

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS:

**Técnica del elemento faltante y presente en la evaluación
nutricional de 10 zonas agrícolas de Acosvinchos
a 2850 msnm - Ayacucho, 2023**

Para optar el título profesional de:

INGENIERA AGRÓNOMA

PRESENTADO POR:

Bach. Yessica SULCA CURAHUA

ASESOR:

Mtro. Rodolfo ALCA MENDOZA

AYACUCHO - PERÚ

2024

*A mis padres Fermín Sulca y Elisabeth Curahua,
mis queridos hermanos Miriam, Fermín William,
German Joshua, por su apoyo permanente en mi
formación personal y profesional.*

*A mis dos abuelitas Lucia Acuña y Mercedes
Quispichito, que alumbran mi vida diaria desde
el cielo.*

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme la oportunidad de haber cursado la carrera universitaria con buena salud y entusiasmo en cada una de las etapas.

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH). A la Escuela Profesional de Agronomía de la Facultad de Ciencias Agrarias por haberme brindado el espacio y las herramientas necesarias para poder desarrollarme profesionalmente.

Al Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, asesor del presente trabajo de investigación quien me dio la confianza de poder aplicar los conocimientos obtenidos durante mi formación profesional; asimismo, por su apoyo y sugerencias oportunas que me permitieron culminar satisfactoriamente el presente trabajo de investigación.

Al M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez, por sus sugerencias y apoyo durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Agradecer a todos mis compañeros y amigos, quienes me brindaron su ayuda de diferentes maneras en la ejecución y culminación del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras.....	ix
Resumen.....	1
Introducción	2
CAPÍTULO I.....	4
MARCO TEÓRICO	4
1.1. ANTECEDENTES	4
1.2. EL SUELO.....	4
1.3. EL PERFIL DEL SUELO	5
1.4. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS.....	5
1.5. MUESTREO DE SUELO	6
1.6. PROFUNDIDAD DE MUESTREO	6
1.7. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS	7
1.8. TÉCNICA DEL ELEMENTO FALTANTE	7
1.9. TÉCNICA DEL ELEMENTO PRESENTE.....	8
1.10. FACTORES QUE AFECTAN LA FERTILIDAD DEL SUELO	9
1.10.1. Factores físicos.....	9
1.10.2. Factores químicos	10
1.10.3. Factores biológicos	10
CAPÍTULO II	12
METODOLOGÍA.....	12
2.1. UBICACIÓN.....	12
2.2. CONDICIONES CLIMÁTICAS	12
2.3. DISEÑO METODOLÓGICO	13
2.4. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO	14
2.5. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	16
CAPÍTULO III.....	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18

3.1. RESULTADO DEL ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE LAS 10 COMUNIDADES DEL DISTRITO DE ACOSVINCHOS.....	19
3.2. RESULTADO DEL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DE TOMATE (G/MACETA) POR COMUNIDADES.....	20
3.2.1. Comunidad de Pamparque	20
3.2.2. Comunidad de Acosvinchos.....	24
3.2.3. Comunidad de Ayahuarco	28
3.2.4. Comunidad de Pampana	32
3.2.5. Comunidad de Urpay Alto.....	36
3.2.6. Comunidad de Urpay Centro	40
3.2.7. Comunidad de Paucarpata.....	44
3.2.8. Comunidad de Matarilla	48
3.2.9. Comunidad de Huaychao	52
3.2.10. Comunidad de Capillapata.....	56
CONCLUSIONES.....	62
RECOMENDACIONES	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
ANEXOS.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. Tratamientos para la técnica del elemento faltante.....	8
Tabla 1.2. Tratamientos para la técnica del elemento presente.....	9
Tabla 1.3. Tratamientos para la técnica del elemento presente y faltante.....	9
Tabla 2.1. Datos meteorológicos: temperaturas (máxima, promedio, mínimo), balance hídrico y precipitación.	12
Tabla 2.2. Distribución de las unidades experimentales.	14
Tabla 2.3. Zonas agrícolas de las comunidades en su respectivo centro poblado, perteneciente al distrito de Acosvinchos.....	14
Tabla 2.4. Niveles de nitrógeno, fósforo y potasio para el abonamiento.....	15
Tabla 2.5. Estructura de los tratamientos en el D3J, para K=3.....	17
Tabla 3.1. Resultado del análisis de caracterización de los 10 suelos agrícolas evaluados.	19
Tabla 3.2. ANVA del rendimiento de materia seca de la planta de tomate de 45 días.	20
Tabla 3.3. Prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Pamparque	20
Tabla 3.4. ANVA de la regresión lineal múltiple para el rendimiento de materia seca (g/maceta) de la planta de tomate de 45 días. Comunidad de Pamparque- zona 1.....	21
Tabla 3.5. Prueba de Tukey para los coeficientes de regresión del modelo polinomial de la comunidad de Pamparque – zona 1.....	21
Tabla 3.6. ANVA del rendimiento de materia seca de la planta de tomate de 45 días.	24
Tabla 3.7. Prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Acosvinchos.....	24
Tabla 3.8. ANVA de la regresión lineal múltiple para el rendimiento de materia seca (g/maceta) de la planta de tomate de 45 días. Comunidad de Acosvinchos- zona 2.	25
Tabla 3.9. Prueba de Tukey para los coeficientes de regresión del modelo polinomial de la comunidad de Acosvinchos- zona 2.....	25
Tabla 3.10. ANVA del rendimiento de materia seca de la planta de tomate de 45 días.	28
Tabla 3.11. Prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Ayahuarco.....	28

Tabla 3.12. ANVA de la regresión lineal múltiple para el rendimiento de la materia seca (g/maceta) de la planta de tomate de 45 días. Comunidad de Ayahuarco- zona 3.....	29
Tabla 3.13. Prueba de Tukey para los coeficientes de regresión del modelo polinomial de la comunidad de Ayahuarco – zona 3.	29
Tabla 3.14. ANVA del rendimiento de materia seca de la planta de tomate de 45 días.	32
Tabla 3.15. Prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Pampana.....	32
Tabla 3.16. ANVA de la regresión lineal múltiple para el rendimiento de la materia seca (g/maceta) de la planta de tomate de 45 días. Comunidad de Pampana – Zona 4.....	33
Tabla 3.17. Prueba de Tukey para los coeficientes de regresión del modelo polinomial de la comunidad de Pampana- zona 4.....	33
Tabla 3.18. ANVA del rendimiento de materia seca de la planta de tomate de 45 días.	36
Tabla 3.19. Prueba de Tukey en el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Urpay Alto.	36
Tabla 3.20. ANVA de la regresión lineal múltiple para el rendimiento de la materia seca (g/maceta) de la planta de tomate de 45 días. Comunidad de Urpay alto- zona 5.....	37
Tabla 3.21. Prueba de Tukey para los coeficientes de regresión del modelo polinomial de la comunidad de Urpay alto – zona 5.....	37
Tabla 3.22. ANVA del rendimiento de materia seca de la planta de tomate de 45 días.	40
Tabla 3.23. Prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Urpay Centro	40
Tabla 3.24. ANVA de la regresión lineal múltiple para el rendimiento de la materia seca (g/maceta) de la planta de tomate de 45 días. Comunidad de Urpay centro- zona 6.	41
Tabla 3.25. Prueba de Tukey para los coeficientes de regresión del modelo polinomial de la comunidad de Urpay centro – zona 6.....	41
Tabla 3.26. ANVA del rendimiento de materia seca de la planta de tomate de 45 días.	44
Tabla 3.27. Prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Paucarpata.....	44

Tabla 3.28. ANVA de la regresión lineal múltiple para el rendimiento de materia seca (g/maceta) de la planta de tomate de 45 días. Comunidad de Paucarpata- zona 7.....	45
Tabla 3.29. Prueba de Tukey para los coeficientes de regresión del modelo polinomial de la comunidad de Paucarpata – zona 7	45
Tabla 3.30. ANVA del rendimiento de materia seca de la planta de tomate de 45 días.	48
Tabla 3.31. Prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Matarilla.....	48
Tabla 3.32. ANVA de la regresión lineal múltiple para el rendimiento en materia seca (g/maceta) de la planta de tomate de 45 días. Comunidad de Matarilla- zona 8.....	49
Tabla 3.33. Prueba de Tukey para los coeficientes de regresión del modelo polinomial de la comunidad de Matarilla – zona 8	49
Tabla 3.34. ANVA del rendimiento de materia seca de la planta de tomate de 45 días.	52
Tabla 3.35. Prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Huaychao	52
Tabla 3.36. ANVA de la regresión lineal múltiple para el rendimiento de materia seca (g/maceta) de la planta de tomate de 45 días. Comunidad de Huaychao- zona 9.....	53
Tabla 3.37. Prueba de Tukey para los coeficientes de regresión del modelo polinomial de la comunidad de Huaychao – zona 9	53
Tabla 3.38. ANVA del rendimiento de la materia seca de la planta de tomate de 45 días	56
Tabla 3.39. Prueba de Tukey en el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Capillapata.....	56
Tabla 3.40. ANVA de la regresión lineal múltiple para el rendimiento de materia seca (g/maceta) de la planta de tomate de 45 días. Comunidad de Capillapata- zona 10.....	57
Tabla 3.41. Prueba de Tukey para los coeficientes de regresión del modelo polinomial de la comunidad de Capillapata – zona 10	57

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. Datos meteorológicos: temperaturas (máxima, promedio, mínimo), balance hídrico y precipitación.	13
Figura 3.1. Respuesta del rendimiento de materia seca de la planta de tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Pamparque.....	22
Figura 3.2. Superficie de respuesta de la interacción de NP	23
Figura 3.3. Superficie de respuesta de la interacción de NK	23
Figura 3.4. Superficie de respuesta de la interacción de PK.....	23
Figura 3.5. Respuesta del rendimiento de materia seca de la planta de tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Acosvinchos	26
Figura 3.6. Superficie de respuesta de la interacción de NP	27
Figura 3.7. Superficie de respuesta de la interacción de NK	27
Figura 3.8. Superficie de respuesta de la interacción de PK.....	27
Figura 3.9. Respuesta del rendimiento de materia seca de la planta de tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Ayahuarco	30
Figura 3.10. Superficie de respuesta de la interacción de NP	31
Figura 3.11. Superficie de respuesta de la interacción de NK	31
Figura 3.12. Superficie de respuesta de la interacción de PK.....	31
Figura 3.13. Respuesta del rendimiento de materia seca de la planta de tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Pampana	34
Figura 3.14. Superficie de respuesta de la interacción de NP	35
Figura 3.15. Superficie de respuesta de la interacción de NK	35
Figura 3.16. Superficie de respuesta de la interacción de PK.....	35
Figura 3.17. Respuesta del rendimiento de la materia seca de la planta tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Urpay Alto.....	38
Figura 3.18. Superficie de respuesta de la interacción de NP	39
Figura 3.19. Superficie de respuesta de la interacción de NK	39
Figura 3.20. Superficie de respuesta de la interacción de PK.....	39
Figura 3.21. Respuesta del rendimiento de materia seca de la planta de tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Urpay Centro.....	42
Figura 3.22. Superficie de respuesta de la interacción de NP	43
Figura 3.23. Superficie de respuesta de la interacción de NK	43
Figura 3.24. Superficie de respuesta de la interacción de PK.....	43

Figura 3.25. Respuesta del rendimiento de materia seca de la planta de tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Paucarpata	46
Figura 3.26. Superficie de respuesta de la interacción de NP	47
Figura 3.27. Superficie de respuesta de la interacción de NK	47
Figura 3.28. Superficie de respuesta de la interacción de PK.....	47
Figura 3.29. Respuesta del rendimiento de materia seca de la planta de tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Matarilla	50
Figura 3.30. Superficie de respuesta de la interacción de NP	51
Figura 3.31. Superficie de respuesta de la interacción de NK	51
Figura 3.32. Superficie de respuesta de la interacción de PK.....	51
Figura 3.33. Respuesta del rendimiento de materia seca de la planta de tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Huaychao.....	54
Figura 3.34. Superficie de respuesta de la interacción de NP	55
Figura 3.35. Superficie de respuesta de la interacción de NK	55
Figura 3.36. Superficie de respuesta de la interacción de PK.....	55
Figura 3.37. Respuesta del rendimiento de materia seca de la planta de tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Capillapata	58
Figura 3.38. Superficie de respuesta de la interacción de NP	59
Figura 3.39. Superficie de respuesta de la interacción de NK	59
Figura 3.40. Superficie de respuesta de la interacción de PK.....	59
Figura 3.41. Rendimientos de materia seca de la planta de tomate de 45 días de las 10 zonas agrícolas.....	60

RESUMEN

El trabajo de investigación tuvo como objetivo principal evaluar el estado nutricional de los suelos agrícolas del distrito de Acosvinchos, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho; se evaluaron algunas propiedades físicas (textura), químicas (pH, CIC, N-total) y biológicas (rendimiento en materia seca de tomate). Se delimitaron 10 zonas agrícolas para evaluar la fertilidad de los suelos a través de la técnica del elemento faltante y presente, utilizando como planta indicadora el tomate (*Solanum lycopersicum*) en macetas, se encontró que la zona agrícola de Acosvinchos (Z2) reportó un rendimiento mayor de materia seca con 6.46 g/maceta con el T8 (C) en comparación de Matarilla (Z8) con 3.68 g/maceta con el T6 (-P). Asimismo, se identificó que el nitrógeno es el elemento crítico y más influyente con un rendimiento alcanzando de 4.94 g/maceta correspondiente al T2 (+N) a la zona de Acosvinchos. Además, se encontró diferentes clases texturales que van desde suelos arcillosos (Paucarpata y Urpay Alto) hasta suelos franco arenosos (Pamparque). Con respecto a la CIC, el suelo con mayor valor 23.5 (cmol (+). kg⁻¹) es de la comunidad de Acosvinchos y el suelo con el valor mínimo de 10.2 (cmol (+).kg⁻¹) es de la comunidad de Pamparque. La variación del pH en general va desde 5.62 (comunidad de Ayahuarco) considerándose la reacción de estos suelos son de naturaleza ácida, a excepción del suelo de la comunidad de Acosvinchos que se encontró con un valor de 7.08 (neutro).

Palabras clave: Técnica del elemento faltante y presente, materia seca, nutriente crítico.

INTRODUCCIÓN

El suelo es muy importante en la producción agrícola, la agricultura es la fuente principal de la alimentación y de ingresos económicos, en la cual los agricultores comercializan su producción al mercado regional e internacional; esta práctica lo realizan con un manejo deficiente del recurso suelo y en consecuencia genera el deterioro físico, químico y biológico. Para realizar la evaluación de la fertilidad del suelo se realiza una labor compleja, por la diversidad de condiciones físicas, químicas y biológicas que presentan e interactúan en ella.

La baja producción en las zonas agrícolas de Acosvinchos puede darse por diferentes factores entre ellos el suelo, el deficiente manejo del recurso suelo, la escasa información relevante y el difícil acceso a investigaciones por parte de los agricultores generan el deterioro del suelo y por ende la baja producción. A través de la técnica del elemento faltante y presente en la evaluación nutricional de N, P, K, de 10 zonas agrícolas, mediante el uso como planta indicadora al tomate, se evaluará las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. Así mismo el uso adecuado del recurso suelo y determinando las necesidades reales de los nutrientes para los cultivos, además de brindar información detallada de las condiciones de fertilidad de dichas zonas agrícolas.

Por estas consideraciones se planteó el presente trabajo de investigación con los siguientes objetivos:

Objetivo general

Desarrollar la técnica del elemento faltante y presente para conocer el estado nutricional de 10 zonas agrícolas, Acosvinchos a 2850 msnm – Ayacucho, 2023.

Objetivos específicos

1. Determinar las propiedades físicas de las 10 zonas agrícolas de Acosvinchos a 2850 msnm – Ayacucho,2023.
2. Conocer las propiedades químicas de las 10 zonas agrícolas de Acosvinchos a 2850 msnm – Ayacucho,2023.
3. Determinar el rendimiento en materia seca (g) de la planta de tomate de las 10 zonas agrícolas de Acosvinchos a 2850 msnm – Ayacucho,2023.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES

Ramírez (2024), evaluó la influencia de lombricompost sólido a base de mazorcas de cacao y su lixiviado en el rendimiento de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill); la presencia y omisión en niveles de lombricompost sólido y lixiviado muestran que hay una influencia positiva en el crecimiento de un 50.9% con respecto a testigo y en el rendimiento de frutos de tomate se obtuvo un 63% en comparación al testigo; la aplicación de diferentes dosis de solo lombricompost sólido muestra que hay una respuesta positiva en el crecimiento en un 22.9% respecto al testigo. La aplicación de solo lixiviado de lombricompost muestra una respuesta positiva en el crecimiento, longitud y diámetro de fruto.

Vilcatoma (2017), evaluó el estado nutricional de suelos agrícolas de las localidades de Colca y Quilla del distrito de Colca, provincia de Víctor Fajardo departamento de Ayacucho, también realizó una evaluación edafológica en campo; a través de los factores físicos, químicos y biológicos. Se realizó el análisis de caracterización en laboratorio y también se evaluó por el método biológico (Técnica del Elemento Faltante “EF” y del Elemento Presente “EP”), usando el tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) en macetas. Obteniendo lo siguiente: el estado de fertilidad química de las 13 zonas agrícolas muestra una secuencia de mayor fertilidad en Paraccpampa (Z9) y menor fertilidad en Sunchupampa (Z11); siendo el P y el N, los elementos que más influyen y limitan el rendimiento de la planta de tomate. (p.8)

1.2. EL SUELO

La capa superficial de la tierra, conocida como suelo, es lo que queda después de que la roca madre se ha descompuesto gradualmente.

Gonzales (2006), señala que el suelo es una parte esencial de la biosfera. También cumple una variedad de funciones vitales para la vida, como producir alimentos y biomasa y almacenar, filtrar y transformar una amplia gama de sustancias, entre ellas el carbono, el nitrógeno y el agua. Además de ser la base de la actividad humana, el paisaje y el patrimonio cultural, el suelo también proporciona materias primas. (p.10)

El suelo se forma a partir del material original denominada roca madre y es sometida a unos procesos complejos y continuos de meteorización y edafización hasta convertirse en partículas muy pequeñas donde los factores biológicos, físicos y químicos, son los principales responsables de estas transformaciones. El clima, el relieve, el tiempo y los organismos vivos son otros factores formadores del suelo y la acción de estos determina la desintegración de la roca sólida (roca madre) en partículas cada vez más finas. (Hernández, 2019)

1.3. EL PERFIL DEL SUELO

Honorato (2000, citado Palomino, 2021) menciona que la meteorización de las rocas y la descomposición del material parental por parte de los organismos dan lugar a la formación de horizontes genéticos en determinadas condiciones, lo que crea el perfil. Aunque este proceso es muy lento y no siempre se observa, puede haber conexiones entre los elementos formativos y las características del suelo. (p.4)

El perfil del suelo se puede observar excavando un hoyo en el suelo de una profundidad promedio de 2 metros que comúnmente llamamos calicata, en uno de sus lados se observa la evolución del suelo a través de capas u horizontes.

1.4. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

Jaramillo (2002), menciona que la caracterización y clasificación de los suelos, la evaluación y determinación de los límites finales de las unidades de suelo encontradas en la fotointerpretación ajustada, y el establecimiento de las relaciones entre el paisaje y el suelo, imagen del terreno, son sin duda las actividades más cruciales del trabajo de campo. También se describen las actividades que se desarrollan en esta etapa, que son las siguientes: (p.103)

- Aplicar las condiciones socioeconómicas de la zona.
- Observar el uso y manejo que se está haciendo de los suelos.

- Definir el patrón de distribución de los suelos.
- Establecer las limitantes de uso que presentan los suelos.
- Clasificar taxonómicamente los suelos.
- Establecer los rasgos de características de las clases de los suelos definidos.
- Describir los perfiles modales de cada clase de suelos.
- Colectar las muestras de los suelos para el análisis de laboratorio.

1.5. MUESTREO DE SUELO

Mendoza y Espinoza (2017) menciona que es fundamental realizar un croquis o mapa de la unidad de producción, ya que en él se mostrarán las ubicaciones y los nombres de los lotes y parcelas donde se realizará el muestreo. Para hacer un seguimiento de cómo ha cambiado el manejo del suelo a lo largo del tiempo, es necesario conservar este croquis junto con los resultados de los análisis y los rendimientos. (p.16)

FAO (2000), explica que es necesario documentar el código y la profundidad de la muestra. Independientemente del horizonte del que se hayan tomado las muestras, se recomienda que el número asignado a la muestra coincida con el perfil del suelo o el número de la calicata. A esto debe seguir una designación con una letra mayúscula (A, B, C, D, etc.) y el rango de profundidad de cada muestra, medido desde abajo hasta arriba. Se recomienda no tomar muestras en el borde del horizonte; cada muestra no debe pesar más de 1 kg.

1.6. PROFUNDIDAD DE MUESTREO

Mendoza y Espinoza (2017) menciona que el tipo de cultivo (desarrollo de las raíces) y el objetivo del análisis del suelo determinan la profundidad de muestreo. En función del aporte nutricional del suelo y de las necesidades de los cultivos, los resultados de los análisis del suelo se utilizan para controlar la fertilización en el contexto de los cultivos. (p.17)

La Corpoica (2012, citado por Mendoza y Espinoza, 2017), recomienda las siguientes profundidades (p.17).

- 0 a 10 cm para pastos utilizados en pastoreo.
- 0 a 25 cm para cultivos comerciales y pastos de corte.
- 0 a 25 y 25 a 50 cm para frutales y especies forestales, en general.

En ese sentido se tomará la medida estándar de 0 a 20 cm, ya que la mayoría de los cultivos tienen su área radicular a esta profundidad.

1.7. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS

La evaluación de la fertilidad es importante para tener una mayor información y amplitud de toma de decisiones respecto a ese suelo.

Millar y Hernando (1964, citado por Quisuruco, 2014) mencionan que la disponibilidad de nutrientes de un suelo se puede identificar y predecir a través de la evaluación de la fertilidad del suelo. Además de estar situado en una zona climática que ofrezca suficiente humedad, luz y calor para satisfacer las necesidades de las plantas, el suelo debe contener todos los elementos nutricionales que una planta requiere de las fracciones minerales y orgánicas del suelo en cantidades y equilibrio adecuados. Los materiales tóxicos tampoco deben estar presentes en cantidades suficientes, ya que limitan gravemente la capacidad del suelo para crecer y mantener condiciones estructurales adecuadas. (p. 20)

Se emplean diversas técnicas para determinar el grado de fertilidad de un suelo, estas son:

- Síntomas de deficiencia de nutrientes en las plantas.
- Análisis foliar o análisis de los tejidos de las plantas que crecen en el suelo.
- Test biológico.
- Test químico del suelo.

Tisdale y Nelson (1985, citado por Quisuruco, 2014) mencionan que el único método para evaluar la fertilidad del suelo que no requiere equipo costoso o especializado es el método de síntomas de deficiencia, que puede utilizarse además de las técnicas de diagnóstico de síntomas basadas en mediciones u observaciones del crecimiento de las plantas. (p. 20)

1.8. TÉCNICA DEL ELEMENTO FALTANTE

Esta técnica se basa en la falta de un elemento o la presencia del mismo por debajo del nivel mínimo que requiere la planta para poder desarrollarse completamente, esto dificulta e impide el crecimiento. (Tineo, 2014)

Según Tineo (2014), en la técnica del elemento faltante, se comparan los rendimientos de los cultivos cuando se aporta un elemento a través de la fertilización con los rendimientos de los cultivos cuando el elemento está ausente del suelo debido a la fertilización. Esto pone de manifiesto que la ausencia del elemento en el fertilizante del suelo dificulta el crecimiento de la planta; si no es así, el suelo contiene el elemento en cantidades suficientes para sustentar a la planta. (p.63)

Cuando se emplea el Diseño 03 de julio, los tratamientos factorial, $2k$, para $k=$ (T1: -1,-2; T2: 2, -2; T3: -2,2 T4: 2,2) son equivalentes a los tratamientos propuestos para el diagnóstico de la fertilidad del suelo por la técnica del elemento faltante.

Tabla 1.1

Tratamientos para la técnica del elemento faltante

Símbolo	Características
-N	Con todos los nutrientes, menos nitrógeno
-P	Con todos los nutrientes, menos fósforo
-K	Con todos los nutrientes, menos el potasio
C	Completo, abonado con nitrógeno, fósforo y potasio.

1.9. TÉCNICA DEL ELEMENTO PRESENTE

Según Tineo (2014) “La técnica del elemento presente, consiste en comparar los rendimientos del cultivo, cuando se hace disponible un elemento en el suelo, mediante la fertilización, con los rendimientos del mismo cultivo, cuando solo se ha empleado la fertilidad natural del suelo”. (p.64)

En este sentido, es evidente que la fertilización agrega un elemento que influye en el desarrollo de la planta; en ausencia de fertilización, el suelo ya contiene el elemento en cantidades suficientes para soportar la planta.

Haciendo uso del mismo diseño, el tratamiento factorial, $2k$, para $K=2$ (T1: -2,-2; T2: -2,2; T3:2,-2; T4:2,2) se pueden utilizar, para el diagnóstico de la fertilidad del suelo por la técnica del elemento presente:

Tabla 1.2*Tratamientos para la técnica del elemento presente*

Símbolo	Características
T	Testigo, sin abonamiento
+N	con todos los nutrientes, menos nitrógeno
+P	con todos los nutrientes, menos fósforo
+K	con todos los nutrimentos, menos el potasio

En conclusión, para la técnica de elemento faltante y presente se daría de la siguiente manera mediante el diseño 03 de julio:

Tabla 1.3*Tratamientos para la técnica del elemento presente y faltante*

Trat.	X1	X2	X3	Descripción
1	-2	-2	-2	T: testigo, sin abonar
2	2	-2	-2	+N: abonado solo con nitrógeno
3	-2	2	-2	+P: abonado solo con potasio
4	2	2	-2	-K: abonado solo con nitrógeno y fósforo; sin potasio.
5	-2	-2	2	+K: abonado solo con potasio
6	2	-2	2	-P: abonado solo con nitrógeno y potasio; sin fósforo.
7	-2	2	2	-N: abonado solo con fósforo y potasio; sin nitrógeno.
8	2	2	2	C: completo, abonado con nitrógeno, fósforo y potasio.

1.10. FACTORES QUE AFECTAN LA FERTILIDAD DEL SUELO

1.10.1. Factores físicos

A. Textura

La cantidad de materiales inorgánicos, como arena, limo y arcilla, que se presentan en distintos tamaños y formas, se denomina textura del suelo. La textura es un componente crucial, ya que afecta a una variedad de atributos, incluido el contenido de materia orgánica, el drenaje, la aireación, la fertilidad y la retención de agua (FAO, 2006).

