	Aplicación al follaje

	Neonicotinoide, imidacloprid	20 cc/16 litros	Insecticida sistémico.	Aplicación al follaje
	Avermectina, abamectina	10 cc/16 litros	insecticida translaminar.	Aplicación al follaje
	N 69-CaO 350 - Zn100 - B50 g/l	100 cc/16 litros	Foliar	Aplicación al follaje
	Picado del suelo.		Practica agronómica	Suelo.
	Sulfato de gentamicida 2% + clorhidrato de oxitetraciclina 6%	75 cc/16 litros	Bactericida	Aplicación al drench.
31 DDS (DIA DESEPUES DE LA SIEMBRA)	Fertilización química 15-15-15	782.23 kg/ha	Fertilización química.	Aplicación al Follaje
38 DDS (DIA DESEPUES DE LA SIEMBRA)	Fertilización 12-11-18+2MgO. Formula química.	1,308.00 kg/ha	Fertilización química.	Aplicación al suelo.
	Calzado de la papa.		Practica agronómica	
	Sulfato de gentamicida 2% + clorhidrato de oxitetraciclina 6%	75 cc/16 litros	Bactericida.	Aplicación al follaje
36 DDS (DIA DESEPUES DE LA SIEMBRA)	Fluopicolide, Propamocarb	50 cc/16 litros	Fungicida curativo	Aplicación al follaje
	Chlorothaloni	75 cc/16 litros	fungicida preventivo.	Aplicación al follaje
	Neonicotinoide imidacloprid	20 cc/16 litros	Insecticida sistémico.	Aplicación al follaje
	Piretroide cipermethrin	25 cc/16 litros	Insecticida contacto como por ingestión	Aplicación al follaje
44 DDS (DIA DESEPUES DE LA SIEMBRA)	Diticarbamato, cloronitrilo, mancozeb, chlorothalonil	100 cc/16 litros	Fungicida curativo	Aplicación al follaje
				Aplicación al follaje
	Chlorothalonil	75 cc/16 litros	fungicida preventivo.	Aplicación al follaje
	Neonicotinoide, imidacloprid	20 cc/16 litros	Insecticida sistémico.	Aplicación al follaje
	Avermectina, abamectina	10 cc/16 litros	insecticida translaminar.	Aplicación al follaje
	N 69-CaO 350 - Zn100 - B50 g/l	100cc/16 litros	foliar	Aplicación al follaje

	K2O 32.2%- P2O5 5.1%	100cc/16 litros	foliar	Aplicación al follaje
52 DDS (DIA DESEPUES DE LA SIEMBRA)	Fluopicolide, Propamocarb	50 cc/16 litros	Fungicida curativo	Aplicación al follaje
	Chlorothalonil	75 cc/16 litros	fungicida preventivo.	Aplicación al follaje
	Neonicotinoide imidacloprid	20 cc/16 litros	Insecticida sistémico.	Aplicación al follaje
	Piretroide cipermethrin	25 cc/16 litros	Insecticida contacto como por ingestión	Aplicación al follaje
	N 69-CaO 350 - Zn100 - B50 g/l	100cc/16 litros	foliar	Aplicación al follaje
	K2O 32.2%- P2O5 5.1%	100cc/16 litros	foliar	Aplicación al follaje
	60 DDS (DIA DESEPUES DE LA SIEMBRA)	Diticarbamato, cloronitrilo, mancozeb, chlorothalonil	100 cc/16 litros	Fungicida curativo
				Aplicación al follaje
Chlorothalonil		75 cc/16 litros	fungicida preventivo.	Aplicación al follaje
Neonicotinoide, imidacloprid		20 cc/16 litros	Insecticida sistémico.	Aplicación al follaje
Avermectina, abamectina		10 cc/16 litros	insecticida traslaminar.	Aplicación al follaje
N 69-CaO 350 - Zn100 - B50 g/l		100cc/16 litros	foliar	Aplicación al follaje
K2O 32.2%- P2O5 5.1%		100cc/16 litros	foliar	Aplicación al follaje
68 DDS (DIA DESEPUES DE LA SIEMBRA)	Fluopicolide, Propamocarb	50 cc/16 litros	Fungicida curativo	Aplicación al follaje
	Chlorothalonil	75 cc/16 litros	fungicida preventivo.	Aplicación al follaje
	Neonicotinoide imidacloprid	20 cc/16 litros	Insecticida sistémico.	Aplicación al follaje
	Piretroide cipermethrin	25 cc/16 litros	Insecticida contacto como por ingestión	Aplicación al follaje
	N 69-CaO 350 - Zn100 - B50 g/l	100cc/16 litros	foliar	Aplicación al follaje
	K2O 32.2%- P2O5 5.1%	100cc/16 litros	foliar	Aplicación al follaje
76 DDS (DIA DESEPUES DE LA SIEMBRA)	Diticarbamato, cloronitrilo, mancozeb, chlorothalonil	100 cc/16 litros	Fungicida curativo	Aplicación al follaje
				Aplicación al follaje
	Chlorothalonil	75 cc/16 litros	fungicida preventivo.	Aplicación al follaje

	Neonicotinoide, imidacloprid	20 cc/16 litros	Insecticida sistémico.	Aplicación al follaje
	Avermectina, abamectina	10 cc/16 litros	insecticida traslaminar.	Aplicación al follaje
	N 69-CaO 350 - Zn100 - B50 g/l	100cc/16 litros	foliar	Aplicación al follaje
	K2O 32.2%- P2O5 5.1%	100cc/16 litros	foliar	Aplicación al follaje
84 DDS (DIA DESEPUES DE LA SIEMBRA)	Fluopicolide, Propamocarb	50 cc/16 litros	Fungicida curativo	Aplicación al follaje
	Chlorothaloni	75 cc/16 litros	fungicida preventivo.	Aplicación al follaje
	Neonicotinoide imidacloprid	20 cc/16 litros	Insecticida sistémico.	Aplicación al follaje
	Organofosforado chlorpyrifos	50 cc/16 litros	Insecticida contacto como por ingestión	Aplicación al follaje
	N 69-CaO 350 - Zn100 - B50 g/l	100cc/16 litros	foliar	Aplicación al follaje
	K2O 32.2%- P2O5 5.1%	100cc/16 litros	foliar	Aplicación al follaje
90 DDS (DIA DESEPUES DE LA SIEMBRA)	Fluopicolide, Propamocarb	50 cc/16 litros	Fungicida curativo	Aplicación al follaje
	Chlorothaloni	75 cc/16 litros	fungicida preventivo.	Aplicación al follaje
	Neonicotinoide imidacloprid	20 cc/16 litros	Insecticida sistémico.	Aplicación al follaje
	Organofosforado chlorpyrifos	75 cc/16 litros	Insecticida contacto como por ingestión	Aplicación al follaje
	N 69-CaO 350 - Zn100 - B50 g/l	100cc/16 litros	foliar	Aplicación al follaje
	K2O 32.2%- P2O5 5.1%	100cc/16 litros	foliar	Aplicación al follaje
110 DDS (DESEPUES DE LA SIEMBRA)	Defoliación.		Corte del follaje.	
120 DDS (DIA DESEPUES DE LA SIEMBRA)	Cosecha		Recolección de tubérculos.	