Las distintas clases de textura del suelo son el resultado de las distintas proporciones en que se combinan cada uno de estos tamaños de partículas. Se trata de términos particulares que ofrecen un concepto sintético para utilizar los datos proporcionados por los contenidos de los distintos tamaños de partículas (Enrique, 2003).

1.10.2. Factores químicos

A. pH del suelo

El nivel de pH de un suelo se puede utilizar para determinar su acidez, neutralidad o alcalinidad. Normalmente, la escala de pH se muestra en un intervalo de 0 a 14. Cuando el pH cae por debajo de 7, el agua se considera básica; cuando el pH sube por encima de 7, el agua se considera ácida. Los valores inferiores a 7 indican que la concentración de iones de hidrógeno es mayor que la concentración de iones de hidróxido (Osorio & Vargas, 2005).

B. Capacidad de Intercambio Catiónico- CIC

La CIC “Se define el cambio iónico como los procesos reversibles por los cuales las partículas sólidas del suelo adsorben iones de la fase acuosa liberando al mismo tiempo otros iones en cantidades equivalentes, estableciéndose el equilibrio entre ambas fases”. (Abrego, s.f., p.3)

La unidad de medida de la CIC es centimoles por kilogramo de suelo (cmol (+). kg^{-1} o meq/100g)

1.10.3. Factores biológicos

A. Materia orgánica

Carrasco (2017), explica que los restos de plantas y animales en diferentes etapas de descomposición componen la materia orgánica del suelo. Las diferentes cantidades de materia orgánica tienen diversos efectos positivos sobre el suelo, entre ellos, mejores condiciones físicas, mayor infiltración de agua, menor erosión del suelo y provisión de nutrientes para la absorción de las plantas. La liberación de sustancias como resultado de la descomposición de los residuos orgánicos en el suelo es la mayor ventaja. (p.16)

Sadeghian (2010), menciona que el componente químicamente más activo del suelo se denomina materia orgánica (MO). Es un vasto depósito geoquímico de carbono (C) y almacena varios elementos necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Además, la MO estimula la estructura del suelo, ayuda a la capacidad de intercambio catiónico (CIC), regula el pH y ayuda a mantener las relaciones adecuadas entre el aire y el agua en los suelos. (p.12)

Sadeghian (2010), menciona “La materia orgánica del suelo se compone principalmente de C (52% a 58%), oxígeno-O (34% a 39%), hidrógeno-H (3,3% a 4,4%) y nitrógeno-N (3,7% a 4,1%); otros elementos que se destacan son el fósforo (P) y el azufre (S)”. (p.12)

CAPÍTULO II
METODOLOGÍA

2.1. UBICACIÓN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el invernadero del área de suelos de la Escuela Profesional de Agronomía de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho. A una altitud de 2792° m.s.n.m. encontrándose entre las coordenadas geográficas 13°08'38'' latitud sur y 74°13'17'' longitud oeste.

2.2. CONDICIONES CLIMÁTICAS

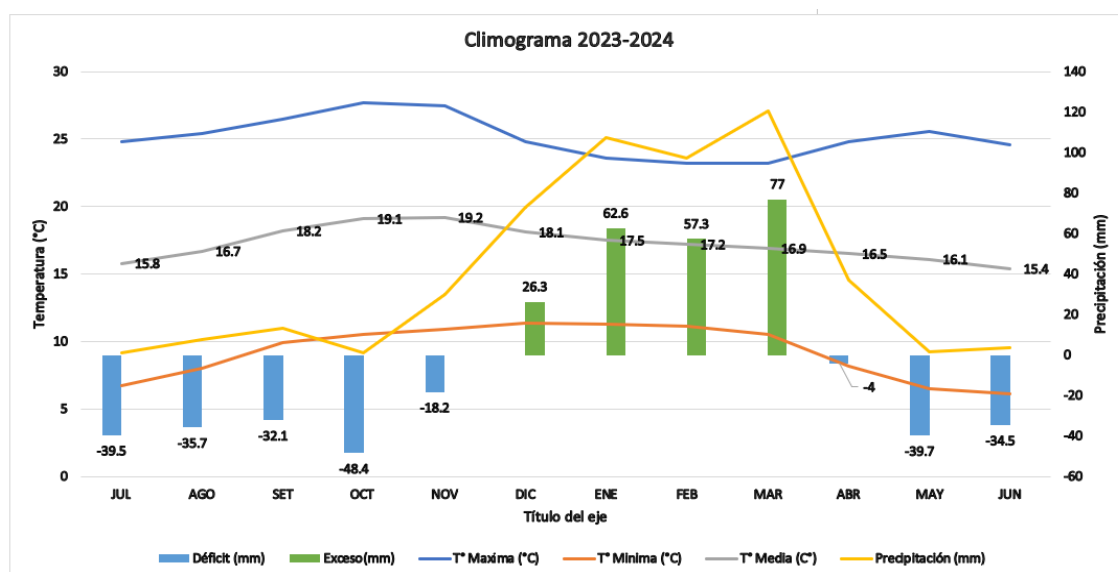
Tabla 2.1
Datos meteorológicos: temperaturas (máxima, promedio, mínimo), balance hídrico y precipitación

AÑO	2023						2024					
MESES	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
T° Máxima (°C)	24.8	25.4	26.5	27.7	27.5	24.8	23.6	23.2	23.2	24.8	25.6	24.6
T° Mínima (°C)	6.7	8	9.9	10.5	10.9	11.4	11.3	11.1	10.5	8.2	6.5	6.1
T° Media (°C)	15.8	16.7	18.2	19.1	19.2	18.1	17.5	17.2	16.9	16.5	16.1	15.4
Factor	4.96	4.96	4.8	4.96	4.8	4.96	4.96	4.48	4.96	4.8	4.96	4.8
ETP (mm)	78.1	82.8	87.4	94.7	92.2	89.8	86.6	76.8	83.6	79.2	79.6	73.7
Precipitación (mm)	1.1	7.4	13.3	0.9	29.7	73	108	97.3	120.5	37.2	1.7	3.8
ETP Ajust. (mm)	40.6	43.1	45.4	49.3	47.9	46.7	45	40	43.5	41.2	41.4	38.3
H del suelo (mm)	-39.5	-35.7	-32.1	-48.4	-18.2	26.3	62.6	57.3	77	-4	-39.7	-34.5
Déficit (mm)	-39.5	-35.7	-32.1	-48.4	-18.2					-4	-39.7	-34.5
Exceso(mm)						26.3	62.6	57.3	77			

Fuente: Estación meteorológica de INIA (SENAMHI) – Ayacucho.

Figura 2.1

Datos meteorológicos: temperaturas (máxima, promedio, mínimo), balance hídrico y precipitación



Fuente: Estación meteorológica de INIA (SENAMHI) – Ayacucho.

2.3. DISEÑO METODOLÓGICO

A. Delimitación de zonas agrícolas

La delimitación de las 10 zonas agrícolas del distrito de Acosvinchos se realizó en las zonas más representativas a través de la observación e interpretación de la fisiografía del terreno.

B. Metodología

Para la determinación de las características físicas y químicas del suelo, se tomaron muestras en diferentes puntos de las 10 zonas agrícolas del distrito de Acosvinchos, las que se homogenizaron y se obtuvieron una muestra representativa de cada una de las zonas agrícolas, representado aproximadamente por 4.00 kg de suelo como muestra por cada zona agrícola, de las cuales se tomó 1kg de muestra de suelo por zona para remitir al Laboratorio de análisis de suelos especializados. Se utilizó la técnica del elemento faltante y presente para determinar el rendimiento en materia seca (g/maceta) de la planta de tomate de 45 días.

C. Unidades experimentales

La unidad experimental está constituida por macetas de 200g de capacidad, al que se depositó la muestra de suelo seco al aire y se tamizó con una malla de 2.65mm de

diámetro. Se combinó 8x10 (tratamientos por suelo), con 3 repeticiones por tratamiento; El modelo a aplicar en cuanto a la técnica de elemento faltante y presente será el diseño completamente al azar; T, +N, +P, -K, +K, -P, -N, C; La evaluación de la fertilidad de los suelos se determinó en función al análisis químico de los suelos comparando con el peso de materia seca (g/maceta) de las plantas de tomate a los 45 días luego del trasplante, las unidades experimentales están constituidas de la siguiente manera.

Tabla 2.2

Distribución de las unidades experimentales

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	-2,-2, -2	2, -2, -2	-2, 2, -2	2, 2, -2	-2, -2, 2	2,-2, 2	-2, 2, 2	2, 2, 2
R2	-2,-2, -2	2, -2, -2	-2, 2, -2	2, 2, -2	-2, -2, 2	2,-2, 2	-2, 2, 2	2, 2, 2
R3	-2,-2, -2	2, -2, -2	-2, 2, -2	2, 2, -2	-2, -2, 2	2,-2, 2	-2, 2, 2	2, 2, 2

2.4. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

A. Muestreo y preparación de muestras

Se tomó muestras representativas de los suelos en las 10 zonas agrícolas y se indican en la siguiente tabla.

Tabla 2.3

Zonas agrícolas de las comunidades en su respectivo centro poblado, perteneciente al distrito de Acosvinchos

Centro poblado	Zona	Comunidad
Acosvinchos	Zona 1	Pamparque
	Zona 2	Acosvinchos
	Zona 3	Ayahuarco
Urpay	Zona 4	Pampana
	Zona 5	Urpay alto
	Zona 6	Urpay centro
	Zona 7	Paucarpata
Huaychao	Zona 8	Matarilla
	Zona 9	Huaychao
	Zona 10	Capillapata

De estas zonas agrícolas se realizó muestreos a una profundidad de 20 cm; las muestras son aproximadamente de 4 kg de suelo de cada lugar. Las muestras se procedieron a secar al aire libre por un lapso de 5 días, posteriormente se realizó una molienda del suelo seco para triturar las partículas, luego se tamizó con una malla, después se homogenizó y fueron colocadas al microondas para culminar con el secado.

B. Instalación y monitoreo

La investigación se llevó a cabo en el invernadero del Área de Investigación en Suelos de la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

B.1. Preparación del almácigo y siembra

Se preparó el almácigo en una caja de almaciguera 40 cm x 50 cm con sustrato para que las semillas de la planta de tomate puedan germinar. Se sembró las semillas de tomate en surco corrido, después se procedió a tapar y regar a capacidad de campo. Los riegos se realizaron con frecuencia y a capacidad de campo durante 30 días aproximadamente, tiempo en el cual permaneció las plántulas en el almácigo.

B.2. Abonado

Para el ensayo se realizó un cálculo de fertilización partiendo de las recomendaciones técnicas del área de fertilidad de suelos de la Escuela Profesional de Agronomía, las mismas que se proporcionaron según la distribución de tratamientos, tal como se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2.4

Niveles de nitrógeno, fósforo y potasio para el abonamiento

Nutriente	kg. ha⁻¹	Fuente del elemento
N	200	Urea
P	240	Súper triple de calcio
K	120	Sulfato de potasio

B.3. Trasplante

Antes del proceso del trasplante es recomendable regar el suelo, para realizar y garantizar un buen trasplantado luego se tiene que tener en cuenta que la planta de tomate este bien enraizado y tenga 2 hojas principales. El tratamiento se realizó manualmente

colocando una plántula por cada macetero de vaso descartable de acuerdo a los tratamientos establecidos.

B.4. Riego

El riego se realizó a capacidad de campo de acuerdo a la necesidad de la planta.

B.5. Control fitosanitario

Las observaciones fitosanitarias se realizaron todos los días al igual que el riego.

B.6. Cosecha

Luego de los 45 días las plantas de tomate se cosecharon por encima del nivel del suelo (parte aérea) y se colocaron en bolsas de papel para luego ser llevadas a la estufa para su secado final, posteriormente se tomó el dato de peso de la planta de tomate seco.

2.5. PROCESAMIENTO DE DATOS

El trabajo de investigación se condujo utilizando el Diseño 03 de Julio (D3J) para la parte factorial, para tres factores, con tres repeticiones. Los niveles a emplearse en cada factor se indican a continuación tomando como referencia trabajos de investigación.

Ecuación matemática del modelo

$$Y_{ij} = u + z_i + T_j + (AB)_{ij} + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = variables de respuestas o rendimiento de materia seca.

U = media general.

Z_i = efecto del suelo de las zonas agrícolas.

$I = z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6, z_7, z_8, z_9, z_{10}, z_{11}, z_{12}, z_{13}, z_{14}, z_{15}, z_{16}.$

T_j = efecto de los tratamientos (EF y EP)

$J = t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7$ y t_8

$(AB)_{ij}$ = efecto de la interacción de suelo por tratamiento.

E_{ij} = variable aleatoria o error experimental

Tabla 2.5*Estructura de los tratamientos en el D3J, para K=3*

Trat.	Nivel codificado			Nutriente (kg. ha ⁻¹)			Descripción
	X1	X2	X3	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
T1	-2	-2	-2	0	0	0	T: Testigo
T2	2	-2	-2	200	0	0	+N: abonado solo con nitrógeno
T3	-2	2	-2	0	240	0	+P: abonado solo con fósforo
T4	2	2	-2	200	240	0	-K: sin potasio
T5	-2	-2	2	0	0	120	+K: abonado solo con potasio
T6	2	-2	2	200	0	120	-P: sin fósforo
T7	-2	2	2	0	240	120	-N: sin nitrógeno
T8	2	2	2	200	240	120	C: Completo, abonado con N, P, K

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observa en la tabla 3.1 la variación del pH en general va desde 5.62 (comunidad de Ayahuarco) a 7.08 (comunidad de Acosvinchos). La reacción de estos suelos es de naturaleza ácida; fluctuando desde muy fuerte a ligeramente ácidos a excepción del suelo de la comunidad de Acosvinchos que es 7.08 (neutro).

La tabla 3.1 presenta diferentes clases texturales que va desde suelos arcillosos (Paucarpata y Urpay alto) hasta suelos franco arenosos (Pamparque). La gran variedad de texturas se debe a la combinación de arena, limo y arcilla en diferentes porcentajes.

Con respecto a la CIC, el suelo con mayor valor 23.5 (cmol (+).kg⁻¹) es de la comunidad de Acosvinchos y el suelo con mínimo valor es 10.2 (cmol (+). kg⁻¹) es de la comunidad de Pamparque.

El contenido de materia orgánica (M.O.) de los suelos evaluados son bajos en las comunidades de Pamparque, Acosvinchos, Ayahuarco, Matarilla y Huaychao y los valores altos son de las comunidades de Pampana, Urpay Alto, Urpay Centro, Paucarpata y Capillapata. La temperatura, la humedad, la radiación solar y otros factores climáticos no serían favorables para el desarrollo de la masa vegetativa o la descomposición de compuestos orgánicos; por otro lado, los factores de textura afectan la capacidad de un organismo para liberar nutrientes de fuentes orgánicas.

En cuanto a los cationes cambiables como es el fósforo y el potasio, para el fósforo el mayor valor lo encontramos en la comunidad de Ayahuarco (Z3) con 56.9 ppm y el menor valor en la comunidad de Urpay alto (Z5) con un valor de 17.2 ppm; para el potasio el mayor valor lo encontramos en la comunidad de Pamparque (Z1) con 95.9 ppm y el menor valor lo encontramos en la comunidad de Paucarpata (Z7).

3.1. RESULTADO DEL ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE LAS 10 COMUNIDADES DEL DISTRITO DE ACOSVINCHOS

Tabla 3.1

Resultado del análisis de caracterización de los 10 suelos agrícolas evaluados

Muestra	Análisis mecánico (%)			Clase textural	pH	C.E	Ca	M.O.	Nt	Elementos		Cationes Cambiables (cmol (+).kg ⁻¹)							CIC
	Arena	Limo	Arcilla		(H ₂ O) 1:2:5	(dS/m) 1:1	CO ₃ (%)			Disp. (ppm)	P	K	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	k ⁺⁺	Na ⁺⁺	Al ⁺³	H ⁺	(cmol (+).kg ⁻¹)
Z1: Pamparque	68.6	16.9	14.5	Fr-Ao	6.26	0.2	0.0	1.39	0.07	32.9	95.9	6.08	1.68	0.49	0.28	0.0	0.0	0.0	10.2
Z2: Acosvinchos	16.6	42.9	40.5	Ar-L	7.08	0.5	0.0	1.62	0.08	28.5	77.3	10.8	7.92	0.40	0.46	0.0	0.0	0.0	23.5
Z3: Ayahuarco	58.6	18.9	22.5	Fr-Ar-Ao	5.62	0.2	0.0	1.50	0.07	56.9	81.3	4.72	2.32	0.42	0.14	0.0	0.0	0.0	11.4
Z4: Pampana	54.6	20.9	24.5	Fr-Ar-Ao	6.05	0.4	0.0	1.96	0.09	24.9	89.4	4.56	4.16	0.46	0.24	0.0	0.0	0.0	11.0
Z5: Urpay alto	38.6	18.9	42.5	Ar	5.98	0.4	0.0	1.73	0.08	17.2	72.5	4.32	3.12	0.37	0.22	0.0	0.0	0.0	15.7
Z6: Urpay centro	46.6	20.9	32.5	Fr-Ar-Ao	6.64	0.3	0.0	2.08	0.10	33.2	90.2	6.96	2.48	0.46	0.32	0.0	0.0	0.0	12.9
Z7: Paucarpata	36.6	19.9	43.5	Ar	5.88	0.4	0.0	1.73	0.08	35.3	70.1	3.84	3.12	0.36	0.26	0.0	0.0	0.0	13.7
Z8: Matarilla	52.6	16.9	30.5	Fr-Ar-Ao	6.26	0.5	0.0	1.15	0.06	44.5	82.1	5.12	3.92	0.42	0.24	0.0	0.0	0.0	14.2
Z9: Huaychao	46.6	19.9	33.5	Fr-Ar-Ao	5.78	0.5	0.0	1.62	0.08	35.1	85.4	6.96	4.56	0.44	0.16	0.0	0.0	0.0	17.0
Z10: Capillapata	48.6	15.9	35.5	Ar-Ao	6.21	0.4	0.0	2.31	0.12	53.5	87.0	5.28	1.76	0.45	0.28	0.0	0.0	0.0	12.8

Nota: Ao:Arenoso; AoFr: Arena franca; FrAo: Franco arenosos; Fr: Franco; FrL: Franco limoso; L: Limoso; FrArAo: Franco arcillo arenoso; FrAr: Franco arcilloso; FrArL: Franco arcilloso limoso; ArAo: Arcillo arenoso, ArL: Arcillo limoso; Ar: Arcilloso

Fuente: Laboratorio de suelos y análisis foliar del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería – UNSCH.

3.2. RESULTADO DEL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DE TOMATE (G/MACETA) POR COMUNIDADES

3.2.1. Comunidad de Pamparque

Tabla 3.2

ANVA del rendimiento de materia seca de la planta de tomate de 45 días

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Trat	7	27.61	3.94	15.49	<0.0001
Error	16	4.07	0.25		
Total	23	31.69			

C.V=17.82%

Tabla 3.2. de análisis de varianza (ANVA) indica diferencia significativa entre los tratamientos, el coeficiente de variación de 17.82 % indica que el experimento ha sido conducido adecuadamente con una alta confiabilidad.

Tabla 3.3

Prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Pamparque

Trat	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Descrip.	g/maceta	Signif.	
T4	200	240	0	-K	4.10	a	
T6	200	0	120	-P	4.03	a	
T8	200	240	120	C	3.85	a	
T2	200	0	0	+N	3.51	a	b
T5	0	0	120	+K	2.28		b c
T1	0	0	0	T	1.65		c
T3	0	240	0	+P	1.64		c
T7	0	240	120	-N	1.59		c

A partir de los resultados de la tabla 3.3. la omisión del potasio no perjudica en el rendimiento del tomate obteniéndose así un valor de 4.10 g/maceta. Por otro lado, no se encontró diferencia significativa en los tratamientos T4, T6, T8. La omisión del nitrógeno T7 (-N) perjudica significativamente en el rendimiento de la planta de tomate obteniéndose así un valor de 1.59 g/maceta.

Tabla 3.4

ANVA de la regresión lineal múltiple para el rendimiento de materia seca (g/maceta) de la planta de tomate de 45 días. Comunidad de Pamparque- zona 1

F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
X1	1	26.02084	26.02084	108.47333	<0.0001**
X2	1	0.03010	0.03010	0.12550	0.7275ns
X3	1	0.27520	0.27520	1.14725	0.2991ns
X1X2	1	0.45621	0.45621	1.90179	0.1856ns
X1X3	1	0.03760	0.03760	0.15676	0.6971ns
X2X3	1	0.78844	0.78844	3.28677	0.0875ns
Error	17	4.07800	0.23988		

En el análisis de variancia de la tabla 3.4., se observa que hay respuesta altamente significativa para el valor X1 (nitrógeno) siguiendo la codificación de la tabla 2.5, mientras que, para el fósforo, potasio y las interacciones no se encontraron respuesta significativa.

Tabla 3.5

Prueba de Tukey para los coeficientes de regresión del modelo polinomial de la comunidad de Pamparque – zona 1

Parámetro	Valor estimado	Error estándar	T para Ho: parámetro = 0	Pr>T
Intercepto	2.831250000	0.09997268	28.320	<0.0001**
X1	0.520625000	0.04998634	10.415	<0.0001**
X2	-0.017708333	0.04998634	-0.354	0.7275ns
X3	0.053541667	0.04998634	1.071	0.2991ns
X1X2	0.034479167	0.02499317	1.380	0.1856ns
X1X3	-0.009895833	0.02499317	-0.396	0.6971ns
X2X3	-0.045312500	0.02499317	-1.813	0.0875ns

Tabla 3.5 indica que hay respuesta al abonamiento nitrogenado; sin embargo, no se encontró respuesta al abonamiento con fósforo, potasio y las interacciones nitrógeno-fósforo, nitrógeno-potasio, fósforo-potasio. La importancia del nitrógeno de forma independiente es determinante en el incremento del rendimiento de la planta de tomate (g/maceta) en el suelo de la comunidad de Pamparque.

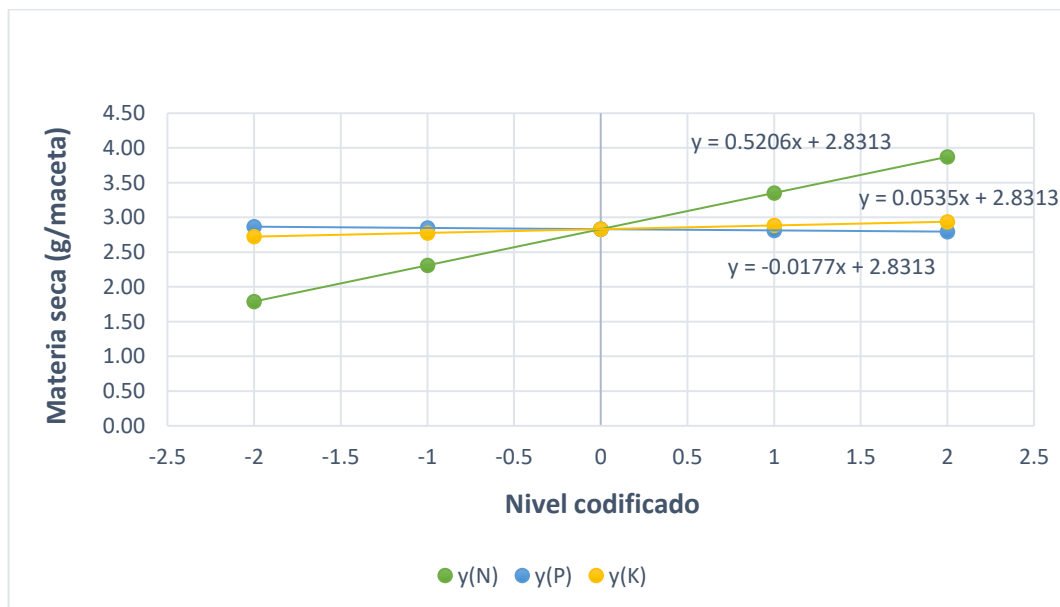
Este modelo matemático permite plantear fórmulas de abonamiento para el cultivo de tomate

$$Y = 2.831 + 0.521N - 0.018P + 0.054K + 0.034NP - 0.010NK - 0.045PK$$

Sus gráficos correspondientes son los siguientes:

Figura 3.1

Respuesta del rendimiento de materia seca de la planta de tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Pamparque



Otra manera de visualizar la deficiencia de nutrientes es en base a los modelos de la regresión generados en el procesamiento de datos de la tabla 3.5. en la figura 3.1 que corresponde a la respuesta de rendimiento de la planta de tomate (g/maceta) a la aplicación de N, P, K. Así mismo el nutriente con mayor pendiente es el nitrógeno y esto indica que hay mayor respuesta a la aplicación de esta a diferencia de la pendiente plana del fósforo.

Figura 3.2

Superficie de respuesta de la interacción de NP

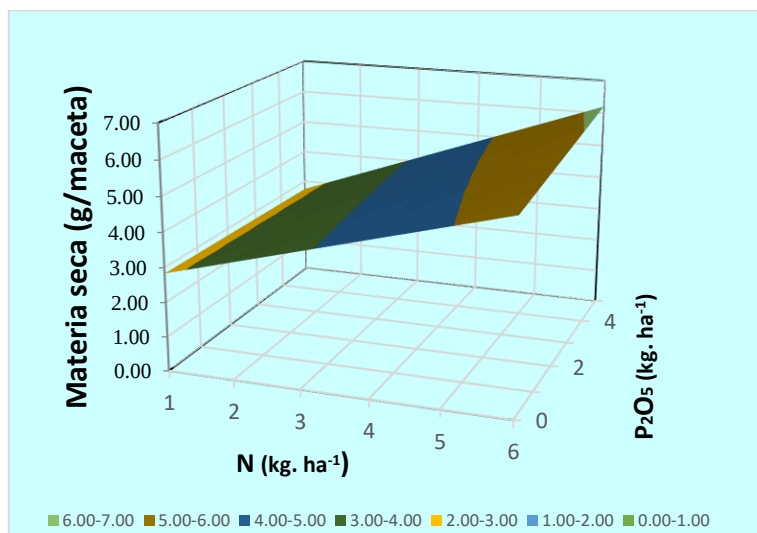


Figura 3.3

Superficie de respuesta de la interacción de NK

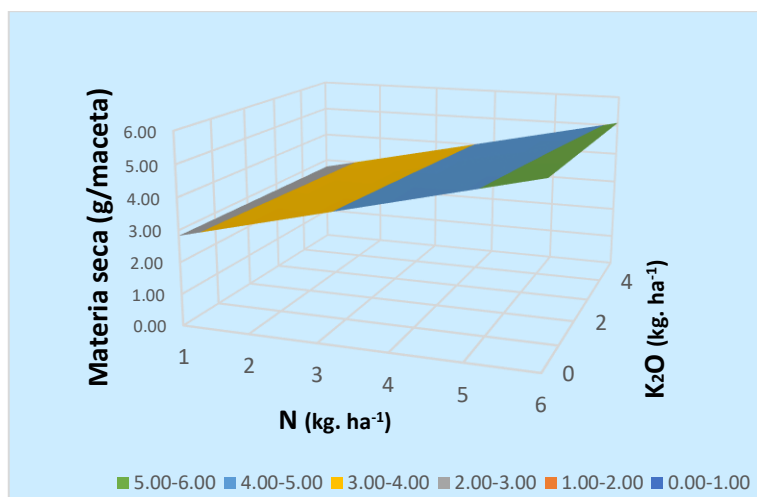
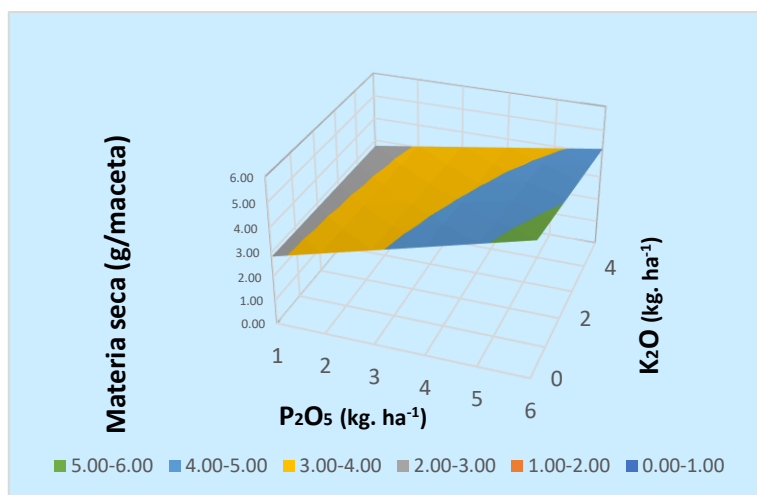


Figura 3.4

Superficie de respuesta de la interacción de PK



De las figuras 3.2 (interacción NP), 3.3 (interacción NK) muestran superficies con mayor inclinación hacia el eje correspondiente del nitrógeno; por el contrario, la figura 3.4 (interacción PK) muestra una superficie con una inclinación al eje correspondiente de fósforo.

3.2.2. Comunidad de Acosvinchos

Tabla 3.6

ANVA del rendimiento de materia seca de la planta de tomate de 45 días

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Trat	7	53.23	7.60	8.03	0.0003
Error	16	15.16	0.95		
Total	23	68.39			

C.V=21.70%

Tabla 3.6. de análisis de varianza (ANVA) indica la diferencia significativa entre los tratamientos, el coeficiente de variación de 21.70 % indica que el experimento ha sido conducido adecuadamente teniendo así una precisión media.

Tabla 3.7

Prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Acosvinchos

Trat	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Descrip.	g/maceta	Signif.	
T8	200	240	120	C	6.46	a	
T6	200	0	120	-P	6.31	a	
T4	200	240	0	-K	5.4	a	b
T2	200	0	0	+N	4.94	a	b
T5	0	0	120	+K	4.07	a	b c
T7	0	240	120	-N	3.83	a	b c
T3	0	240	0	+P	2.91		b c
T1	0	0	0	T	1.96		c

Tabla 3.7. el tratamiento con mayor rendimiento es el T8 (completo) con un rendimiento de 6.46 g/maceta en comparación al T1 (testigo) con un rendimiento de 1.96 g/maceta, la omisión del fósforo no perjudica significativamente en el rendimiento de la

planta de tomate obteniéndose así un valor alto promedio en comparación al testigo. Mientras que la omisión del nitrógeno perjudica significativamente en el rendimiento de la planta de tomate y el aporte del fósforo no contribuye al incremento del rendimiento del tomate con respecto al testigo.

Tabla 3.8

ANVA de la regresión lineal múltiple para el rendimiento de materia seca (g/maceta) de la planta de tomate de 45 días. Comunidad de Acosvinchos- zona 2

F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
X1	1	40.11920	40.11920	44.14411	<0.0001**
X2	1	0.65670	0.65670	0.72259	0.4071ns
X3	1	11.16570	11.16570	12.28589	0.0027**
X1X2	1	0.00510	0.00510	0.00562	0.9441ns
X1X3	1	0.13954	0.13954	0.15354	0.7000ns
X2X3	1	0.85504	0.85504	0.94082	0.3456ns
Error	17	15.45000	0.90882		

El análisis de variancia de la tabla 3.8, hay respuesta altamente significativa para el valor X1 (nitrógeno) y X3 (potasio) según la codificación de la tabla 2.5, mientras que para el fósforo y las interacciones no se encontró una respuesta significativa.

Tabla 3.9

Prueba de Tukey para los coeficientes de regresión del modelo polinomial de la comunidad de Acosvinchos- zona 2

Parámetro	Valor estimado	Error estándar	T para Ho: parámetro = 0	Pr>T
Intercepto	4.486250000	0.19458396	23.056	<0.0001**
X1	0.646458333	0.09729198	6.645	<0.0001**
X2	0.082708333	0.09729198	0.850	0.4071ns
X3	0.341041667	0.09729198	3.505	0.0027**
X1X2	-0.003645833	0.04864599	-0.075	0.9411ns
X1X3	-0.019062500	0.04864599	-0.392	0.7000ns
X2X3	-0.047187500	0.04864599	-0.970	0.3456ns

La tabla 3.9. indica que hay respuesta al abonamiento nitrogenado y potásico, no se encontró respuesta al abonamiento con fósforo y las interacciones nitrógeno-fósforo, nitrógeno-potasio, fósforo-potasio. La importancia del nitrógeno y el potasio de forma independiente es determinante en el incremento del rendimiento de la planta de tomate (g/maceta) en el suelo de la comunidad de Acosvinchos.

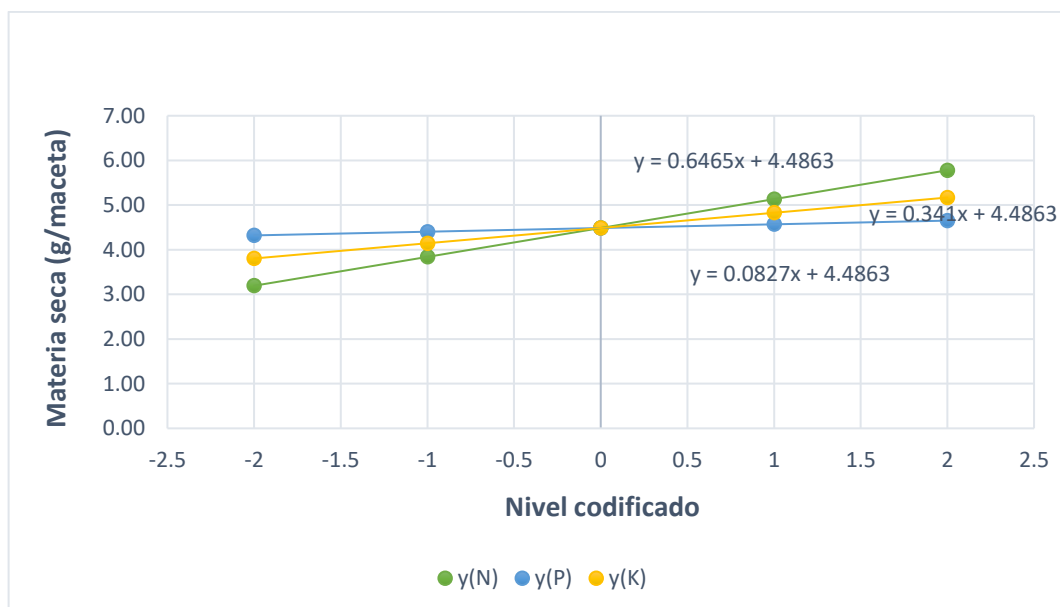
Este modelo matemático permite plantear fórmulas de abonamiento para el cultivo de tomate.

$$Y = 4.486 + 0.646N + 0.083P + 0.341K - 0.004NP - 0.019NK - 0.047PK$$

Sus gráficos correspondientes son los siguientes:

Figura 3.5

Respuesta del rendimiento de materia seca de la planta de tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Acosvinchos



La deficiencia de nutrientes en base a los modelos de la regresión generados en el procesamiento de datos de la tabla 3.9. en la figura 3.5 que corresponde a la respuesta del tomate (g/maceta) a la aplicación de N, P, K se observa que el nutriente con mayor pendiente es el nitrógeno y esto indica que hay mayor respuesta a la aplicación de esta a diferencia del fósforo que tiene una pendiente más plana.

Figura 3.6

Superficie de respuesta de la interacción de NP

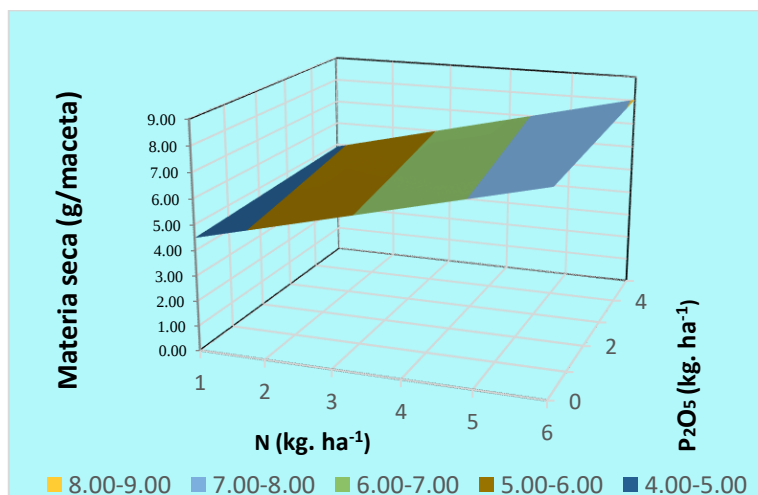


Figura 3.7

Superficie de respuesta de la interacción de NK

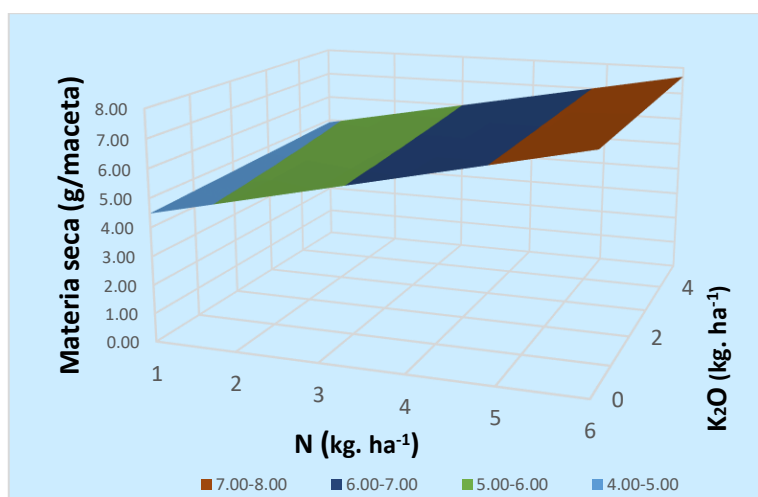
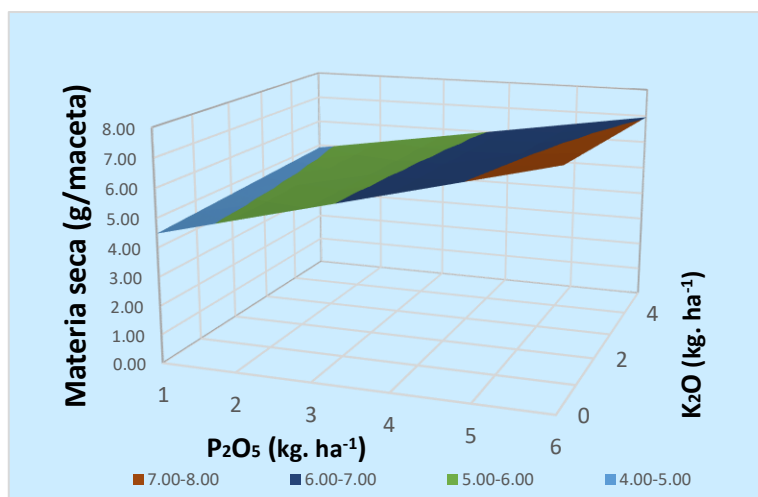


Figura 3.8

Superficie de respuesta de la interacción de PK



De las figuras 3.6 (interacción NP), 3.7 (interacción NK) muestran superficies con mayor inclinación hacia el eje correspondiente del nitrógeno; por el contrario, la figura 3.8 (interacción PK) muestra una superficie con una inclinación al eje correspondiente de P (fósforo) y una ligera inclinación al eje correspondiente a K (potasio). En conclusión, el nitrógeno es el nutriente que más influye en el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Acosvinchos.

3.2.3. Comunidad de Ayahuarco

Tabla 3.10

ANVA del rendimiento de materia seca de la planta de tomate de 45 días

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Trat	7	23.73	3.39	10.66	0.0001
Error	16	5.09	0.32		
Total	23	28.82			

C.V=19%

En la tabla 3.10. de análisis de varianza (ANVA) indica la diferencia significativa entre los tratamientos, el coeficiente de variación de 19 % indica que el experimento ha sido conducido adecuadamente.

Tabla 3.11

Prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Ayahuarco

Trat	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Descrip.	g/maceta	Signif.			
T4	200	240	0	-K	4.30	a			
T8	200	240	120	C	4.09	a			
T6	200	0	120	-P	3.72	a	b		
T2	200	0	0	+N	3.30	a	b	c	
T5	0	0	120	+K	2.80	a	b	c	d
T7	0	240	120	-N	2.25		b	c	d
T3	0	240	0	+P	1.95			c	d
T1	0	0	0	T	1.34				d

Tabla 3.11. la omisión del potasio (-K) no perjudica en el rendimiento del tomate obteniéndose así el mayor valor de 4.30 g/maceta en comparación al testigo (T) con un valor de 1.34 g/maceta; el suministro de solo fósforo perjudica significativamente en el rendimiento de la planta de tomate, mientras que la omisión del fósforo no perjudica al incremento del rendimiento de la planta de tomate.

Tabla 3.12

ANVA de la regresión lineal múltiple para el rendimiento de la materia seca (g/maceta) de la planta de tomate de 45 días. Comunidad de Ayahuarco- zona 3

F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
X1	1	18.65607	18.65607	61.02619	<0.0001**
X2	1	0.76327	0.76327	2.49674	0.1325ns
X3	1	1.45042	1.45042	4.74448	0.0438*
X1X2	1	0.65340	0.65340	2.13735	0.1620ns
X1X3	1	0.88935	0.88935	2.90917	0.1063ns
X2X3	1	1.20602	1.20602	3.94502	0.0634ns
Error	17	5.19700	0.30571		

En el análisis de variancia de la tabla 3.12, hay respuesta altamente significativa para el valor X1 (nitrógeno) y X3 (potasio) hay una respuesta significativa, según la codificación de la tabla 2.5, mientras para fósforo y las interacciones no se encontró una respuesta significativa.

Tabla 3.13

Prueba de Tukey para los coeficientes de regresión del modelo polinomial de la comunidad de Ayahuarco – zona 3

Parámetro	Valor estimado	Error estándar	T para Ho: parámetro = 0	Pr>T
Intercepto	9.968333333	0.11285746	88.327	<0.0001**
X1	0.440833333	0.05642873	7.812	<0.0001**
X2	0.089166667	0.05642873	1.580	0.1325ns
X3	0.122916667	0.05642873	2.178	0.0438*
X1X2	0.041250000	0.02821436	1.462	0.1620ns
X1X3	-0.048125000	0.02821436	-1.706	0.1063ns
X2X3	-0.056041667	0.02821436	-1.986	0.0634ns

La tabla 3.13 indica que hay respuesta al abonamiento nitrogenado y potásico, muestra la significación estadística en los componentes lineales del primer y tercer factor; por otro lado, no se encontró respuesta al abonamiento con fósforo y las interacciones nitrógeno-fósforo, nitrógeno-potasio, fósforo-potasio. Estos resultados nos dan a entender la importancia del nitrógeno y el potasio de forma independiente es determinante en el incremento del rendimiento de tomate (g/maceta) en el suelo de la comunidad de Ayahuarco.

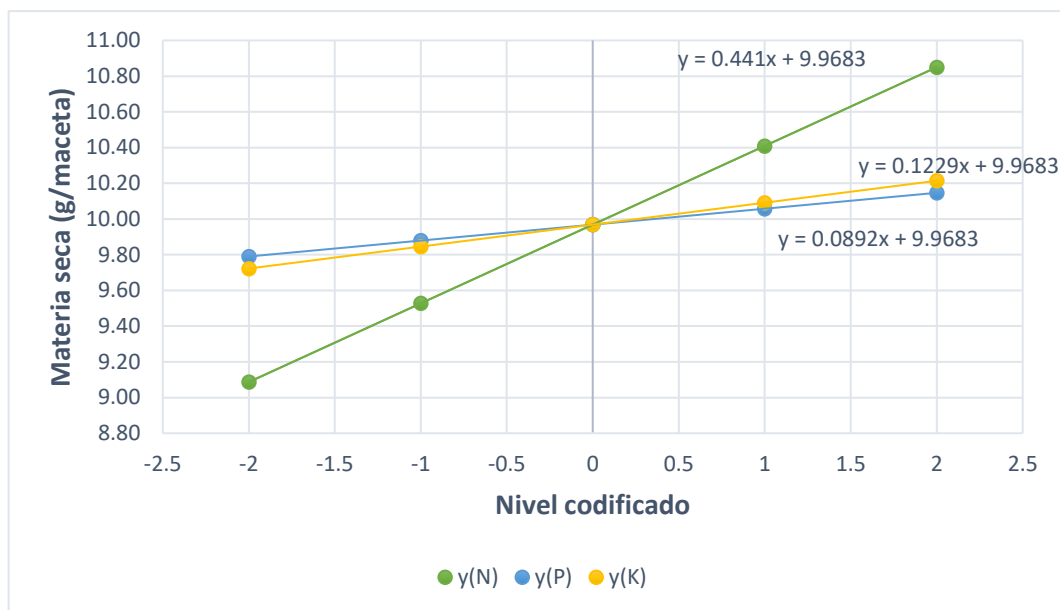
Este modelo matemático permite plantear fórmulas de abonamiento para el cultivo de tomate

$$Y = 9.968 + 0.441N + 0.089P + 0.123K + 0.041NP - 0.048NK - 0.056PK$$

Sus gráficos correspondientes son los siguientes:

Figura 3.9

Respuesta del rendimiento de materia seca de la planta de tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Ayahuarco



Se observa la deficiencia de nutrientes en base a los modelos de la regresión generados en el procesamiento de datos de la tabla 3.13, la figura 3.9 corresponde a la respuesta del tomate (g/maceta) a la aplicación de N, P, K. El nutriente con mayor pendiente es el nitrógeno y esto indica que hay mayor respuesta a la aplicación de esta a diferencia del fósforo y potasio que tienen una pendiente más plana.

Figura 3.10

Superficie de respuesta de la interacción de NP

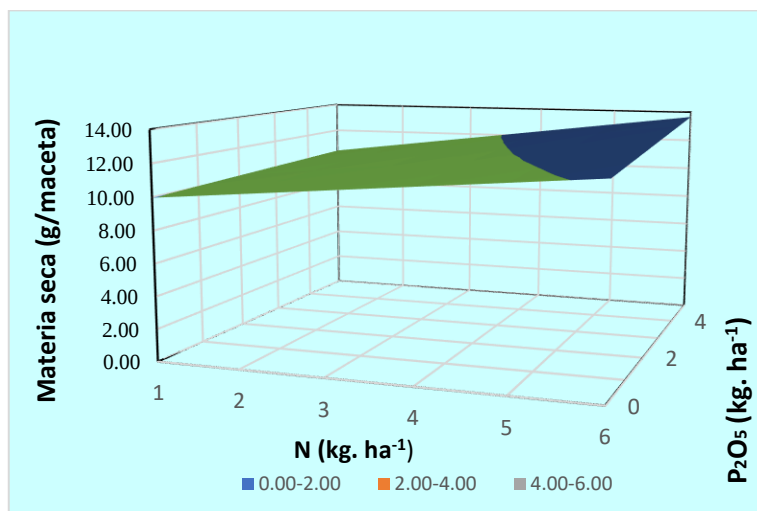


Figura 3.11

Superficie de respuesta de la interacción de NK

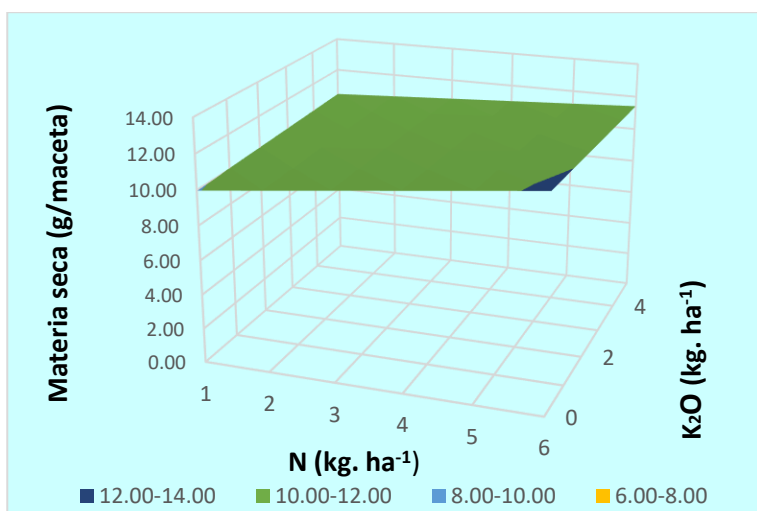
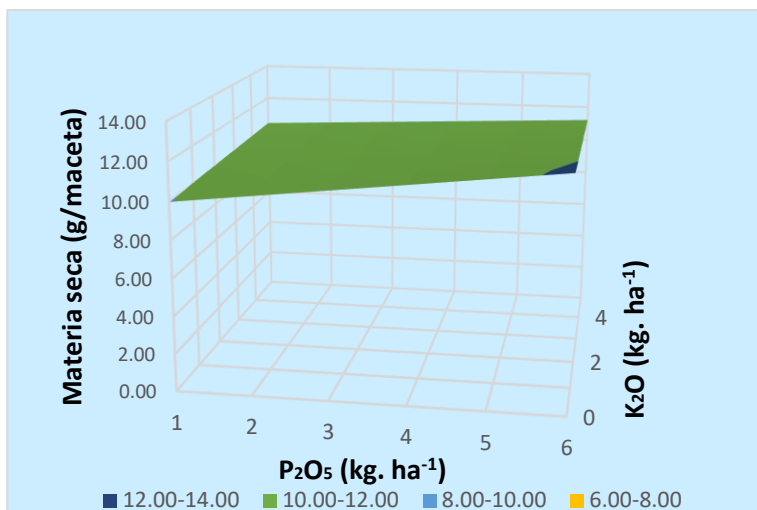


Figura 3.12

Superficie de respuesta de la interacción de PK



De la figura 3.10 (interacción NP) muestra la superficie con mayor inclinación hacia el eje correspondiente de N; figura 3.12 (interacción PK) muestra una inclinación ligera en ambos ejes.

3.2.4. Comunidad de Pampana

Tabla 3.14

ANVA del rendimiento de materia seca de la planta de tomate de 45 días

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Trat	7	25.33	3.62	7.28	0.0005
Error	16	7.96	0.50		
Total	23	33.29			

C.V=21.45%

Tabla 3.14. de análisis de varianza (ANVA) indica la diferencia significativa entre los tratamientos, el coeficiente de variación de 21.45 % indica que el experimento ha sido conducido adecuadamente.

Tabla 3.15

Prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Pampana

Trat	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Descrip.	g/maceta	Signif.	
T4	200	240	0	-K	4.52	a	
T8	200	240	120	C	4.52	a	
T6	200	0	120	-P	4.14	a	b
T2	200	0	0	+N	4.02	a	b c
T1	0	0	0	T	2.38	b	c
T7	0	240	120	-N	2.32	b	c
T3	0	240	0	+P	2.30	b	c
T5	0	0	120	+K	2.11		c

A partir de los resultados de la tabla 3.15. la omisión del potasio (-K) no perjudica en el rendimiento del tomate obteniéndose así el mayor valor de 4.52 g/maceta en comparación de la aplicación de solo potasio (+K) con un valor de 2.11 g/maceta; la aplicación del fósforo perjudica significativamente en el rendimiento del tomate, la

omisión del fósforo contribuye positivamente al incremento del rendimiento de la planta de tomate.

Tabla 3.16

ANVA de la regresión lineal múltiple para el rendimiento de la materia seca (g/maceta) de la planta de tomate de 45 días. Comunidad de Pampana – Zona 4

F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
X1	1	24.60375	24.60375	52.13958	<0.0001**
X2	1	0.38507	0.38507	0.81602	0.3790ns
X3	1	0.00735	0.00735	0.01558	0.9021ns
X1X2	1	0.21282	0.21282	0.45100	0.5109ns
X1X3	1	0.04860	0.04860	0.10299	0.7522ns
X2X3	1	0.01215	0.01215	0.02575	0.7844ns
Error	17	8.02200	0.47188		

En el análisis de variancia de la tabla 3.16. hay respuesta altamente significativa para el valor X1 (nitrógeno) hay una respuesta significativa, según la codificación de la tabla 2.5, mientras para el fósforo y potasio, además de las interacciones no se encontró una respuesta significativa.

Tabla 3.17

Prueba de Tukey para los coeficientes de regresión del modelo polinomial de la comunidad de Pampana- zona 4

Parámetro	Valor estimado	Error estándar	T para Ho: parámetro = 0	Pr>T
Intercepto	3.288333333	0.14022216	23.451	<0.0001**
X1	0.506250000	0.07011108	7.221	<0.0001**
X2	0.063333333	0.07011108	0.903	0.3790ns
X3	-0.008750000	0.07011108	-0.125	0.9021ns
X1X2	0.023541667	0.03505554	0.672	0.5109ns
X1X3	0.112500000	0.03505554	3.209	0.7522ns
X2X3	0.005625000	0.03505554	0.160	0.8744ns

La tabla 3.17 indica que hay respuesta al abonamiento nitrogenado, muestra la significación estadística en el componente lineal del primer factor; además no se encontró

respuesta al abonamiento con fósforo y potasio y las interacciones nitrógeno-fósforo, nitrógeno-potasio, fósforo- potasio. La importancia del nitrógeno de forma independiente es determinante en el incremento del rendimiento de la planta de tomate (g/maceta) en el suelo de la comunidad de Pampana.

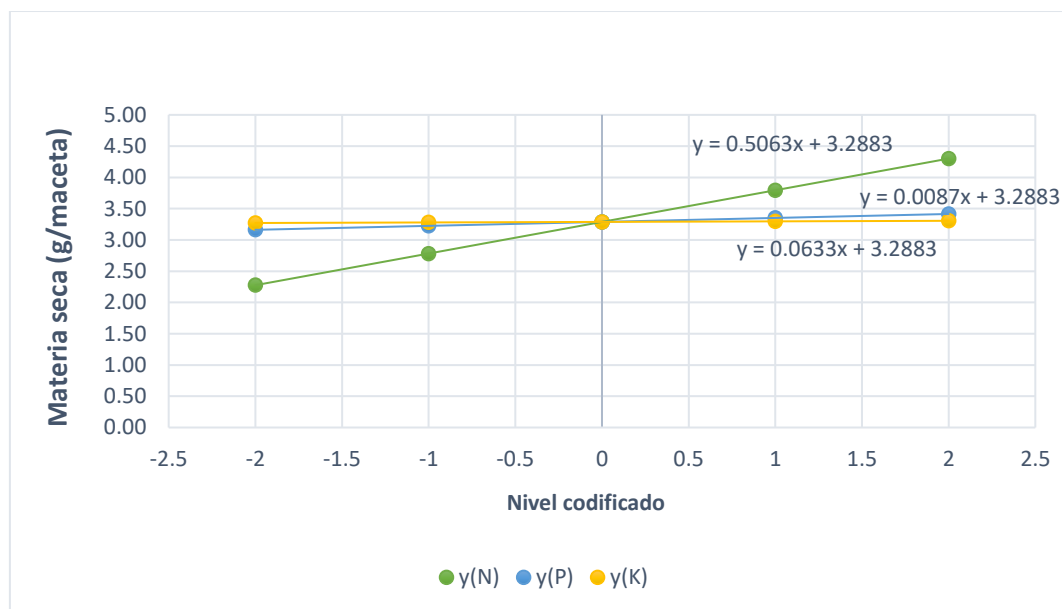
Este modelo matemático permite plantear fórmulas de abonamiento para el cultivo de tomate

$$Y = 3.288 + 0.506N + 0.063P - 0.009K + 0.024NP + 0.113NK + 0.006PK$$

Sus gráficos correspondientes son los siguientes:

Figura 3.13

Respuesta del rendimiento de materia seca de la planta de tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Pampana



La deficiencia de nutrientes en base a los modelos de la regresión generados en el procesamiento de datos de la tabla 3.17 y la figura 3.13 corresponde a la respuesta de la planta de tomate (g/maceta) a la aplicación de N, P, K, además podemos observar que el nutriente con mayor pendiente es el nitrógeno y esto indica que hay mayor respuesta a la aplicación de esta a diferencia del fósforo y potasio que tienen una pendiente más plana.

Figura 3.14

Superficie de respuesta de la interacción de NP

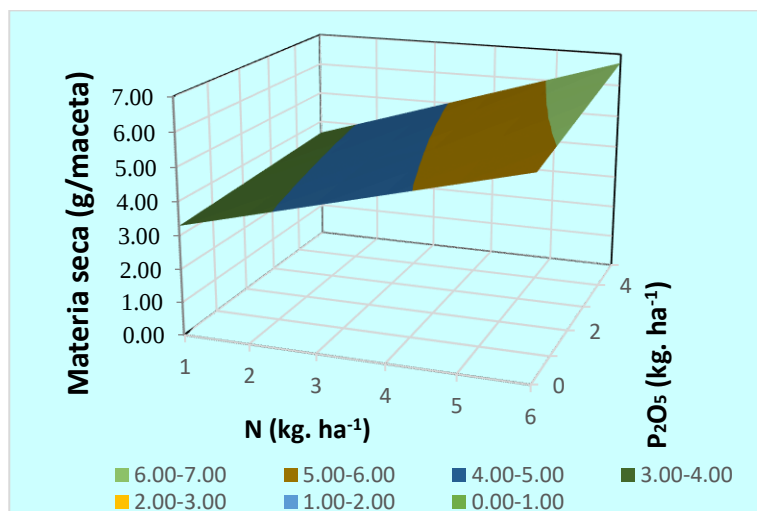


Figura 3.15

Superficie de respuesta de la interacción de NK

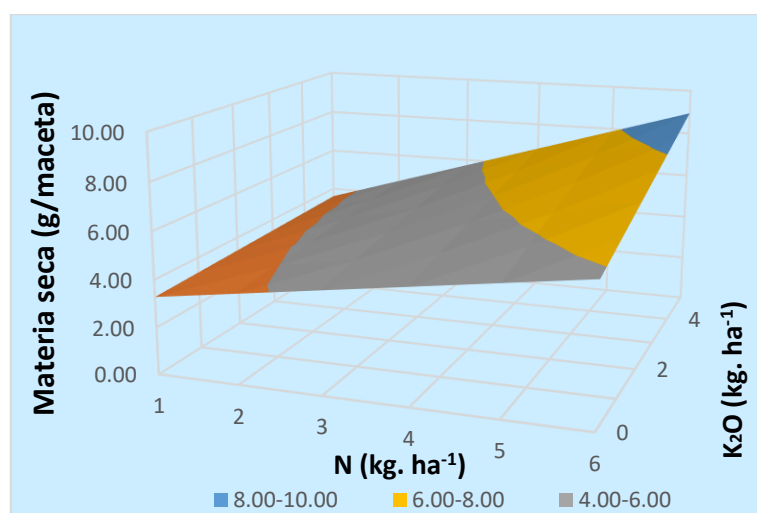
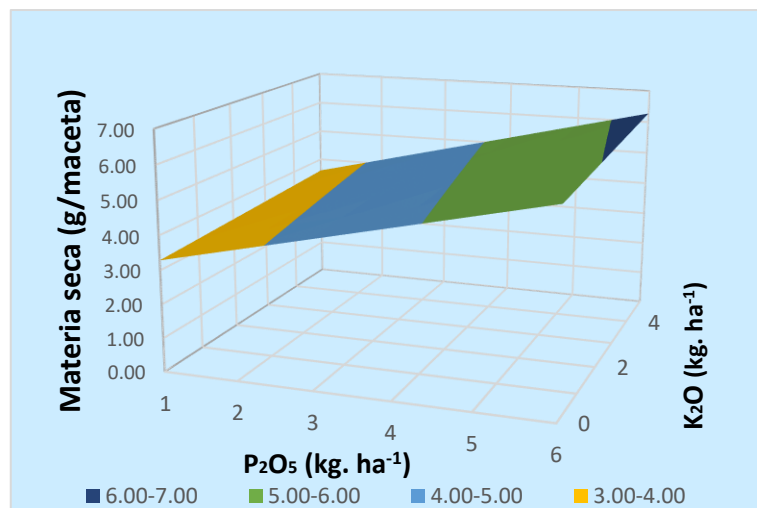


Figura 3.16

Superficie de respuesta de la interacción de PK



De las figuras 3.14 (interacción NP) muestra la superficie con mayor inclinación hacia el eje correspondiente de N y también al eje correspondiente a P; así mismo se da en las figuras 3.15 (interacción NK) y 3.16 (interacción PK), esto indica que existe respuesta al aporte de estos nutrientes.

3.2.5. Comunidad de Urpay Alto

Tabla 3.18

ANVA del rendimiento de materia seca de la planta de tomate de 45 días

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Trat	7	29.75	4.25	12.8	<0.0001
Error	16	5.32	0.33		
Total	23	35.08			

C.V=16.88%

Tabla 3.18. de análisis de varianza (ANVA) indica la diferencia significativa entre los tratamientos, el coeficiente de variación de 16.88% indica que el experimento ha sido conducido adecuadamente y los datos son confiables.

Tabla 3.19

Prueba de Tukey en el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Urpay Alto

Trat	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Descrip.	g/maceta	Signif.	
T4	200	240	0	-K	4.85	a	
T8	200	240	120	C	4.7	a	
T6	200	0	120	-P	4.63	a	
T2	200	0	0	+N	3.54	a	b
T7	0	240	120	-N	2.83	b	c
T3	0	240	0	+P	2.58	b	c
T5	0	0	120	+K	2.45	b	c
T1	0	0	0	T	1.76		c

A partir de los resultados de la tabla 3.19. la omisión del potasio (-K) no perjudica en el rendimiento del tomate obteniéndose así el mayor valor de 4.85 g/maceta en comparación con el testigo (T1) con un rendimiento de 1.76 g/maceta; la aplicación del

potasio influye negativamente en el rendimiento del tomate, mientras que la omisión del fósforo contribuye positivamente al incremento del rendimiento del tomate.

Tabla 3.20

ANVA de la regresión lineal múltiple para el rendimiento de la materia seca (g/maceta) de la planta de tomate de 45 días. Comunidad de Urpay alto- zona 5

F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
X1	1	24.62400	24.62400	75.31631	<0.0001**
X2	1	2.51554	2.51554	7.69416	0.0130*
X3	1	1.32070	1.32070	4.03958	0.0606ns
X1X2	1	0.01084	0.01084	0.03315	0.8577ns
X1X3	1	0.00004	0.00004	0.00011	0.9916ns
X2X3	1	1.04584	1.04584	3.19886	0.0915ns
Error	17	5.55800	0.32694		

En el análisis de variancia de la tabla 3.20. hay respuesta altamente significativa para el valor X1 (nitrógeno) y para el valor X2 (fósforo) hay una respuesta significativa, según la codificación de la tabla 2.5, mientras que para el potasio y las interacciones no se encontró una respuesta significativa.

Tabla 3.21

Prueba de Tukey para los coeficientes de regresión del modelo polinomial de la comunidad de Urpay alto – zona 5

Parámetro	Valor estimado	Error estándar	T para Ho: parámetro = 0	Pr>T
Intercepto	3.417083333	0.11671922	29.276	<0.0001**
X1	0.506458333	0.05835961	8.678	<0.0001**
X2	0.161875000	0.05835961	2.774	0.0130*
X3	0.117291667	0.05835961	2.010	0.0606ns
X1X2	0.005312500	0.0291798	0.182	0.8577ns
X1X3	-0.000312500	0.0291798	-0.011	0.9916ns
X2X3	-0.052187500	0.0291798	-1.788	0.0915ns

La tabla 3.21 indica que hay respuesta al abonamiento nitrogenado y fosfórico muestra la significación estadística en el componente lineal del primer factor y del

segundo factor; además no se encontró respuesta al abonamiento con potasio y las interacciones nitrógeno-fósforo, nitrógeno-potasio, fósforo-potasio. Este resultado da a entender la importancia del nitrógeno y fósforo de forma independiente es determinante en el incremento del rendimiento de tomate (g/maceta) en el suelo de la comunidad Urpay alto.

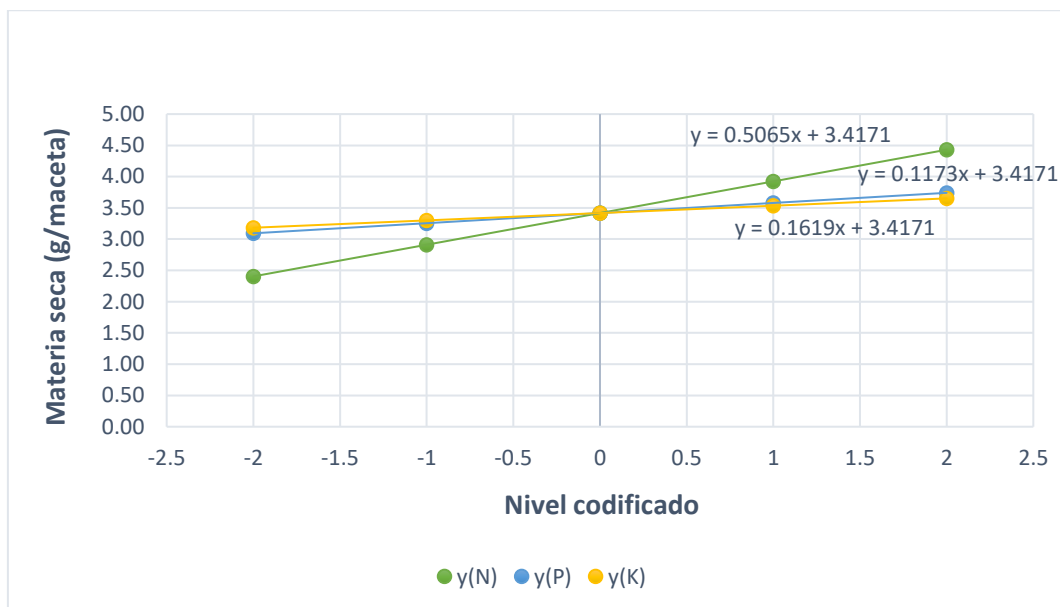
Este modelo matemático permite plantear fórmulas de abonamiento para el cultivo de tomate

$$Y = 3.417 + 0.506N + 0.162P + 0.117K + 0.005NP - 0.0003NK - 0.052PK$$

Sus gráficos correspondientes son los siguientes:

Figura 3.17

Respuesta del rendimiento de la materia seca de la planta tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Urpay Alto



Podemos visualizar la deficiencia de nutrientes en base a los modelos de la regresión generados en el procesamiento de datos de la tabla 3.21 y la figura 3.17 corresponde a la respuesta del tomate (g/maceta) a la aplicación de N, P, K; el nutriente con mayor pendiente es el nitrógeno y esto indica que hay mayor respuesta a la aplicación de esta a diferencia del fósforo y potasio que tienen una pendiente más plana.

Figura 3.18

Superficie de respuesta de la interacción de NP

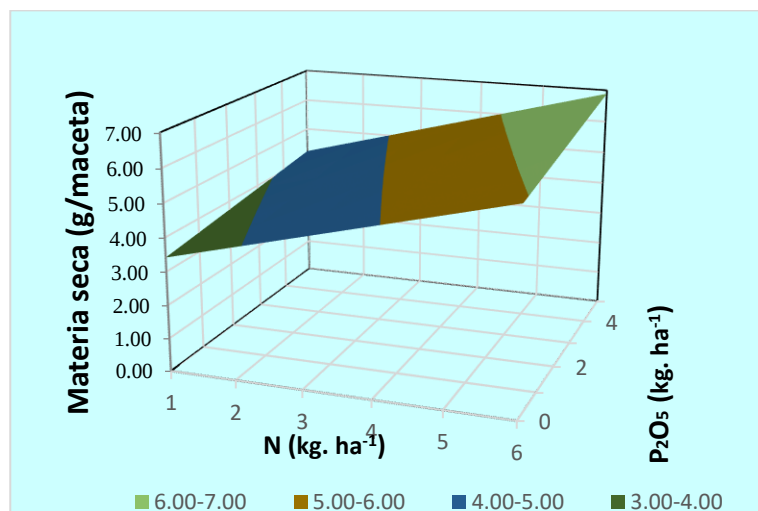


Figura 3.19

Superficie de respuesta de la interacción de NK

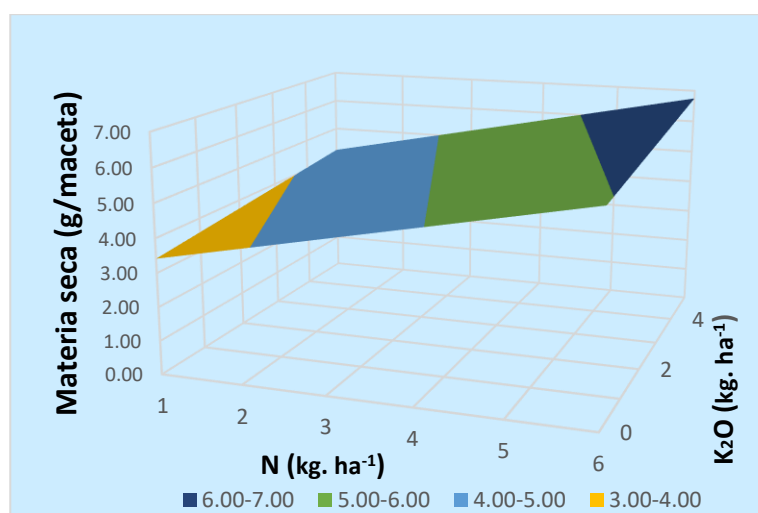
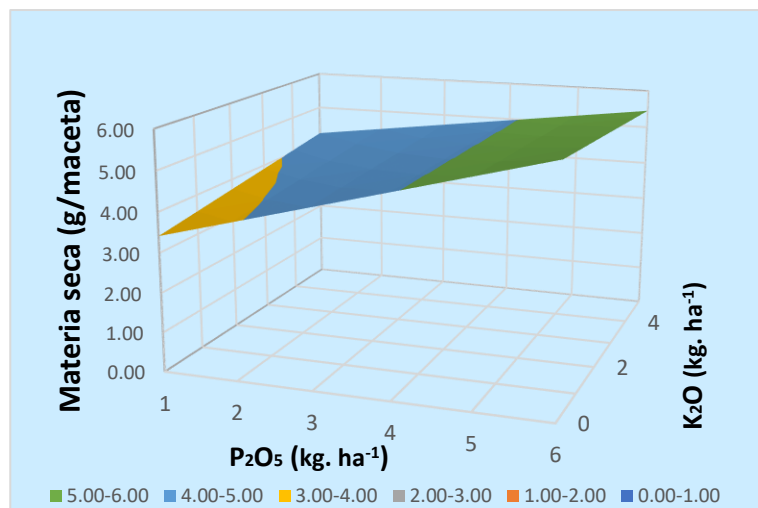


Figura 3.20

Superficie de respuesta de la interacción de PK



De la figura 3.18 (interacción NP) muestra la superficie con mayor inclinación hacia el eje correspondiente de N como también al eje correspondiente a P y así mismo se da en la figura 3.19 (interacción NK), en la figura 3.20 (interacción PK) indica que existe respuesta al fósforo con una fuerte inclinación mientras que en el eje del potasio hay una ligera inclinación.

3.2.6. Comunidad de Urpay Centro

Tabla 3.22

ANVA del rendimiento de materia seca de la planta de tomate de 45 días

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Trat	7	37.56	5.37	63.69	<0.0001
Error	16	1.35	0.08		
Total	23	38.90			

C.V=9.54%

En la tabla 3.22. de análisis de varianza (ANVA) indica la diferencia significativa entre los tratamientos, el coeficiente de variación de 9.54% indica que el experimento ha sido conducido adecuadamente y los resultados son confiables.

Tabla 3.23

Prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Urpay Centro

Trat	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Descrip.	g/maceta	Signif.	
T6	200	0	120	-P	5.00	a	
T8	200	240	120	C	4.21	a	b
T4	200	240	0	-K	4.00		b
T2	200	0	0	+N	3.70		b
T7	0	240	120	-N	2.36		c
T5	0	0	120	+K	1.86		c
T3	0	240	0	+P	1.65		c
T1	0	0	0	T	1.56		c

A partir de los resultados de la tabla 3.23. la omisión del fósforo (-P) no perjudica en el rendimiento del tomate obteniéndose así el mayor valor de 5 g/maceta en

comparación al testigo (T) con un valor de 1.56 g/maceta; el suministro de solo potasio influye negativamente en el rendimiento del tomate, mientras que la aplicación de solo fósforo contribuye negativamente al incremento del rendimiento del tomate.

Tabla 3.24

ANVA de la regresión lineal múltiple para el rendimiento de la materia seca (g/maceta) de la planta de tomate de 45 días. Comunidad de Urpay centro- zona 6

F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
X1	1	33.63034	33.63034	261.05741	<0.0001**
X2	1	0.00304	0.00304	0.02358	0.8797ns
X3	1	2.38770	2.38770	18.53469	0.0005**
X1X2	1	0.44010	0.44010	3.41633	0.0819ns
X1X3	1	0.08760	0.08760	0.68003	0.4208ns
X2X3	1	0.16834	0.16834	1.30673	0.2686ns
Error	17	2.19000	0.12882		

En el análisis de variancia de la tabla 3.24, se observa que hay respuesta altamente significativa para el valor X1 (nitrógeno) y para el valor X3 (potasio), según la codificación de la tabla 2.5, mientras que para el fósforo y las demás de las interacciones no se encontró una respuesta significativa.

Tabla 3.25

Prueba de Tukey para los coeficientes de regresión del modelo polinomial de la comunidad de Urpay centro – zona 6

Parámetro	Valor estimado	Error estándar	T para Ho: parámetro = 0	Pr>T
Intercepto	3.042083333	0.0732286	41.542	<0.0001**
X1	0.591875000	0.0366143	16.165	<0.0001**
X2	0.005625000	0.0366143	0.154	0.8797ns
X3	0.157708333	0.0366143	4.307	0.0005**
X1X2	-0.033854167	0.01830715	-1.849	0.0819ns
X1X3	0.015104167	0.01830715	0.825	0.4208ns
X2X3	-0.020937500	0.01830715	-1.144	0.2686ns

La tabla 3.25 indica que hay respuesta al abonamiento con nitrógeno y el potasio, muestra la significación estadística en el componente lineal del primer factor y del tercer factor, no se encontró respuesta al abonamiento con fósforo, tampoco para las interacciones nitrógeno-fósforo, nitrógeno-potasio, fósforo-potasio. por ello este resultado da a entender la importancia del nitrógeno y potasio de forma independiente es determinante en el incremento del rendimiento de la planta de tomate (g/maceta) en el suelo de la comunidad Urpay Centro.

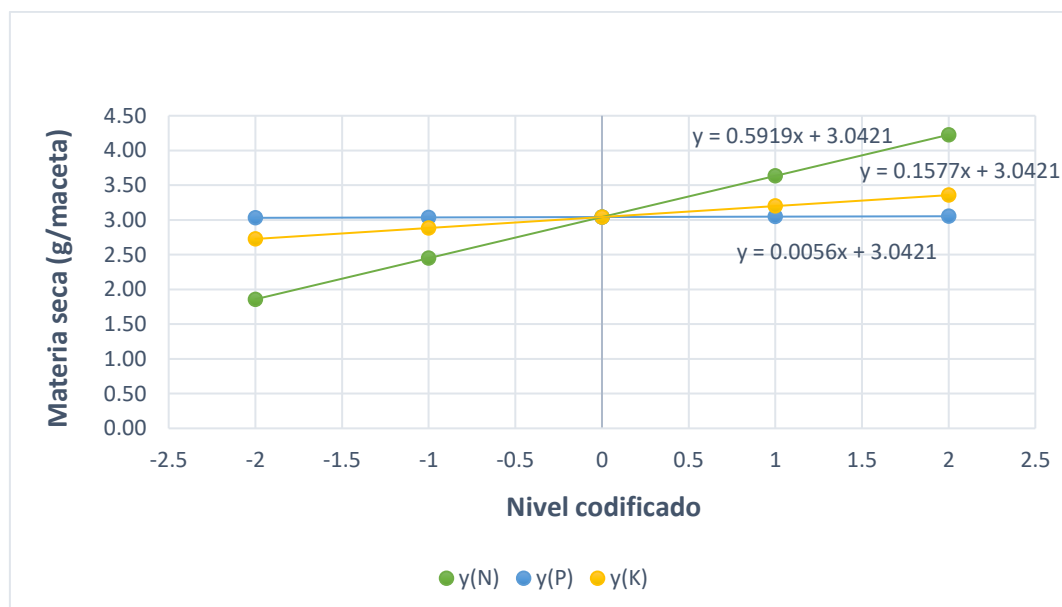
Este modelo matemático permite plantear fórmulas de abonamiento para el cultivo de tomate.

$$Y = 3.042 + 0.592N + 0.006P + 0.158K - 0.034NP + 0.015NK - 0.021PK$$

Sus gráficos correspondientes son los siguientes:

Figura 3.21

Respuesta del rendimiento de materia seca de la planta de tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Urpay Centro



La deficiencia de nutrientes en base a los modelos de la regresión generados en el procesamiento de datos de la tabla 3.25 y la figura 3.21 corresponde a la respuesta de la planta de tomate (g/maceta) a la aplicación de N, P, K, además el nutriente con mayor pendiente es el nitrógeno y esto indica que hay mayor respuesta a la aplicación de esta a diferencia del fósforo que tiene una pendiente más plana, como también potasio tiene una ligera pendiente esto indica que su influencia es leve.

Figura 3.22

Superficie de respuesta de la interacción de NP

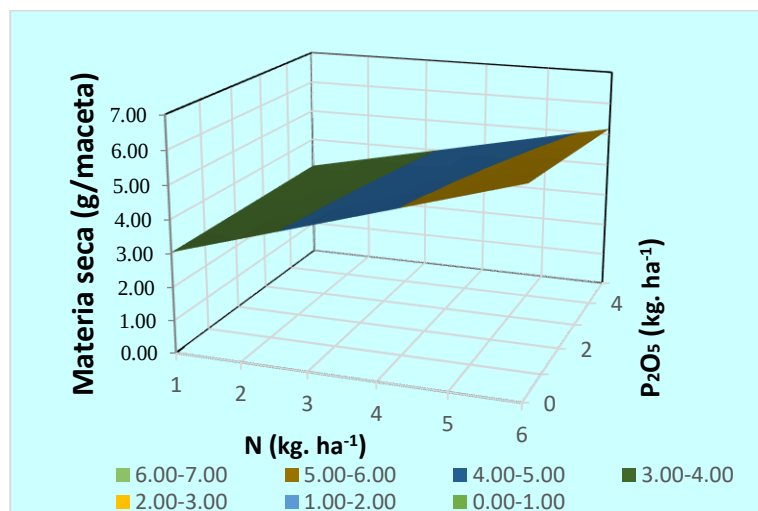


Figura 3.23

Superficie de respuesta de la interacción de NK

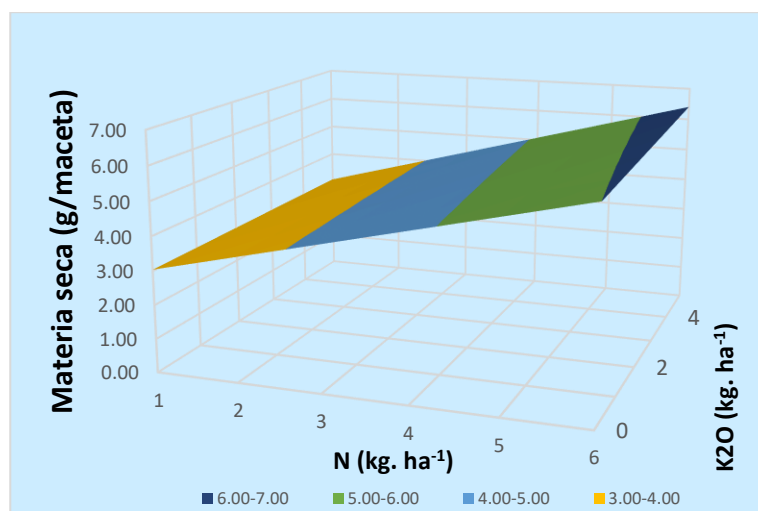
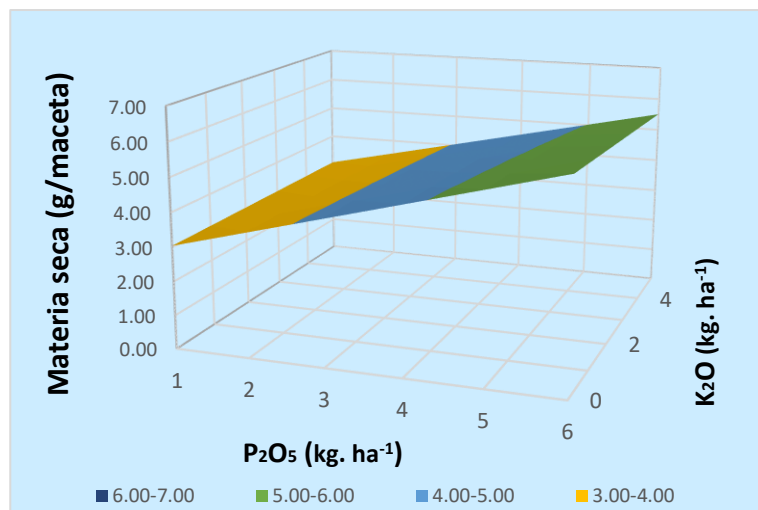


Figura 3.24

Superficie de respuesta de la interacción de PK



De la figura 3.22. (interacción NP) muestra la superficie con mayor inclinación hacia el eje correspondiente de N y al eje correspondiente a P es casi plana; la figura 3.23 (interacción NK) nos muestra una fuerte inclinación en el eje de N y en el eje de K, en la figura 3.24 (interacción PK), indica que existe respuesta al fósforo con una fuerte inclinación mientras que en el eje del potasio la superficie es plana.

3.2.7. Comunidad de Paucarpata

Tabla 3.26

ANVA del rendimiento de materia seca de la planta de tomate de 45 días

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Trat	7	22.68	3.24	15.13	<0.0001
Error	16	3.43	0.21		
Total	23	26.11			

C.V=14.25%

Tabla 3.26. de análisis de varianza (ANVA) indica la diferencia significativa entre los tratamientos, el coeficiente de variación de 14.25% indica que el experimento ha sido conducido adecuadamente.

Tabla 3.27

Prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Paucarpata

Trat	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Descrip.	g/maceta	Signif.		
T4	200	240	0	-K	4.51	a		
T6	200	0	120	-P	4.42	a		
T8	200	240	120	C	4.04	a	b	
T2	200	0	0	+N	3.55	a	b	c
T7	0	240	120	-N	3.04		b	c d
T3	0	240	0	+P	2.35		c	d
T5	0	0	120	+K	2.23			d
T1	0	0	0	T	1.83			d

A partir de los resultados de la tabla 3.27. la omisión del potasio (-K) no perjudica en el rendimiento del tomate obteniéndose así el mayor valor de 4.51 g/maceta en

comparación con el testigo (T) con un valor de 1.83 g/maceta; la aplicación de forma independiente de potasio y fósforo influye negativamente al incremento del rendimiento del tomate.

Tabla 3.28

ANVA de la regresión lineal múltiple para el rendimiento de materia seca (g/maceta) de la planta de tomate de 45 días. Comunidad de Paucarpata- zona 7

F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
X1	1	18.70900	18.70900	71.90890	<0.0001**
X2	1	1.33954	1.33954	5.14857	0.0366*
X3	1	0.83254	0.83254	3.19990	0.0915ns
X1X2	1	0.21094	0.21094	0.81075	0.3805ns
X1X3	1	0.17510	0.17510	0.67302	0.4233ns
X2X3	1	0.41870	0.41870	1.60931	0.2217ns
Error	17	4.42300	0.26018		

En el análisis de variancia de la tabla 3.28, se observa que hay respuesta altamente significativa para el valor X1 (nitrógeno) y para el valor X2 (fósforo) hay una respuesta significativa, según la codificación de la tabla 2.5, mientras que para el potasio y las demás de las interacciones no se encontró una respuesta significativa.

Tabla 3.29

Prueba de Tukey para los coeficientes de regresión del modelo polinomial de la comunidad de Paucarpata – zona 7

Parámetro	Valor estimado	Error estándar	T para Ho: parámetro = 0	Pr>T
Intercepto	3.246250000	0.10411317	31.180	<0.0001**
X1	0.441458333	0.05205659	8.480	<0.0001**
X2	0.118125000	0.05205659	2.269	0.0366*
X3	0.093125000	0.05205659	1.789	0.0915ns
X1X2	-0.023437500	0.02602829	-0.900	0.3805ns
X1X3	-0.021354167	0.02602829	-0.820	0.4233ns
X2X3	-0.033020833	0.02602829	-1.269	0.2217ns

La tabla 3.29 indica que hay respuesta al abonamiento con nitrógeno y fósforo, muestra la significación estadística en el componente lineal del primer factor y del segundo factor, también no se encontró respuesta al abonamiento con potasio y las interacciones nitrógeno-fósforo, nitrógeno-potasio, fósforo-potasio. La importancia del nitrógeno y fósforo de forma independiente es determinante en el incremento del rendimiento de tomate (g/maceta) en el suelo de la comunidad de Paucarpata.

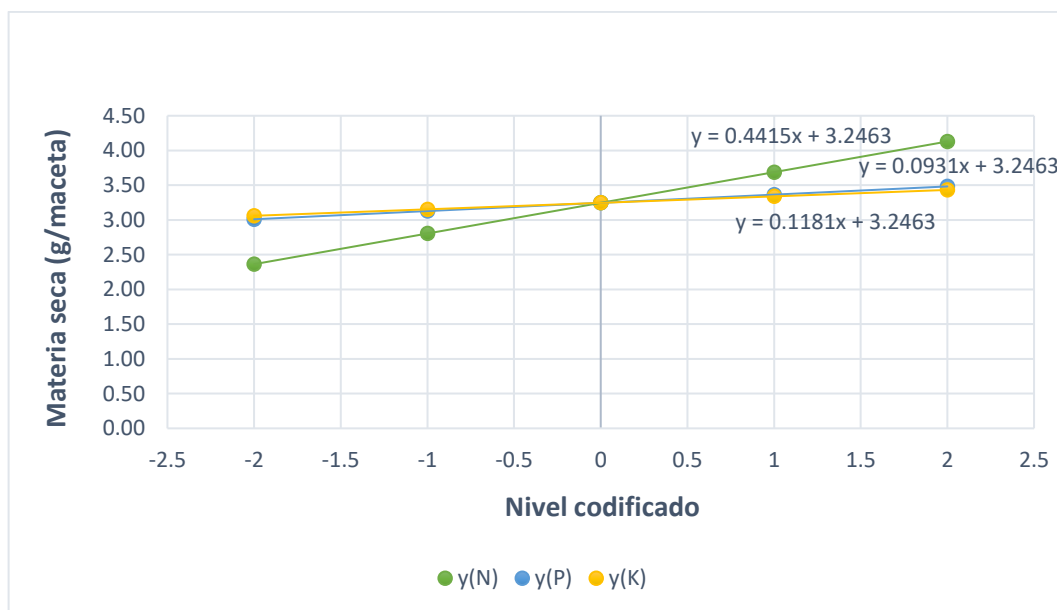
Este modelo matemático permite plantear fórmulas de abonamiento para el cultivo de tomate.

$$Y = 3.246 + 0.441N + 0.118P + 0.093K - 0.023NP - 0.021NK - 0.033PK$$

Sus gráficos correspondientes son los siguientes:

Figura 3.25

Respuesta del rendimiento de materia seca de la planta de tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Paucarpata



Podemos visualizar la deficiencia de nutrientes en base a los modelos de la regresión generados en el procesamiento de datos de la tabla 3.29 en la figura 3.25 corresponde a la respuesta de la planta de tomate (g/maceta) a la aplicación de N, P, K, el nutriente con mayor pendiente es el nitrógeno y esto indica que hay mayor respuesta a la aplicación de esta a diferencia del fósforo y el potasio que tienen una pendiente más plana y semejantes.

Figura 3.26

Superficie de respuesta de la interacción de NP

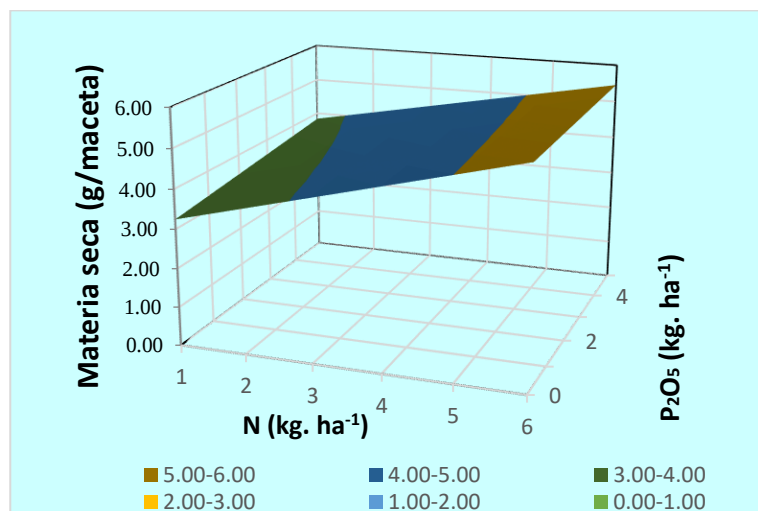


Figura 3.27

Superficie de respuesta de la interacción de NK

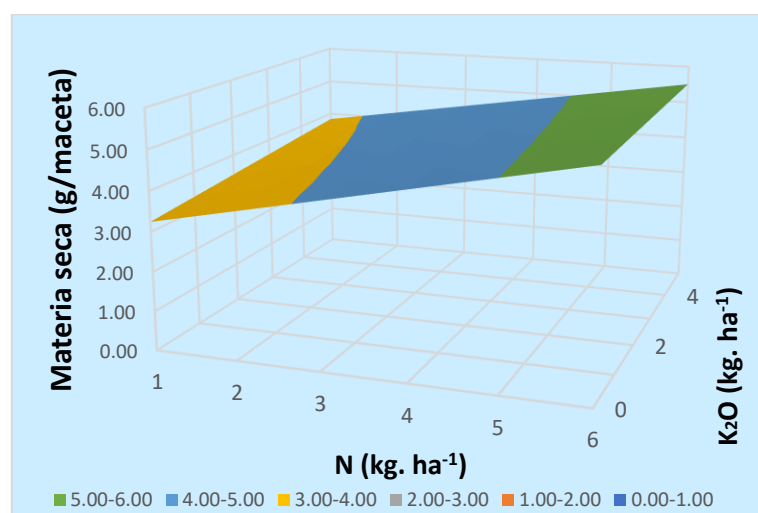
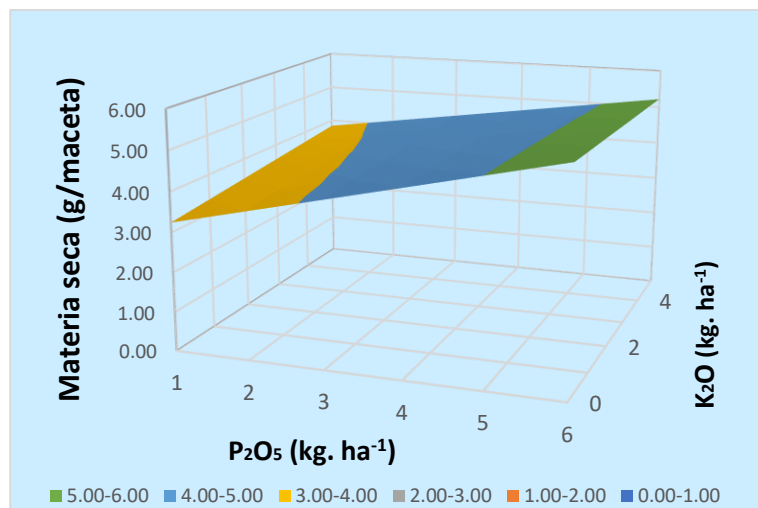


Figura 3.28

Superficie de respuesta de la interacción de PK



La figura 3.26 (interacción NP) muestra la superficie con mayor inclinación hacia el eje correspondiente de N y al eje correspondiente a P; la figura 3.27 (interacción NK) muestra una fuerte inclinación en el eje de N y en el eje de K, como también la figura 3.28 (interacción PK) indica que existe respuesta al fósforo con una fuerte inclinación mientras que en el eje del potasio la superficie es plana.

3.2.8. Comunidad de Matarilla

Tabla 3.30

ANVA del rendimiento de materia seca de la planta de tomate de 45 días

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Trat	7	31.73	4.53	37.83	<0.0001
Error	16	1.92	0.12		
Total	23	33.64			

C.V=15.30%

En la tabla 3.30. de análisis de varianza (ANVA) indica la diferencia significativa entre los tratamientos, el coeficiente de variación de 15.30% indica que el experimento ha sido conducido adecuadamente.

Tabla 3.31

Prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Matarilla

Trat	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Descrip.	g/maceta	Signif.
T6	200	0	120	-P	3.68	a
T4	200	240	0	-K	3.45	a
T8	200	240	120	C	3.39	a
T2	200	0	0	+N	3.08	a
T7	0	240	120	-N	1.24	b
T5	0	0	120	+K	1.16	b
T1	0	0	0	T	1.14	b
T3	0	240	0	+P	0.96	b

Tabla 3.31. la omisión del fósforo (-P) no perjudica en el rendimiento del tomate obteniéndose así el mayor valor de 3.68 g/maceta en comparación a la aplicación del fósforo (+P) con un valor de 0.96 g/maceta.

Tabla 3.32

ANVA de la regresión lineal múltiple para el rendimiento en materia seca (g/maceta) de la planta de tomate de 45 días. Comunidad de Matarilla- zona 8

F. V	G.L	S. C	C. M	Fc	p-valor
X1	1	31.05375	31.05375	235.78104	<0.0001**
X2	1	0.00027	0.00027	0.00202	0.9646ns
X3	1	0.25627	0.25627	1.94575	0.1810ns
X1X2	1	0.01402	0.01402	0.10642	0.7482ns
X1X3	1	0.02042	0.02042	0.15502	0.6987ns
X2X3	1	0.06000	0.06000	0.45556	0.5088ns
Error	17	2.23900	0.13171		

En el análisis de variancia de la tabla 3.32 hay respuesta altamente significativa para el valor X1 (nitrógeno) según la codificación de la tabla 2.5, mientras que, para el potasio, fósforo y las interacciones no se encontró una respuesta significativa.

Tabla 3.33

Prueba de Tukey para los coeficientes de regresión del modelo polinomial de la comunidad de Matarilla – zona 8

Parámetro	Valor estimado	Error estándar	T para Ho: parámetro = 0	Pr>T
Intercepto	2.261666670	0.07407628	30.532	<0.0001**
X1	0.568750000	0.03703814	15.356	<0.0001**
X2	-0.001666670	0.03703814	-0.045	0.9646ns
X3	0.051666667	0.03703814	1.395	0.1810ns
X1X2	0.006041667	0.01851907	0.326	0.7482ns
X1X3	0.007291667	0.01851907	0.394	0.6987ns
X2X3	-0.012500000	0.01851907	-0.675	0.5088ns

La tabla 3.33 indica que hay respuesta al abonamiento con nitrógeno, muestra la significación estadística en el componente lineal del primer factor y no se encontró

respuesta al abonamiento con fósforo, potasio y las interacciones nitrógeno-fósforo, nitrógeno-potasio, fósforo-potasio. Por ello la importancia del nitrógeno de forma independiente es determinante en el incremento del rendimiento de la planta de tomate (g/maceta) en el suelo de la comunidad de Matarilla.

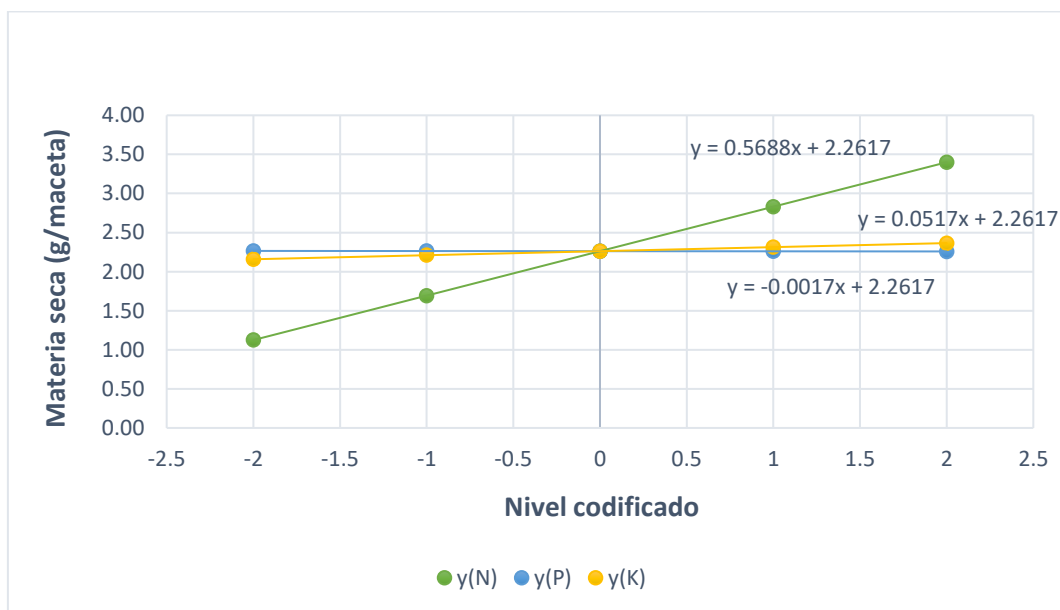
Este modelo matemático permite plantear fórmulas de abonamiento para el cultivo de tomate.

$$Y = 2.262 + 0.569N - 0.002P + 0.052K + 0.006NP + 0.007NK - 0.013PK$$

Sus gráficos correspondientes son los siguientes:

Figura 3.29

Respuesta del rendimiento de materia seca de la planta de tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Matarilla



La deficiencia de nutrientes en base a los modelos de la regresión generados en el procesamiento de datos de la tabla 3.33 y la figura 3.29 corresponde a la respuesta del tomate (g/maceta) a la aplicación de N, P, K, el nutriente con mayor pendiente es el nitrógeno y esto indica que hay mayor respuesta a la aplicación de esta a diferencia del fósforo y el potasio que tienen una pendiente más plana.

Figura 3.30

Superficie de respuesta de la interacción de NP

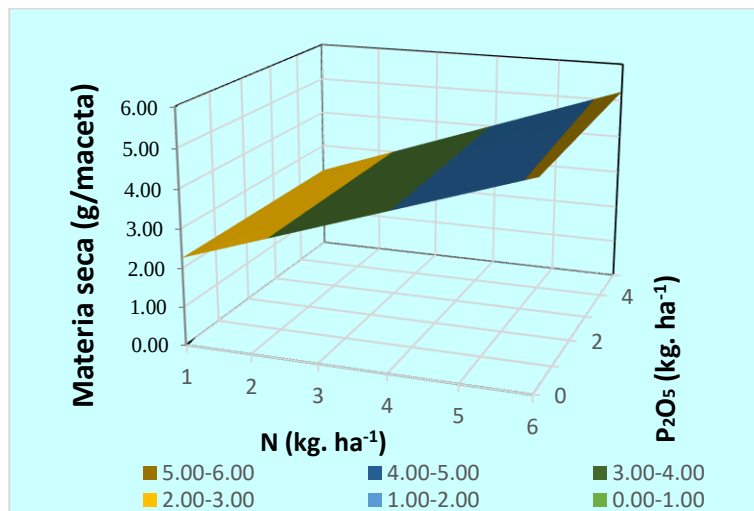


Figura 3.31

Superficie de respuesta de la interacción de NK

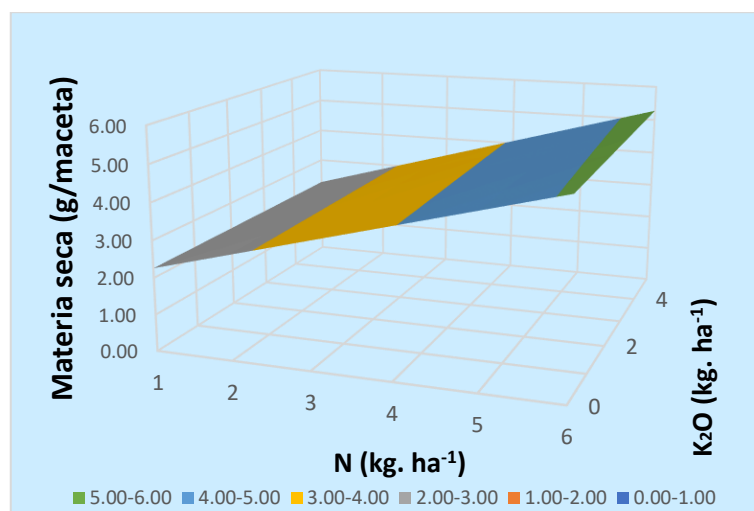
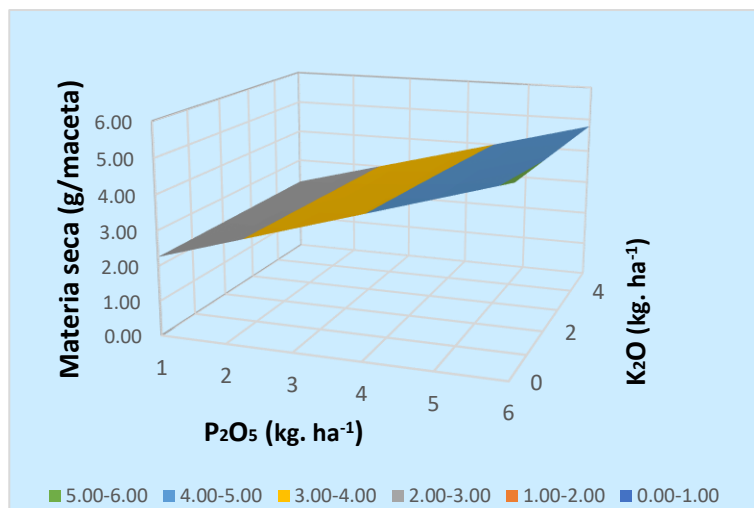


Figura 3.32

Superficie de respuesta de la interacción de PK



De la figura 3.30 (interacción NP) muestra la superficie con mayor inclinación hacia el eje correspondiente de N y el eje correspondiente a P muestra una ligera inclinación; la figura 3.31 (interacción NK) muestra una fuerte inclinación en el eje de N y en el eje de K es ligera, mientras que en la figura 3.32 (interacción PK) indica que existe respuesta al fósforo con una fuerte inclinación a diferencia del eje del potasio la superficie es plana.

3.2.9. Comunidad de Huaychao

Tabla 3.34

ANVA del rendimiento de materia seca de la planta de tomate de 45 días

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Trat	7	25.55	3.65	50.98	<0.0001
Error	16	1.15	0.07		
Total	23	26.7			

C.V=6.86%

En la tabla 3.34. de análisis de varianza (ANVA) indica la diferencia significativa entre los tratamientos, el coeficiente de variación de 6.86% indica que el experimento ha sido conducido adecuadamente.

Tabla 3.35

Prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Huaychao

Trat	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Descrip.	g/maceta	Signif.	
T4	200	240	0	-K	5.30	a	
T6	200	0	120	-P	4.97	a	b
T8	200	240	120	C	4.90	a	b
T2	200	0	0	+N	4.22	b	c
T7	0	240	120	-N	3.75		c
T5	0	0	120	+K	2.84		d
T1	0	0	0	T	2.64		d
T3	0	240	0	+P	2.64		d

A partir de los resultados de la tabla 3.35 la omisión del potasio (-K) no perjudica en el rendimiento del tomate obteniéndose así el mayor valor de 5.30 g/maceta en comparación a la aplicación de solo fósforo (+P) con un valor de 2.64 g/maceta; la aplicación de solo fósforo influye negativamente en el rendimiento del tomate y la aplicación de solo potasio contribuye negativamente al incremento del rendimiento del tomate.

Tabla 3.36

ANVA de la regresión lineal múltiple para el rendimiento de materia seca (g/maceta) de la planta de tomate de 45 días. Comunidad de Huaychao- zona 9

F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
X1	1	21.16882	21.16882	131.00469	<0.0001**
X2	1	1.36327	1.36327	8.43667	0.0099**
X3	1	1.05002	1.05002	6.49810	0.0208*
X1X2	1	0.00375	0.00375	0.02321	0.8808ns
X1X3	1	0.34560	0.34560	2.13877	0.1619ns
X2X3	1	0.02042	0.02042	0.12635	0.7266ns
Error	17	2.74700	0.16159		

En el análisis de variancia de la tabla 3.36, se observa que hay respuesta altamente significativa para el valor X1 (nitrógeno), el valor X2 (fósforo), el valor X3 (potasio) muestra una respuesta significativa, mientras que para las interacciones no se encontró una respuesta significativa.

Tabla 3.37

Prueba de Tukey para los coeficientes de regresión del modelo polinomial de la comunidad de Huaychao – zona 9

Parámetro	Valor estimado	Error estándar	T para Ho: parámetro = 0	Pr>T
Intercepto	3.908333333	0.08206087	47.627	<0.0001**
X1	0.469583333	0.04103044	11.445	<0.0001**
X2	0.119166667	0.04103044	2.904	0.0099**
X3	0.104583333	0.04103044	2.549	0.0208*
X1X2	0.003125000	0.02051522	0.152	0.8808ns
X1X3	-0.030000000	0.02051522	-1.462	0.1619ns
X2X3	-0.007291667	0.02051522	-0.355	0.7266ns

La tabla 3.37 indica que hay respuesta al abonamiento con nitrógeno, fósforo y potasio muestra la significación estadística en el componente lineal del primer, segundo y tercer factor; por otro lado, no se encontró respuesta al abonamiento de las interacciones nitrógeno-fósforo, nitrógeno-potasio, fósforo-potasio, por ello la importancia del nitrógeno, fósforo y potasio de forma independiente es determinante en el incremento del rendimiento de la planta de tomate (g/maceta) en el suelo de la comunidad de Huaychao.

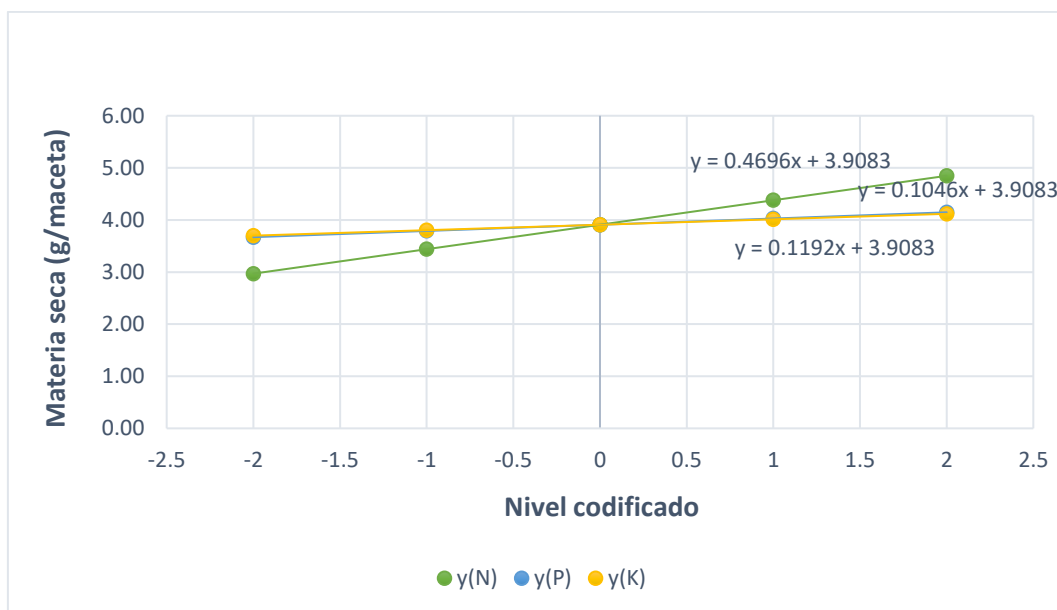
Este modelo matemático permite plantear fórmulas de abonamiento para el cultivo de tomate.

$$Y = 3.908 + 0.470N + 0.119P + 0.105K + 0.003NP - 0.030NK - 0.007PK$$

Sus gráficos correspondientes son los siguientes:

Figura 3.33

Respuesta del rendimiento de materia seca de la planta de tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Huaychao



Podemos visualizar la deficiencia de nutrientes en base a los modelos de la regresión generados en el procesamiento de datos de la tabla 3.37. en la figura 3.33 corresponde a la respuesta de la planta de tomate (g/maceta) a la aplicación de N, P, K. El nutriente con mayor pendiente es el nitrógeno y esto indica que hay mayor respuesta a la aplicación de esta a diferencia del fósforo y el potasio que tienen una pendiente más plana.

Figura 3.34

Superficie de respuesta de la interacción de NP

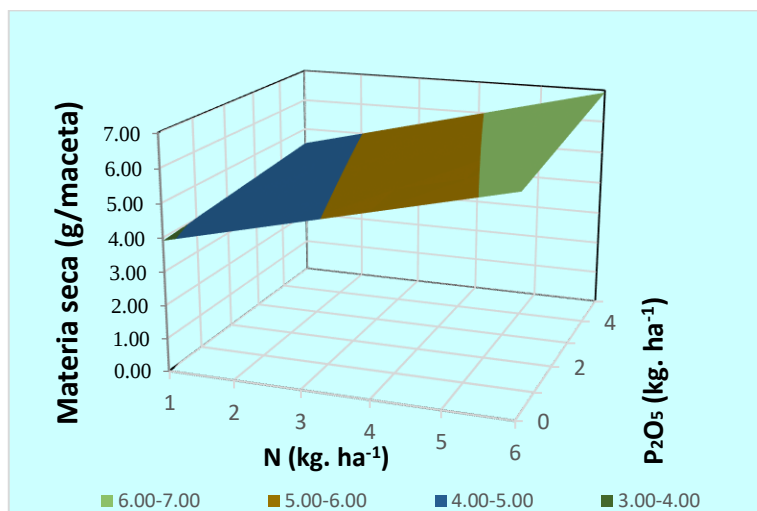


Figura 3.35

Superficie de respuesta de la interacción de NK

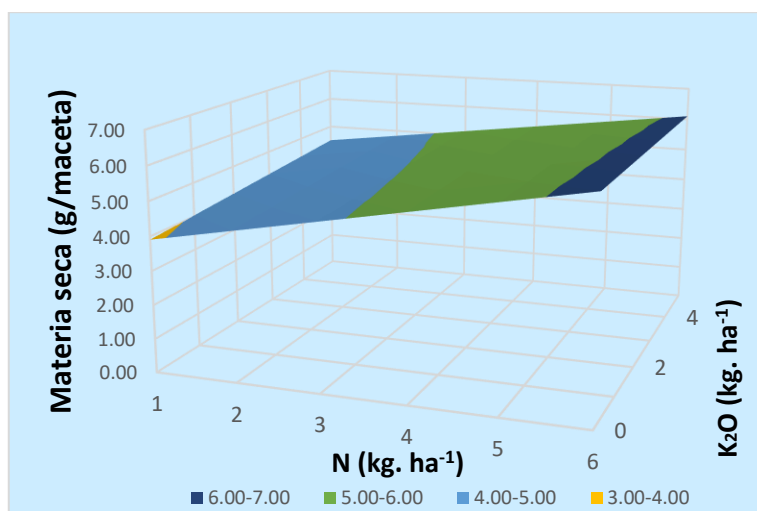
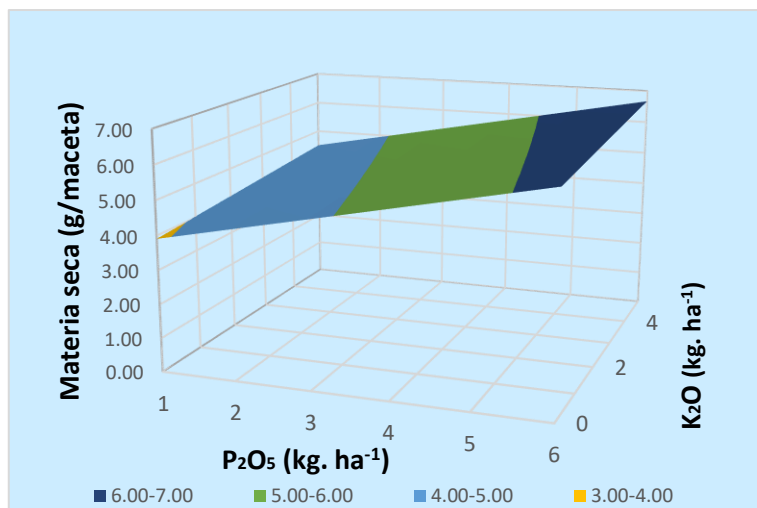


Figura 3.36

Superficie de respuesta de la interacción de PK



De la figura 3.34 (interacción NP) muestra la superficie con mayor inclinación hacia el eje correspondiente de N y al eje correspondiente a P es ligera la inclinación; la figura 3.35 (interacción NK) muestra una fuerte inclinación en el eje de N y en el eje de K es muy ligera; en la figura 3.36 (interacción PK) indica que existe respuesta al fósforo y potasio con una fuerte inclinación en ambos ejes.

3.2.10. Comunidad de Capillapata

Tabla 3.38

ANVA del rendimiento de la materia seca de la planta de tomate de 45 días

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Trat	7	32.18	4.60	20.09	<0.0001
Error	16	3.66	0.23		
Total	23	35.84			

C.V=14.12%

En la tabla 3.38. de análisis de varianza (ANVA) indica la diferencia significativa entre los tratamientos, el coeficiente de variación de 14.12% indica que el experimento ha sido conducido adecuadamente.

Tabla 3.39

Prueba de Tukey en el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Capillapata

Trat	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Descrip.	g/maceta	Signif.
T6	200	0	120	-P	4.86	a
T4	200	240	0	-K	4.80	a
T8	200	240	120	C	4.33	a
T2	200	0	0	+N	3.98	a
T7	0	240	120	-N	2.60	b
T5	0	0	120	+K	2.55	b
T3	0	0	0	+P	2.16	b
T1	0	240	0	T	1.81	b

A partir de los resultados de la tabla 3.39 la omisión del fósforo (-P) no perjudica en el rendimiento de la planta de tomate obteniéndose el mayor valor de 4.86 g/maceta

en comparación con el testigo (T) con un valor de 1.81 g/maceta; la aplicación del fósforo y potasio de forma independiente influye negativamente en el rendimiento de la planta de tomate.

Tabla 3.40

ANVA de la regresión lineal múltiple para el rendimiento de materia seca (g/maceta) de la planta de tomate de 45 días. Comunidad de Capillapata- zona 10

F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
X1	1	29.39307	29.39307	122.89280	<0.0001**
X2	1	0.17682	0.17682	0.73927	0.4019ns
X3	1	0.95202	0.95202	3.98039	0.0623ns
X1X2	1	0.00427	0.00427	0.01784	0.8953ns
X1X3	1	0.21660	0.21660	0.90561	0.3546ns
X2X3	1	1.03335	1.03335	4.32045	0.0531ns
Error	17	4.06600	0.23918		

En el análisis de variancia de la tabla 3.40, hay respuesta altamente significativa para el valor X1 (nitrógeno) por otro lado, para el valor X2 (fósforo), X3 (potasio) y las interacciones no se encontró una respuesta significativa.

Tabla 3.41

Prueba de Tukey para los coeficientes de regresión del modelo polinomial de la comunidad de Capillapata – zona 10

Parámetro	Valor estimado	Error estándar	T para Ho: parámetro = 0	Pr>T
Intercepto	3.387500000	0.09982992	33.933	<0.0001**
X1	0.553333333	0.04991496	11.086	<0.0001**
X2	0.042916667	0.04991496	0.860	0.4019ns
X3	0.099583333	0.04991496	1.995	0.0623ns
X1X2	-0.003333333	0.02495748	-0.134	0.8953ns
X1X3	0.023750000	0.02495748	0.952	0.3546ns
X2X3	-0.051875000	0.02495748	-2.079	0.0531ns

Tabla 3.41 hay respuesta al abonamiento con nitrógeno y muestra la significación estadística en el componente lineal del primer factor y no se encontró respuesta al

abonamiento con fósforo, potasio y las interacciones nitrógeno-fósforo, nitrógeno-potasio, fósforo- potasio. Por ello la importancia del nitrógeno de forma independiente es determinante en el incremento del rendimiento de tomate (g/maceta) en el suelo de la comunidad de Capillapata.

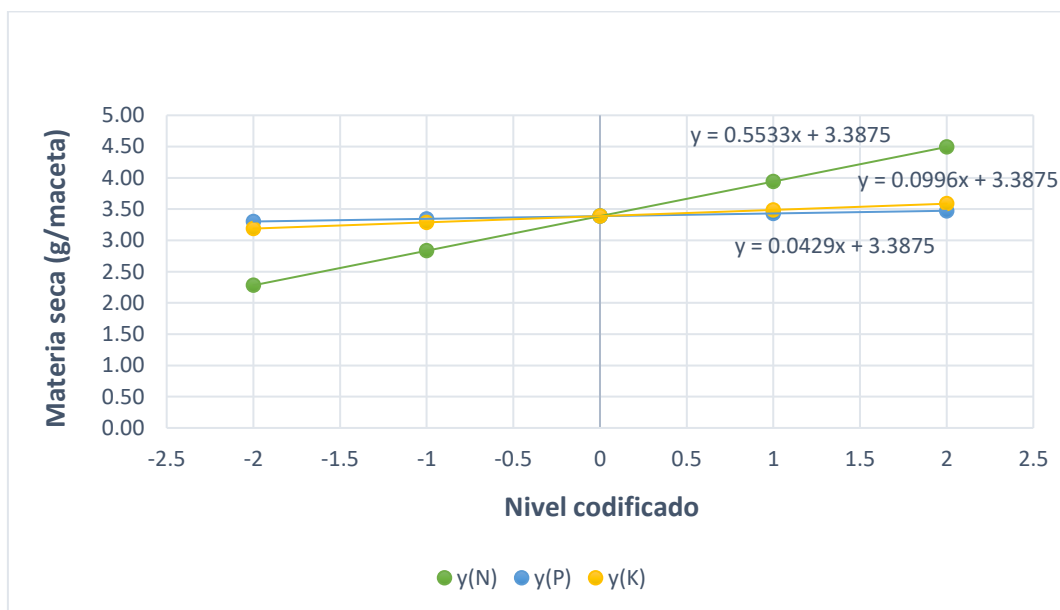
Este modelo matemático permite plantear fórmulas de abonamiento para el cultivo de tomate.

$$Y = 3.388 + 0.553N + 0.043P + 0.100K - 0.003NP + 0.024NK - 0.052PK$$

Sus gráficos correspondientes son los siguientes:

Figura 3.37

Respuesta del rendimiento de materia seca de la planta de tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Capillapata



Podemos visualizar la deficiencia de nutrientes en base a los modelos de la regresión generados en el procesamiento de datos de la tabla 3.41 y la figura 3.37 corresponde a la respuesta del tomate (g/maceta) a la aplicación de N, P, K. El nutriente con mayor pendiente es el nitrógeno y esto indica que hay mayor respuesta a la aplicación de esta a diferencia del fósforo y el potasio que tienen una pendiente más plana.

Figura 3.38

Superficie de respuesta de la interacción de NP

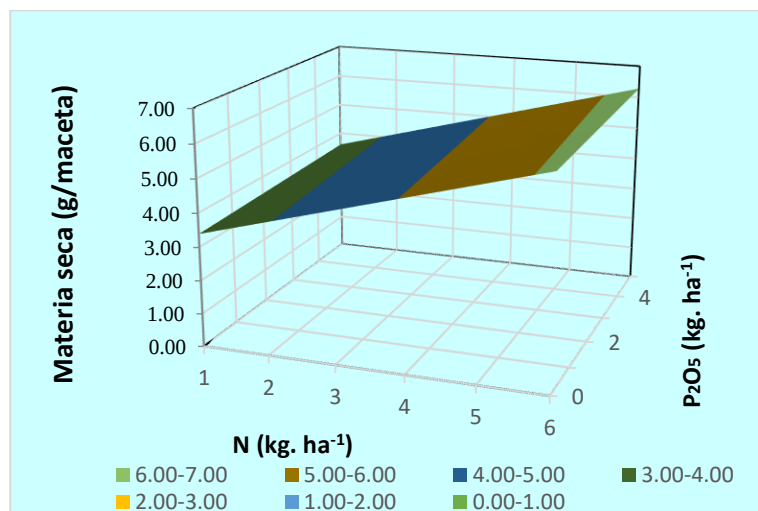


Figura 3.39

Superficie de respuesta de la interacción de NK

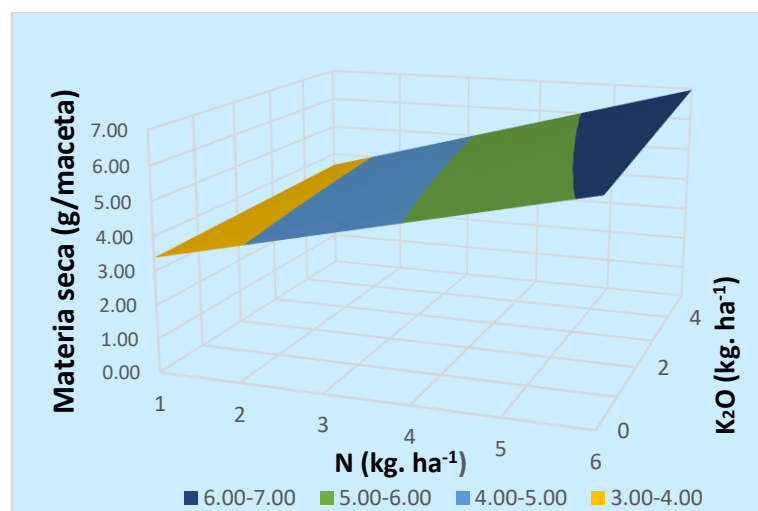
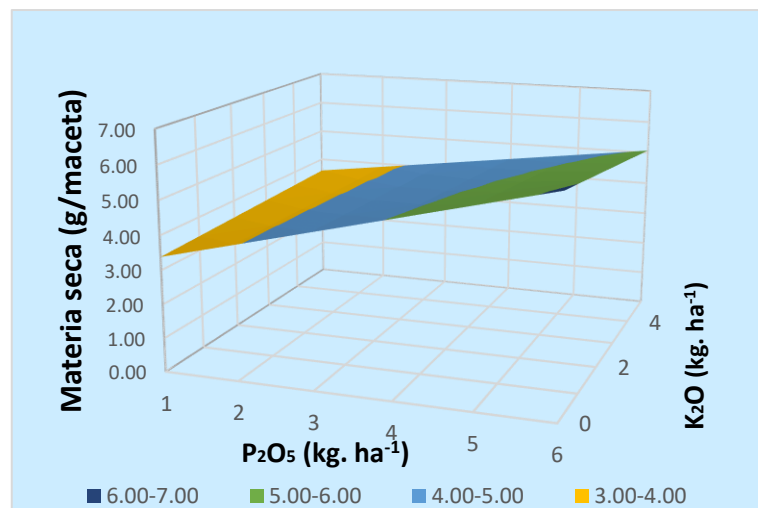


Figura 3.40

Superficie de respuesta de la interacción de PK



La figura 3.38 (interacción NP) muestra la superficie con mayor inclinación hacia el eje correspondiente de N y al eje correspondiente a P es ligera la inclinación; la figura 3.39 (interacción NK) muestra una fuerte inclinación en el eje de N y en el eje de K; la figura 3.40 (interacción PK), indica que existe respuesta al fósforo, en cuanto al potasio muestra una inclinación ligera.

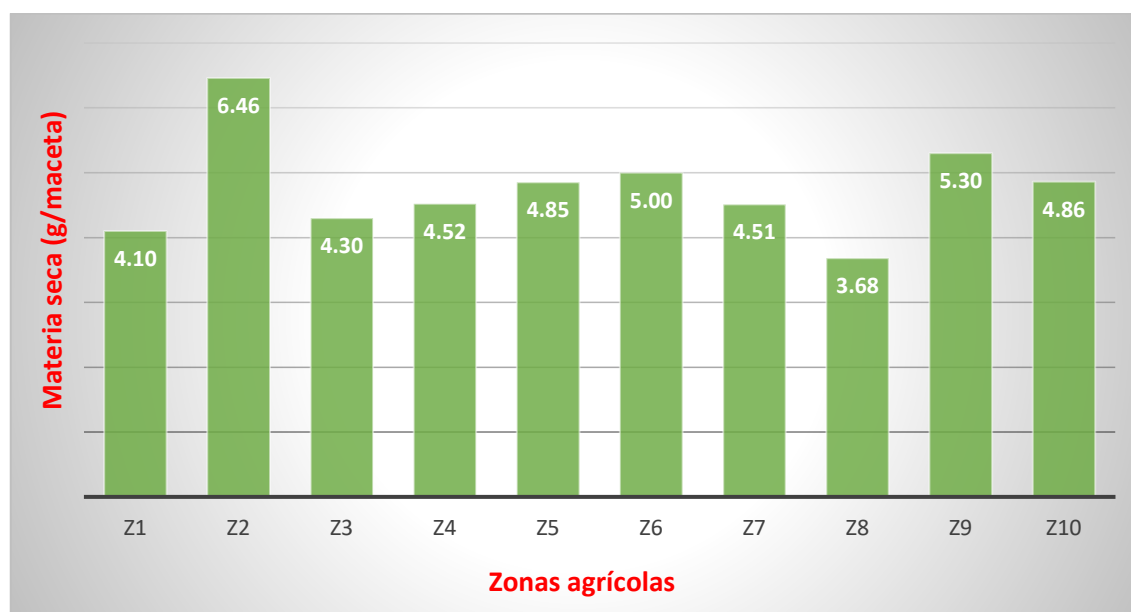
Tabla 3.42

Datos de los rendimientos de materia seca de la planta de tomate de 45 días de las 10 zonas agrícolas del distrito de Acosvinchos

Zona	Comunidad	Rendimiento de materia seca (g/maceta)	Trat.	Descripción del tratamiento
Z1	Comunidad de Pamparque	4.10	T4	-K: Sin potasio
Z2	Comunidad de Acosvinchos	6.46	T8	C: Completo, abonado con N, P y K
Z3	Comunidad de Ayahuarco	4.30	T4	-K: Sin potasio
Z4	Comunidad de Pampana	4.52	T4	-K: Sin potasio
Z5	Comunidad de Urpay Alto	4.85	T4	-K: Sin potasio
Z6	Comunidad de Urpay Centro	5.00	T6	-P: sin fósforo
Z7	Comunidad de Paucarpata	4.51	T4	-K: Sin potasio
Z8	Comunidad de Matarilla	3.68	T6	-P: sin fósforo
Z9	Comunidad de Huaychao	5.30	T4	-K: Sin potasio
Z10	Comunidad de Capillapata	4.86	T6	-P: sin fósforo

Figura 3.41

Rendimientos de materia seca de la planta de tomate de 45 días de las 10 zonas agrícolas



La tabla 3.42. y la figura 3.41. muestran los mejores resultados de rendimiento de materia seca de la planta de tomate de las 10 zonas evaluadas, donde Acosvinchos tiene el mayor valor de 6.46 g/maceta y el menor es de 3.68 g/maceta de la comunidad de Matarilla.

CONCLUSIONES

De los resultados del estudio se pueden extraer las siguientes conclusiones, dadas las circunstancias en que se llevó a cabo:

1. Se encontró diferentes clases texturales que va desde suelos arcillosos (Paucarpata y Urpay alto) hasta suelos franco arenosos (Pamparque).
2. El suelo con mayor valor de CIC es la comunidad de Acosvinchos con 23.5 (cmol (+). kg⁻¹) y el suelo con el valor menor es la comunidad de Pamparque con 10.2 (cmol (+). kg⁻¹); la variación del pH en general va desde 5.62 (comunidad de Ayahuarco) considerándose la reacción de estos suelos son de naturaleza ácida, a excepción del suelo de la comunidad de Acosvinchos que se encontró con un valor de 7.08 (neutro).
3. La evaluación del estado de fertilidad química de las 10 zonas agrícolas que fue realizado utilizando la técnica del elemento faltante y presente usando como planta indicadora al tomate, resultó que Acosvinchos (Z2) reportó un rendimiento mayor de materia seca con 6.46 g/maceta con el T8 (C) en comparación de Matarilla (Z8) con 3.68 g/maceta con T6 (-P) tal como se muestra en la tabla 4.1., el nutriente más crítico en las 10 zonas agrícolas evaluadas es el nitrógeno, la omisión de este nutriente en el suelo influye negativamente en el rendimiento de materia seca de la planta de tomate.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el análisis de caracterización de suelos en programas de índole agrícola para tener una información certera de las características físicas, químicas y biológicas del suelo a trabajar.
- Se recomienda realizar más investigaciones en los suelos de las diferentes comunidades del distrito de Acosvinchos, para así conocer mejor y recabar más información para poder plantear a futuro proyectos de índole agrícola a favor del distrito.
- A las autoridades municipales del distrito de Acosvinchos, recomendar la ejecución del análisis de caracterización de los suelos en la implementación de proyectos, programas de temas agrícolas y tener como referente el presente trabajo de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrego, F. (s.f.) Determinación de capacidad de intercambio catiónico – Calidad ambiental de los suelos. Universidad Nacional Noreste de Buenos Aires. https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/proinsa/informes/_archivos/002012_Ronda%202012/000300_Lic.%20Fabio%20L.%20Abrego%20-%20UNNOBA/000300_Determinaci%C3%B3n%20de%20CIC.pdf
- Carrasco, I. (2017). *Densidad optima de tomate y cebada, como indicadores en la evaluación de la fertilidad de suelos por las técnicas del elemento faltante y presente*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga] http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3246/1/TESIS%20AG1233_Carrasco.pdf
- Enrique, O. (2003). Indicadores físicos de la degradación del suelo. [Tesis doctoral, Universidad de la Caruña]. <https://core.ac.uk/reader/61896780>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2000). *Manual on integrated soil management and conservation practices*.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2006). *Propiedades físicas del suelo*. Ed. 4. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/#:~:text=La%20textura%20del%20suelo%20se,materia%20org%C3%A1nica%20y%20otras%20propiedades.>
- Gonzales, V. (2006). *Metodología, formulación y aplicación de un índice de calidad de suelos con fines agrícolas para Castilla-La Mancha*. [Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid]. Repositorio UAM
- Hernández, J. (2019). *Determinación de propiedades de suelos agrícolas a partir de mediciones eléctricas realizadas en campo y en laboratorio*. [Tesis de maestría, Instituto Potosino de investigación científica y tecnológica, A.C]. Repositorio institucional IPICYT. <https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/2217/1/TMHernandezJ.pdf>
- Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Medellín. Universidad Nacional De

- Colombia.<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70085/70060838.2002.pdf>
- Mendoza, R. y Espinoza, A. (2017). Guía Técnica para muestreo de suelos. Universidad Nacional Agraria y Católica Relief Services (CRS). <https://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>
- Osorio, H. et al, Vargas, R. (2005). *Diseño del sistema de control automático de pH en la planta de tratamiento de agua residuales de la empresa Termocartagena S.A. E.S.P.* [Tesis de titulación, Universidad Tecnológica de Bolívar]. <https://repositorio.utb.edu.co/bitstream/handle/20.500.12585/902/0032777.pdf?sequence=1>
- Palomino, O. (2021). *Evaluación edafológica y agrológica con fines de planificación agrícola en Colca, Ayacucho 2016*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5628>
- Quisurucu,E. (2014). *Aplicación de la técnica del elemento faltante y presente en al cuantificación de la dosis óptima de N,P,K,en cebolla (Allium cepa L. var. Roja Arequipeña) en Canaán 2750 msnm, Ayacucho*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2075>
- Ramirez, L. (2024). *Niveles de lombricompost de mazorcas de cacao, sólido y lixiviado, en el rendimiento de tomate (Lycopersicum esculentum Mill), Ayacucho, 2023*. [Tesis de título, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/0aa17b63-e63e-45e3-99af-9959fbb5eb04>
- Sadeghian, S. (2010). La materia orgánica: Componente esencial en la sostenibilidad de los agroecosistemas cafeteros.Colombia. Cenicafe. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/1113/3/libroMO.pdf>
- Tineo, A. (2014). *Superficies de respuesta: El diseño 03 de julio* (2.^a ed.). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Vilcatoma, N. (2017). *Evaluación edafológica y estado nutricional de suelos agrícolas en colca y quilla. Ayacucho 2016*. [Tesis de título, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.<https://repositorio.unsch.edu.pe/items/d69f05c9-905d-41b4-babf-fc1f56047ec4>

ANEXOS

Anexo 1. Resultado del análisis de caracterización del suelo de las 10 zonas agrícolas del distrito de Acosvinchos, provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INVESTIGACION EN PASTOS Y GANADERIA
LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR
Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 966942996
Ayacucho – Perú
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Región : Ayacucho
Provincia : Huamanga
Distrito : Acosvinchos
Localidad : CC. PP. Acosvinchos – Urpay – Huaychao
Proyecto : “Trabajo de Tesis”
Solicitante : Srta. Yessica Sulca Curahua

HR: 00411

ANALISIS DE CARACTERIZACION

Muestra	Analisis mecánico (%)			Clase Textural	pH (H ₂ O) 1:2.5	C. E. (dS/m) 1:1	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Nt (%)	Elementos Disp. (ppm)		Cationes cambiables (Cmol(+)/Kg)						C. I. C. (Cmol(+)/Kg)
	Arena	Limo	Arcilla							P	K	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³	H ⁺	
Z1 Pamparque	68.6	16.9	14.5	Fr-Ao	6.26	0.23	0.0	1.39	0.07	32.9	95.9	6.08	1.68	0.49	0.28	0.0	0.0	10.2
Z2 Acosvinchos	16.6	42.9	40.5	Ar-L	7.08	0.51	0.0	1.62	0.08	28.5	77.3	10.8	7.92	0.40	0.46	0.0	0.0	23.5
Z3 Ayahuarco	58.6	18.9	22.5	Fr-Ar-Ao	5.62	0.24	0.0	1.50	0.07	56.9	81.3	4.72	2.32	0.42	0.14	0.0	0.0	11.4
Z4 Pampana	54.6	20.9	24.5	Fr-Ar-Ao	6.05	0.38	0.0	1.96	0.09	24.9	89.4	4.56	4.16	0.46	0.24	0.0	0.0	11.0
Z5 Urpay alto	38.6	18.9	42.5	Ar	5.98	0.44	0.0	1.73	0.08	17.2	72.5	4.32	3.12	0.37	0.22	0.0	0.0	15.7
Z6 Urpay centro	46.6	20.9	32.5	Fr-Ar-Ao	6.64	0.26	0.0	2.08	0.10	33.2	90.2	6.96	2.48	0.46	0.32	0.0	0.0	12.9
Z7 Paucarpata	36.6	19.9	43.5	Ar	5.88	0.43	0.0	1.73	0.08	35.3	70.1	3.84	3.12	0.36	0.26	0.0	0.0	13.7
Z8 Matarilla	52.6	16.9	30.5	Fr-Ar-Ao	6.26	0.50	0.0	1.15	0.06	44.5	82.1	5.12	3.92	0.42	0.24	0.0	0.0	14.2
Z9 Huaychao	46.6	19.9	33.5	Fr-Ar-Ao	5.78	0.48	0.0	1.62	0.08	35.1	85.4	6.96	4.56	0.44	0.16	0.0	0.0	17.0
Z10 Capillapata	48.6	15.9	35.5	Ar-Ao	6.21	0.40	0.0	2.31	0.12	53.5	87.0	5.28	1.76	0.45	0.28	0.0	0.0	12.8

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS
PLANTA, AGUA Y FERTILIZANTES
RESPONSABLE
Juan B. Grón Molina
C.I.P. 77120

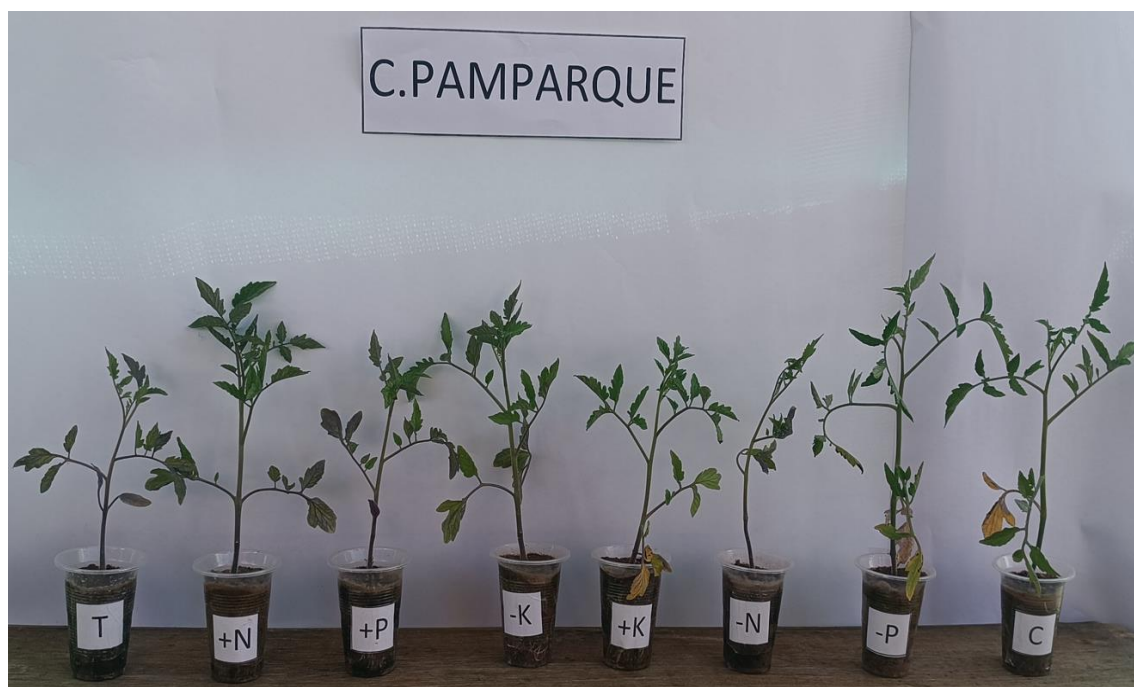
Ayacucho, 15 de Diciembre del 2023.

Ao: Arenoso, AoFr: Arena franca, FrAo: Franco arenoso, Fr: Franco, FrL: Franco limoso, L: Limoso, FrArAo: Franco arcillo arenoso, FrAr: Franco arcilloso, FrAr: Franco arcillosos, FrArL: Franco arcillo limoso, ArAo: Arcillo arenoso, ArL: Arcillo limoso, Ar: Arcilloso

Anexo 2. Datos de campo, tomados durante las evaluaciones propuestas en la planta de tomate, en el invernadero y laboratorio del Área de Suelos de la Escuela Profesional de Agronomía – UNSCH.

Rep	Trt	Nivel codificado			Rendimiento en materia seca de la planta de tomate de 45 días									
		x1	x2	x3	Huaychao	Capillapata	Matarilla	Paucarpata	Urpay Centro	Urpay Alto	Pampana	Ayahuarco	Acosvinchos	Pamparque
I	1	-2	-2	-2	2.42	1.78	1.25	1.60	1.86	2.36	2.06	1.36	2.18	2.03
I	2	2	-2	-2	4.23	3.72	2.34	3.61	3.66	3.54	4.32	3.29	4.36	4.03
I	3	-2	2	-2	2.78	2.37	0.91	2.73	1.76	3.42	2.11	2.12	1.99	1.88
I	4	2	2	-2	5.54	3.90	3.07	4.32	4.16	5.38	4.06	5.17	6.07	3.87
I	5	-2	-2	2	2.54	2.02	1.42	2.48	1.88	3.12	2.42	2.96	2.93	3.34
I	6	2	-2	2	5.03	5.16	3.58	4.54	5.65	4.48	3.35	4.16	5.48	4.81
I	7	-2	2	2	3.73	2.08	1.25	3.30	2.53	3.31	1.69	2.88	4.64	1.65
I	8	2	2	2	4.62	3.89	3.47	4.54	4.00	5.18	4.52	5.13	6.48	3.97
II	1	-2	-2	-2	2.97	1.66	1.23	1.88	1.53	1.66	2.49	1.22	1.57	1.39
II	2	2	-2	-2	3.92	3.90	3.12	3.29	3.74	3.64	3.06	3.11	4.11	3.15
II	3	-2	2	-2	2.35	2.38	1.17	1.94	1.69	2.21	2.00	1.75	2.90	1.83
II	4	2	2	-2	5.24	5.41	3.39	4.66	3.70	4.51	5.01	3.98	4.63	4.59
II	5	-2	-2	2	2.80	2.58	1.08	2.03	1.85	2.29	1.99	3.30	5.20	1.74
II	6	2	-2	2	4.74	5.09	4.03	4.52	4.45	4.84	3.80	3.47	5.69	3.87
II	7	-2	2	2	3.48	2.73	1.30	2.61	2.55	3.02	1.52	2.36	3.00	1.68
II	8	2	2	2	5.04	4.87	3.16	4.79	4.41	5.27	4.13	3.29	5.45	3.68
III	1	-2	-2	-2	2.54	1.99	0.95	2.02	1.29	1.25	2.59	1.45	2.12	1.52
III	2	2	-2	-2	4.51	4.32	3.78	3.75	3.71	3.45	4.69	3.49	6.36	3.35
III	3	-2	2	-2	2.78	1.74	0.79	2.38	1.49	2.11	2.78	1.99	3.85	1.21
III	4	2	2	-2	5.11	5.09	3.90	4.54	4.13	4.66	4.50	3.74	5.51	3.84
III	5	-2	-2	2	3.19	3.06	0.98	2.19	1.86	1.93	1.91	2.15	4.08	1.76
III	6	2	-2	2	5.15	4.34	3.42	4.21	4.89	4.56	5.26	3.52	7.77	3.41
III	7	-2	2	2	4.05	2.98	1.16	3.20	2.01	2.17	3.75	1.50	3.86	1.45
III	8	2	2	2	5.04	4.24	3.53	2.78	4.21	3.65	4.91	3.85	7.44	3.90

Anexo 3. Panel fotográfico



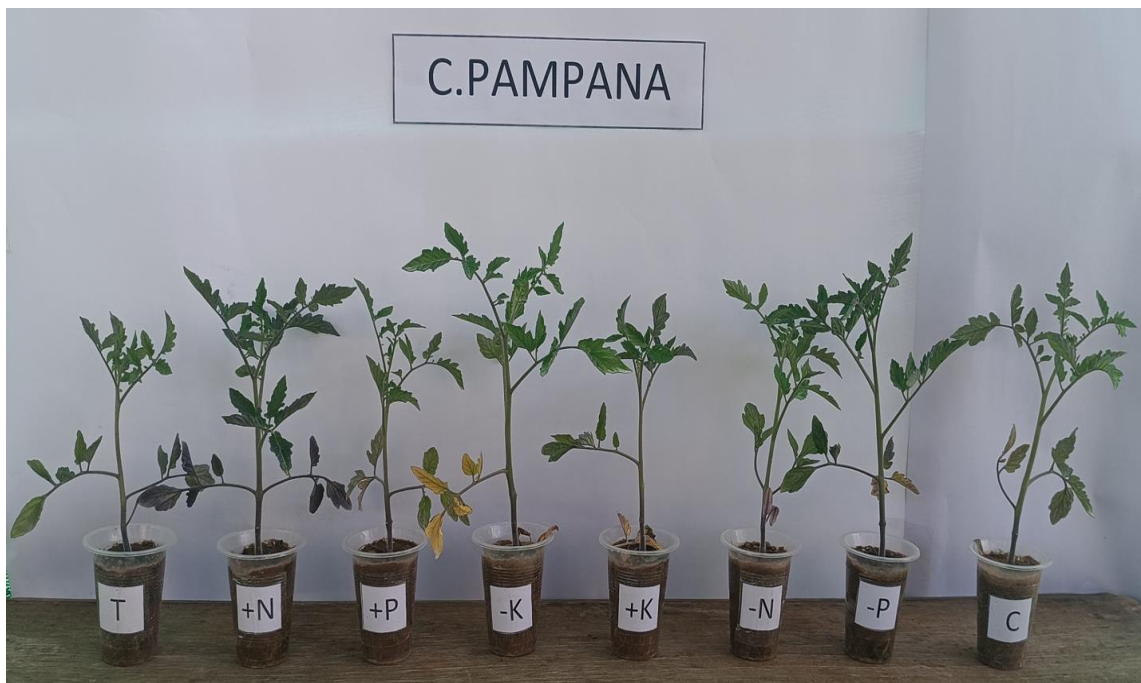
Fotografía 1. Tomate con la técnica del elemento faltante y presente en el suelo de la comunidad de Pamparque.



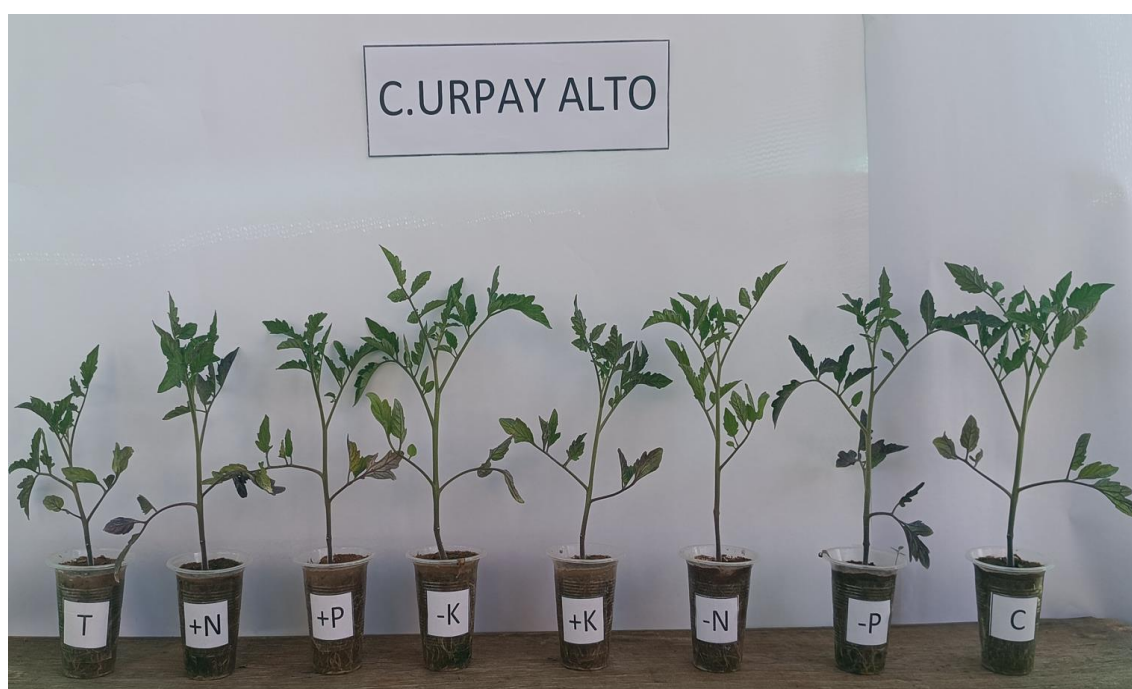
Fotografía 2. Tomate con la técnica del elemento faltante y presente en el suelo de la comunidad de Acosvinchos.



Fotografía 3. Tomate con la técnica del elemento faltante y presente en el suelo de la comunidad de Ayahuarco.



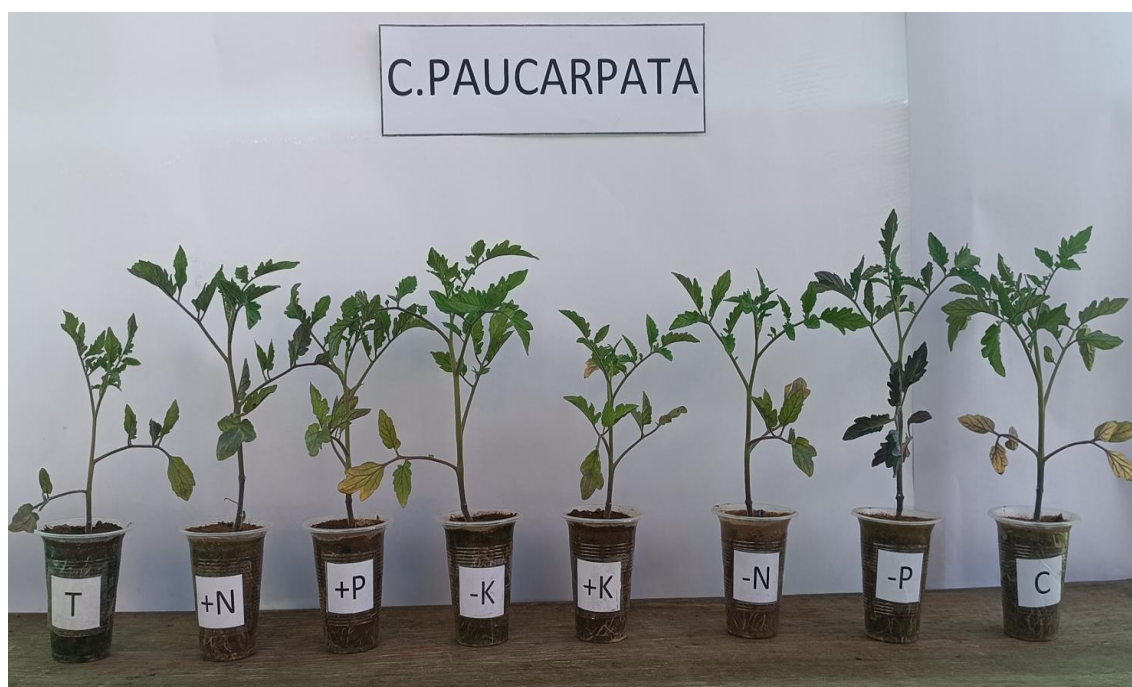
Fotografía 4. Tomate con la técnica del elemento faltante y presente en el suelo de la comunidad de Pampana.



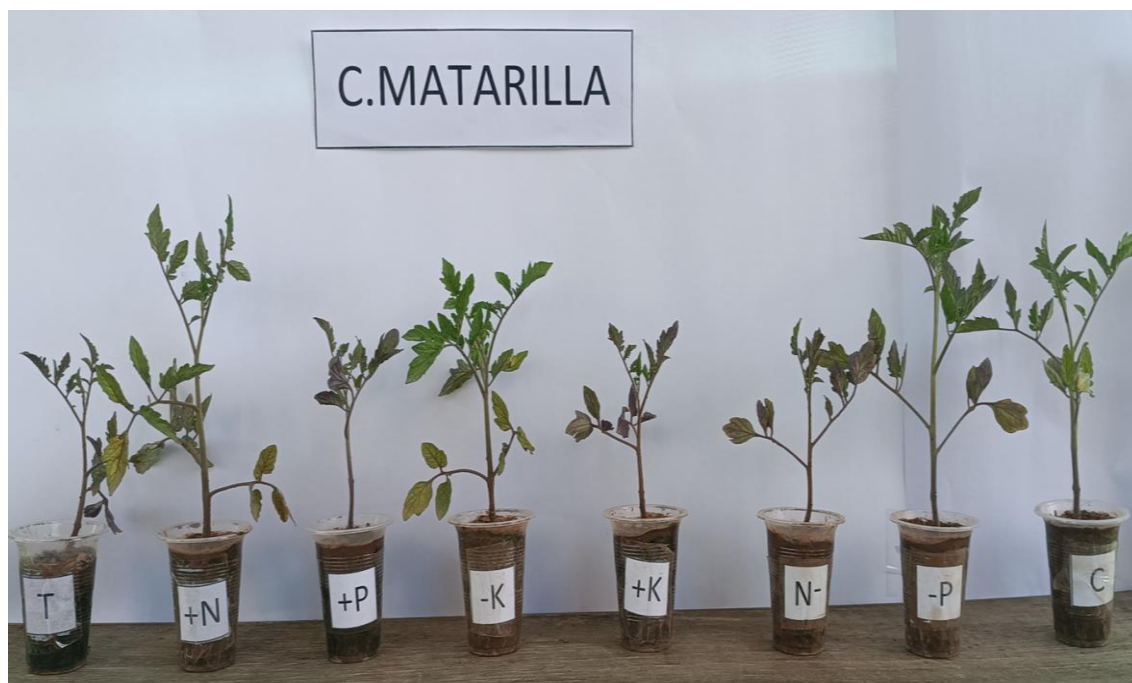
Fotografía 5. Tomate con la técnica del elemento faltante y presente en el suelo de la comunidad de Urpay alto.



Fotografía 6. Tomate con la técnica del elemento faltante y presente en el suelo de la comunidad de Urpay centro.



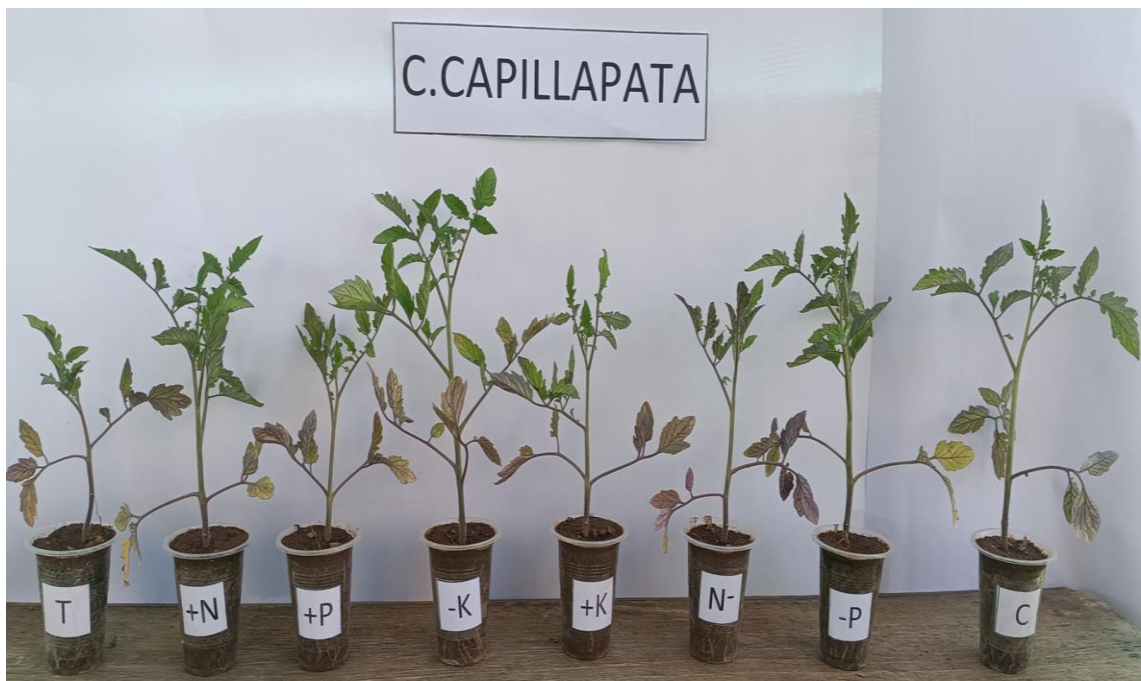
Fotografía 7. Tomate con la técnica del elemento faltante y presente en el suelo de la comunidad de Paucarpata.



Fotografía 8. Tomate con la técnica del elemento faltante y presente en el suelo de la comunidad de Matarilla.



Fotografía 9. Tomate con la técnica del elemento faltante y presente en el suelo de la comunidad de Huaychao.



Fotografía 10. Tomate con la técnica del elemento faltante y presente en el suelo de la comunidad de Capillapata.



Fotografía 11. Evaluación de calicata en la comunidad de Acosvinchos



Fotografía 12. Evaluación de calicata en la comunidad de Ayahuarco



Fotografía 13. Evaluación de calicata en la comunidad de Urpay alto



Fotografía 14. Evaluación del crecimiento a los 45 días.



Fotografía 15. Evaluación del peso fresco y seco de la planta de tomate a los 45 días.

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**Bach. YESSICA SULCA CURAHUA****R.D. N° 211-2024-UNSCH-FCA-D**

En la ciudad de Ayacucho a los catorce días del mes de agosto del año dos mil veinticuatro, siendo las ocho con treinta horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo Decano (e) de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez, Mtro. Rodolfo Alca Mendoza como asesor, M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo y el Ing. Eduardo Robles García; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Técnica de elemento faltante y presente en la evaluación nutricional de 10 zonas agrícolas de Acosvinchos a 2850 msnm - Ayacucho, 2023**, para obtener el Título Profesional de Ingeniera Agrónoma presentado por la Bachiller **YESSICA SULCA CURAHUA**.

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

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez	15	14	15	15
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza	16	16	16	16
M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo	15	14	15	15
Ing. Eduardo Robles García	15	15	15	15
PROMEDIO GENERAL				15

OBSERVACIONES: Por acuerdo unánime de los miembros del jurado el título del trabajo de investigación debe ser: **Técnica del elemento faltante y presente en la evaluación nutricional de 10 zonas agrícolas de Acosvinchos a 2850 msnm - Ayacucho, 2023**

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


.....
M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez
Presidente


.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Asesor


.....
M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo
Jurado


.....
Ing. Eduardo Robles García
Jurado


.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

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

Técnica del elemento faltante y presente en la evaluación nutricional de 10 zonas agrícolas de Acosvinchos a 2850 msnm – Ayacucho, 2023

Autor : Yessica Sulca Curahua

Asesor : Rodolfo Alca Mendoza

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación, aprobado mediante RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, y RCU N° 1530-2023-UNSCH-CU, emitiendo un resultado de **veintidos (22 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

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

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2452084065

Ayacucho, 12 setiembre de 2024

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

Técnica del elemento faltante y presente en la evaluación nutricional de 10 zonas agrícolas de Acosvinchos a 2850 msnm – Ayacucho, 2023

por Yessica Sulca Curahua

Fecha de entrega: 12-sep-2024 11:02a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2452084065

Nombre del archivo: Tesis_corregida_-_Yessica_Sulca_Curahua.docx (22.31M)

Total de palabras: 15457

Total de caracteres: 78028

Técnica del elemento faltante y presente en la evaluación nutricional de 10 zonas agrícolas de Acosvinchos a 2850 msnm – Ayacucho, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	12%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	4%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	pirhua.udep.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	www.readbag.com Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.una.edu.ni Fuente de Internet	<1%
8	mafiadoc.com Fuente de Internet	<1%

9	Submitted to Universidad Internacional Isabel I de Castilla Trabajo del estudiante	<1 %
10	1library.co Fuente de Internet	<1 %
11	fdocumenti.com Fuente de Internet	<1 %
12	#N/A. "Informe de Gestión Ambiental del Proyecto Recuperación de los Servicios de Regulación Hídrica en la Cabecera de la Cuenca del Río Grande-IGA0020956", R.D.G. N° 197-2019-MINAGRI-DVDIAR-DGAAA, 2022 Publicación	<1 %
13	www.doccity.com Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

Técnica del elemento faltante y presente en la evaluación nutricional de 10 zonas agrícolas de Acosvinchos a 2850 msnm – Ayacucho, 2023

Yessica Sulca-Curahua; Rodolfo Alca-Mendoza

Área de investigación: Medio ambiente

Línea de investigación: Sistema de producción agrícola

yessica.sulca.01@unsch.edu.pe

rodolfo.alca@unsch.edu.pe

RESUMEN

El trabajo de investigación tuvo como objetivo principal evaluar el estado nutricional de los suelos agrícolas del distrito de Acosvinchos, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho; se evaluaron algunas propiedades físicas (textura), químicas (pH, CIC, N-total) y biológicas (rendimiento en materia seca de tomate). Se delimitaron 10 zonas agrícolas para evaluar la fertilidad de los suelos a través de la técnica del elemento faltante y presente, utilizando como planta indicadora el tomate (*Solanum lycopersicum*) en macetas, se encontró que la zona agrícola de Acosvinchos (Z2) reportó un rendimiento mayor de materia seca con 6.46 g/maceta con el T8 (C) en comparación de Matarilla (Z8) con 3.68 g/maceta con el T6 (-P). Asimismo, se identificó que el nitrógeno es el elemento crítico y más influyente con un rendimiento alcanzando de 4.94 g/maceta correspondiente al T2 (+N) a la zona de Acosvinchos. Además, se encontró diferentes clases texturales que van desde suelos arcillosos (Paucarpata y Urpay Alto) hasta suelos franco arenosos (Pamparque). Con respecto a la CIC, el suelo con mayor valor 23.5 (cmol (+). kg⁻¹) es de la comunidad de Acosvinchos y el suelo con el valor mínimo de 10.2 (cmol (+).kg⁻¹) es de la comunidad de Pamparque. La variación del pH en general va desde 5.62 (comunidad de Ayahuarco) considerándose la reacción de estos suelos son de naturaleza ácida, a excepción del suelo de la comunidad de Acosvinchos que se encontró con un valor de 7.08 (neutro).

Palabras clave: Técnica del elemento faltante y presente, materia seca, nutriente crítico.

Technique of the missing and present element in the nutritional evaluation of 10 agricultural áreas of Acosvinchos at 2850 msnm – Ayacucho, 2023

ABSTRACT

The main objective of the research work was to evaluate the nutritional status of agricultural soils in the district of Acosvinchos, province of Huamanga, department of Ayacucho; some physical (textura), chemical (pH, CEC, total – N) and biological (tomato dry matter yield) properties were evaluated. 10 agricultural áreas were delimited to evaluate soil fertility through the missing and present element technique, using tomato (*solanum lycopersicum*) in pots as an indicator plant, it was found that the agricultural área of Acosvinchos (Z2) reported a yield higher dry matter with 6.46 g/pot with T8 (C) compared to Matarilla (Z8) with 3.68 g/pot with T6 (-P).

Likewise, it was identified that nitrogen is the critical and most influential element with a yield reaching 4.94 g/pot corresponding to T2 (+N) to the Acosvinchos área. In addition, different textural classes were found ranging from clay soils (Paucarpata and Urpay Alto) to Sandy loam soils (Pamparque). With respect to the CEC, The soil with the highest value of 23.5 (cmol (+).kg⁻¹) is from the community of Acosvinchos and the soil with the minimum value of 10.2 (cmol (+).kg⁻¹) is from the Pamparque community. The variation in pH in general ranges from 5.62 (Ayahuarco community), considering the reaction of these soils to be acidic in nature, tith the exception of the soil of the Acosvinchos community which was found with a value of 7.05 (neutral).

Keywords: Missing and present element technique, dry matter, critical nutrient.

1. INTRODUCCIÓN

El suelo es muy importante en la producción agrícola, la agricultura es la fuente principal de la alimentación y de ingresos económicos, en la cual los agricultores comercializan su producción al mercado regional e internacional; esta práctica lo realizan con un manejo deficiente del recurso suelo y en consecuencia genera el deterioro físico, químico y biológico. Para realizar la evaluación de la fertilidad del suelo se realiza una labor compleja, por la diversidad de condiciones físicas, químicas y biológicas que presentan e interactúan en ella.

La baja producción en las zonas agrícolas de Acosvinchos puede darse por diferentes factores entre ellos el suelo, el deficiente manejo del recurso suelo, la escasa información relevante y el difícil acceso a investigaciones por parte de los agricultores generan el deterioro del suelo y por ende la baja producción. A través de la técnica del elemento faltante y presente en la evaluación nutricional de N, P, K, de 10 zonas agrícolas, mediante el uso como planta indicadora al tomate, se evaluará las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. Así mismo el uso adecuado del recurso suelo y determinando las necesidades reales de los nutrientes para los cultivos, además de brindar información detallada de las condiciones de fertilidad de dichas zonas agrícolas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el invernadero del área de suelos de la Escuela Profesional de Agronomía de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho. A una altitud de 2792° m.s.n.m. encontrándose entre las coordenadas geográficas 13°08'38'' latitud sur y 74°13'17'' longitud oeste.

2.2. Diseño metodológico

La delimitación de las 10 zonas agrícolas del distrito de Acosvinchos se realizó en las zonas más representativas a través de la observación e interpretación de la fisiografía del terreno.

Para la determinación de las características físicas y químicas del suelo, se tomaron muestras en diferentes puntos de las 10 zonas agrícolas del distrito de Acosvinchos, las que se homogenizaron y se obtuvieron una muestra representativa de cada una de las zonas agrícolas, representado aproximadamente por 4.00 kg de suelo como muestra por cada zona agrícola, de las cuales se tomó 1kg de muestra de suelo por zona para remitir al Laboratorio de análisis de suelos especializados. Se utilizó la técnica del elemento faltante y presente para determinar el rendimiento en materia seca (g/maceta) de la planta de tomate de 45 días.

Tabla 2.1

Zonas agrícolas de las comunidades en su respectivo centro poblado, perteneciente al distrito de Acosvinchos.

Centro poblado	Zona	Comunidad
Acosvinchos	Zona 1	Pamparque
	Zona 2	Acosvinchos
	Zona 3	Ayahuarco
Urpay	Zona 4	Pampana
	Zona 5	Urpay alto
	Zona 6	Urpay centro
	Zona 7	Paucarpata
Huaychao	Zona 8	Matarilla
	Zona 9	Huaychao
	Zona 10	Capillapata

a. Unidades experimentales

La unidad experimental está constituida por macetas de 200g de capacidad, al que se depositó la muestra de suelo seco al aire y se tamizó con una malla de 2.65mm de diámetro. Se combinó 8x10 (tratamientos por suelo), con 3 repeticiones por tratamiento; El modelo a aplicar en cuanto a la técnica de elemento faltante y presente será el diseño completamente al azar; T, +N, +P, -K, +K, -P, -N, C; La evaluación de la fertilidad de los suelos se determinó en función al análisis químico de los suelos comparando con el peso de materia seca (g/maceta) de las plantas de tomate a los 45 días luego del trasplante, las unidades experimentales están constituidas de la siguiente manera.

Tabla 2.2

Distribución de las unidades experimentales.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	-2,-2, -2	2, -2, -2	-2, 2, -2	2, 2, -2	-2, -2, 2	2,-2, 2	-2, 2, 2	2, 2, 2
R2	-2,-2, -2	2, -2, -2	-2, 2, -2	2, 2, -2	-2, -2, 2	2,-2, 2	-2, 2, 2	2, 2, 2
R3	-2,-2, -2	2, -2, -2	-2, 2, -2	2, 2, -2	-2, -2, 2	2,-2, 2	-2, 2, 2	2, 2, 2

2.3. Conducción del experimento

La investigación se llevó a cabo en el invernadero del Área de Investigación en Suelos de la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Se preparó el almácigo de la planta de tomate, pasado los 30 días se procedió a trasplantar a su respectiva maceta. La fertilización se realizó en base a nitrógeno (200 kg.ha⁻¹), fósforo (240 kg.ha⁻¹) y potasio (120 kg.ha⁻¹), las fuentes de elemento son urea, super triple de calcio y sulfato de potasio respectivamente. Pasado los 45 días de procedió a cosechar la parte área de las plantas de tomate, se tomó datos del peso inicial y el peso final para obtener la materia seca y realizar los cálculos respectivos.

2.4. Procesamiento de datos

El trabajo de investigación se condujo utilizando el Diseño 03 de Julio (D3J) para la parte factorial, para tres factores, con tres repeticiones. Los niveles a emplearse en cada factor se indican a continuación tomando como referencia trabajos de investigación.

Ecuación matemática del modelo

$$Y_{ij} = u + z_i + T_j + (AB)_{ij} + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = variables de respuestas o rendimiento de materia seca.

U = media general.

Z_i = efecto del suelo de las zonas agrícolas.

$I = z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6, z_7, z_8, z_9, z_{10}, z_{11}, z_{12}, z_{13}, z_{14}, z_{15}, z_{16}$.

T_j = efecto de los tratamientos (EF y EP)

$J = t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7$ y t_8

$(AB)_{ij}$ = efecto de la interacción de suelo por tratamiento.

E_{ij} = variable aleatoria o error experimental

Tabla 2.3

Estructura de los tratamientos en el D3J, para K=3

Tratamiento	Nivel codificado			Nutriente (kg. ha ⁻¹)			Descripción
	X1	X2	X3	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
T1	-2	-2	-2	0	0	0	T: Testigo
T2	2	-2	-2	200	0	0	+N: abonado solo con nitrógeno
T3	-2	2	-2	0	240	0	+P: abonado solo con fósforo
T4	2	2	-2	200	240	0	-K: sin potasio
T5	-2	-2	2	0	0	120	+K: abonado solo con potasio
T6	2	-2	2	200	0	120	-P: sin fósforo
T7	-2	2	2	0	240	120	-N: sin nitrógeno
T8	2	2	2	200	240	120	C: Completo, abonado con N, P, K

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observa en la tabla 3.1 la variación del pH en general va desde 5.62 (comunidad de Ayahuarco) a 7.08 (comunidad de Acosvinchos). La reacción de estos suelos es de naturaleza ácida; fluctuando desde muy fuerte a ligeramente ácidos a excepción del suelo de la comunidad de Acosvinchos que es 7.08 (neutro). La tabla 3.1 presenta diferentes clases texturales que va desde suelos arcillosos (Paucarpata y Urpay alto) hasta suelos franco arenosos (Pamparque). La gran variedad de clases texturales se debe a la combinación de arena, limo y arcilla en diferentes porcentajes. Con respecto a la CIC, el suelo con mayor valor 23.5 (cmol (+).kg⁻¹) es de la comunidad de Acosvinchos y el suelo con mínimo valor es 10.2 (cmol (+). kg⁻¹) es de la comunidad de Pamparque.

En cuanto a los cationes cambiables como es el fósforo y el potasio, para el fósforo el mayor valor lo encontramos en la comunidad de Ayahuarco (Z3) con 56.9 ppm y el menor valor en la comunidad de Urpay alto (Z5) con un valor de 17.2 ppm; para el potasio el mayor valor lo encontramos en la comunidad de Pamparque (Z1) con 95.9 ppm y el menor valor lo encontramos en la comunidad de Paucarpata (Z7).

3.1. Resultado del análisis de caracterización de las 10 comunidades del distrito de Acosvinchos

Tabla 3.1.

Resultado del análisis de caracterización de los 10 suelos agrícolas evaluados.

Muestra	Análisis mecánico (%)			Clase textural	pH (H ₂ O) 1:2.5	C.E (dS/m) 1:1	Ca CO ₃ (%)	M.O. (%)	Nt (%)	Elementos Disp. (ppm)		Cationes Cambiables (cmol (+).kg ⁻¹)							CIC (cmol (+).kg ⁻¹)
	Arena	Limo	Arcilla							P	K	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	k ⁺⁺	Na ⁺⁺	Al ⁺⁺³	H ⁺		
Z1: Pamparque	68.6	16.9	14.5	Fr-Ao	6.26	0.2	0.0	1.39	0.07	32.9	95.9	6.08	1.68	0.49	0.28	0.0	0.0	10.2	
Z2: Acosvinchos	16.6	42.9	40.5	Ar-L	7.08	0.5	0.0	1.62	0.08	28.5	77.3	10.8	7.92	0.40	0.46	0.0	0.0	23.5	
Z3: Ayahuarco	58.6	18.9	22.5	Fr-Ar-Ao	5.62	0.2	0.0	1.50	0.07	56.9	81.3	4.72	2.32	0.42	0.14	0.0	0.0	11.4	
Z4: Pampana	54.6	20.9	24.5	Fr-Ar-Ao	6.05	0.4	0.0	1.96	0.09	24.9	89.4	4.56	4.16	0.46	0.24	0.0	0.0	11.0	
Z5: Uray alto	38.6	18.9	42.5	Ar	5.98	0.4	0.0	1.73	0.08	17.2	72.5	4.32	3.12	0.37	0.22	0.0	0.0	15.7	
Z6: Uray centro	46.6	20.9	32.5	Fr-Ar-Ao	6.64	0.3	0.0	2.08	0.10	33.2	90.2	6.96	2.48	0.46	0.32	0.0	0.0	12.9	
Z7:Paucarpata	36.6	19.9	43.5	Ar	5.88	0.4	0.0	1.73	0.08	35.3	70.1	3.84	3.12	0.36	0.26	0.0	0.0	13.7	
Z8: Matarilla	52.6	16.9	30.5	Fr-Ar-Ao	6.26	0.5	0.0	1.15	0.06	44.5	82.1	5.12	3.92	0.42	0.24	0.0	0.0	14.2	
Z9: Huaychao	46.6	19.9	33.5	Fr-Ar-Ao	5.78	0.5	0.0	1.62	0.08	35.1	85.4	6.96	4.56	0.44	0.16	0.0	0.0	17.0	
Z10: Capillapata	48.6	15.9	35.5	Ar-Ao	6.21	0.4	0.0	2.31	0.12	53.5	87.0	5.28	1.76	0.45	0.28	0.0	0.0	12.8	

Nota: Ao: Arenoso; AoFr: Arena franca; FrAo: Franco arenosos; Fr: Franco; FrL: Franco limoso; L: Limoso; FrArAo: Franco arcillo arenoso; FrAr: Franco arcilloso; FrArL: Franco arcilloso limoso; ArAo: Arcillo arenoso, ArL: Arcillo limoso; Ar: Arcilloso

Fuente: Laboratorio de suelos y análisis foliar del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería – UNSCH

3.2. Resultado del rendimiento de materia seca de tomate (g/maceta) por comunidades

3.2.1. Comunidad de Pamparque

Tabla 3.1

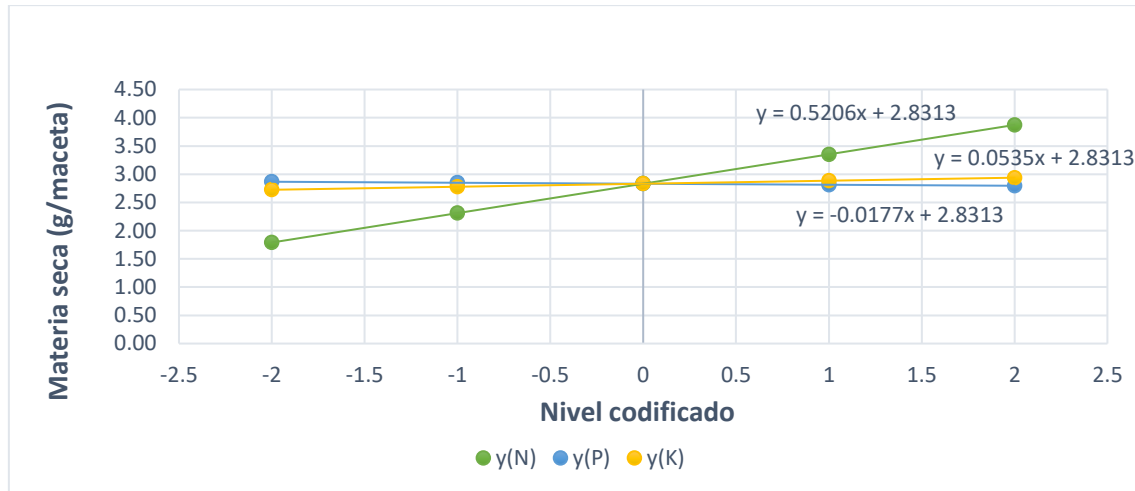
Prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Pamparque

Trat	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Descrip.	g/maceta	Signif.	
T4	200	240	0	-K	4.10	a	
T6	200	0	120	-P	4.03	a	
T8	200	240	120	C	3.85	a	
T2	200	0	0	+N	3.51	a	b
T5	0	0	120	+K	2.28		b c
T1	0	0	0	T	1.65		c
T3	0	240	0	+P	1.64		c
T7	0	240	120	-N	1.59		c

A partir de los resultados de la tabla 3.1. la omisión del potasio no perjudica en el rendimiento del tomate obteniéndose así un valor de 4.10 g/maceta. Por otro lado, no se encontró diferencia significativa en los tratamientos T4, T6, T8. La omisión del nitrógeno T7 (-N) perjudica significativamente en el rendimiento de la planta de tomate obteniéndose así un valor de 1.59 g/maceta.

Figura 3.1

Respuesta del rendimiento de materia seca de la planta de tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Pamparque.



Otra manera de visualizar la deficiencia de nutrientes es en base a los modelos de la regresión generados en la figura 3.1 que corresponde a la respuesta de rendimiento de la planta de tomate (g/maceta) a la aplicación de N, P, K. Así mismo el nutriente con mayor pendiente es el nitrógeno y esto indica que hay mayor respuesta a la aplicación de esta a diferencia de la pendiente plana del fósforo.

3.2.2. Comunidad de Acosvinchos

Tabla 3.2

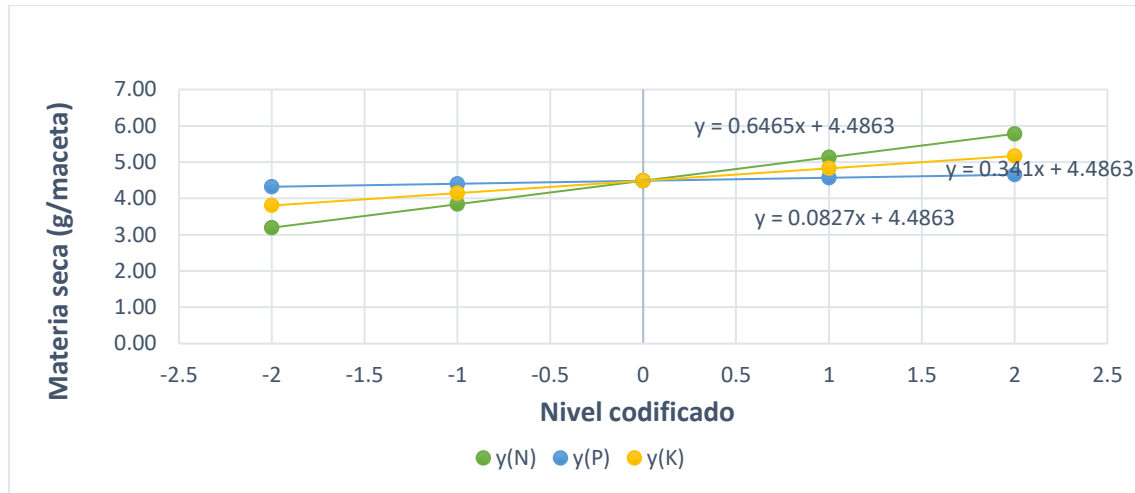
Prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Acosvinchos

Trat	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Descrip.	g/maceta	Signif.
T8	200	240	120	C	6.46	a
T6	200	0	120	-P	6.31	a
T4	200	240	0	-K	5.4	a b
T2	200	0	0	+N	4.94	a b
T5	0	0	120	+K	4.07	a b c
T7	0	240	120	-N	3.83	a b c
T3	0	240	0	+P	2.91	b c
T1	0	0	0	T	1.96	c

Tabla 3.2. el tratamiento con mayor rendimiento es el T8 (completo) con un rendimiento de 6.46 g/maceta en comparación al T1 (testigo) con un rendimiento de 1.96 g/maceta, la omisión del fósforo no perjudica significativamente en el rendimiento de la planta de tomate obteniéndose así un valor alto promedio en comparación al testigo. Mientras que la omisión del nitrógeno perjudica significativamente en el rendimiento de la planta de tomate y el aporte del fósforo no contribuye al incremento del rendimiento del tomate con respecto al testigo.

Figura 3.2

Respuesta del rendimiento de materia seca de la planta de tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Acosvinchos



La deficiencia de nutrientes en base a los modelos de la regresión generados en el procesamiento en la figura 3.2 que corresponde a la respuesta del tomate (g/maceta) a la aplicación de N, P, K se observa que el nutriente con mayor pendiente es el nitrógeno y esto indica que hay mayor respuesta a la aplicación de esta a diferencia del fósforo que tiene una pendiente más plana.

3.2.3. Comunidad de Ayahuarco

Tabla 3.3

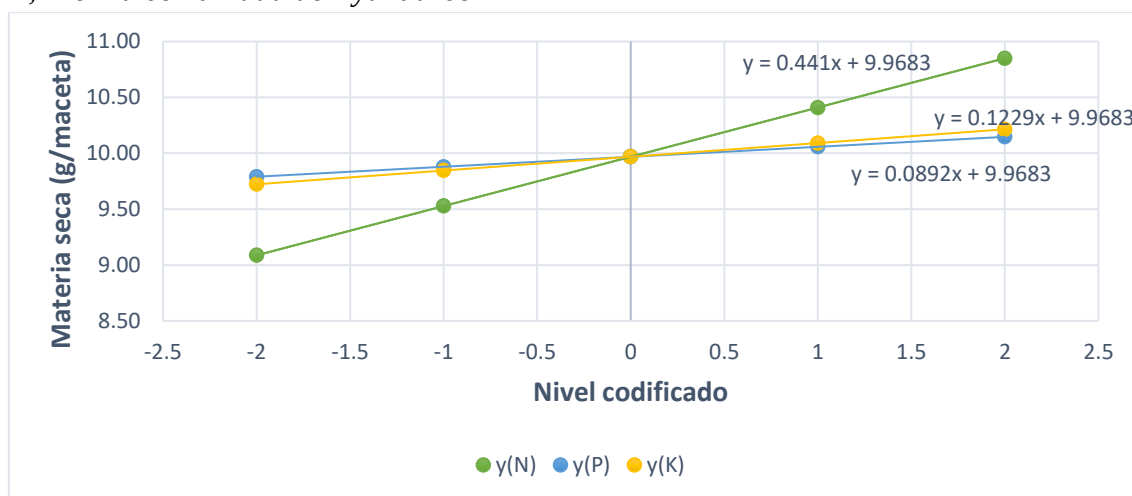
Prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Ayahuarco

Trat	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Descrip.	g/maceta	Signif.			
T4	200	240	0	-K	4.30	a			
T8	200	240	120	C	4.09	a			
T6	200	0	120	-P	3.72	a	b		
T2	200	0	0	+N	3.30	a	b	c	
T5	0	0	120	+K	2.80	a	b	c	d
T7	0	240	120	-N	2.25		b	c	d
T3	0	240	0	+P	1.95			c	d
T1	0	0	0	T	1.34				d

Tabla 3.3. la omisión del potasio (-K) no perjudica en el rendimiento del tomate obteniéndose así el mayor valor de 4.30 g/maceta en comparación al testigo (T) con un valor de 1.34 g/maceta; el suministro de solo fósforo perjudica significativamente en el rendimiento de la planta de tomate, mientras que la omisión del fósforo no perjudica al incremento del rendimiento de la planta de tomate.

Figura 3.3

Respuesta del rendimiento de materia seca de la planta de tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Ayahuarco



Se observa la deficiencia de nutrientes en base a los modelos de la regresión generados en el procesamiento de datos en la figura 3.3 corresponde a la respuesta del tomate (g/maceta) a la aplicación de N, P, K. El nutriente más crítico y con mayor pendiente es el nitrógeno y esto indica que hay mayor respuesta a la aplicación de esta a diferencia del fósforo y potasio que tienen una pendiente más plana.

3.2.4. Comunidad de Pampana

Tabla 3.4

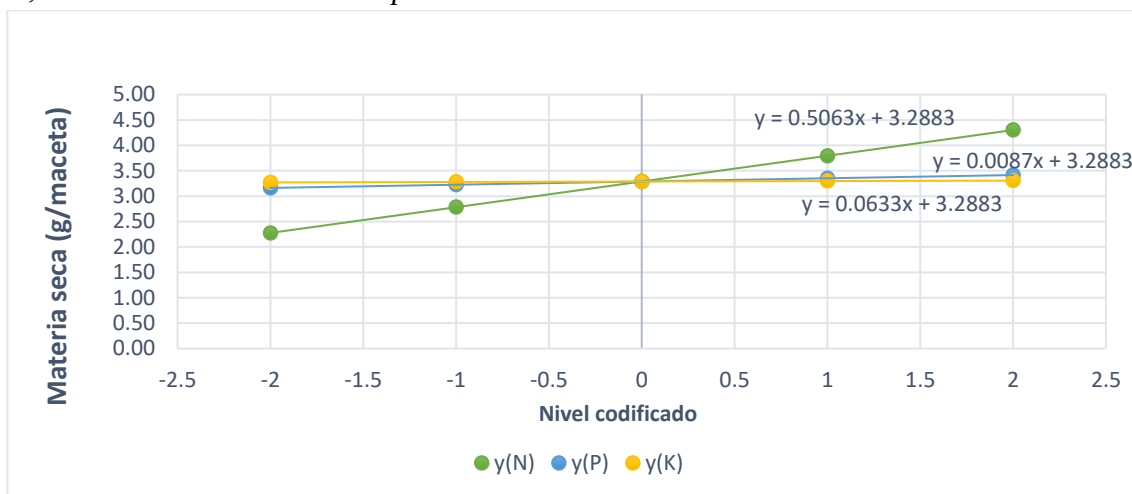
Prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Pampana

Trat	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Descrip.	g/maceta	Signif.
T4	200	240	0	-K	4.52	a
T8	200	240	120	C	4.52	a
T6	200	0	120	-P	4.14	a b
T2	200	0	0	+N	4.02	a b c
T1	0	0	0	T	2.38	b c
T7	0	240	120	-N	2.32	b c
T3	0	240	0	+P	2.30	b c
T5	0	0	120	+K	2.11	c

A partir de los resultados de la tabla 3.4. la omisión del potasio (-K) no perjudica en el rendimiento del tomate obteniéndose así el mayor valor de 4.52 g/maceta en comparación de la aplicación de solo potasio (+K) con un valor de 2.11 g/maceta; la aplicación del fósforo perjudica significativamente en el rendimiento del tomate, la omisión del fósforo contribuye positivamente al incremento del rendimiento de la planta de tomate.

Figura 3.4

Respuesta del rendimiento de materia seca de la planta de tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Pampana



La deficiencia de nutrientes en base a los modelos de la regresión generados en el procesamiento de datos en la figura 3.4. corresponde a la respuesta de la planta de tomate (g/maceta) a la aplicación de N, P, K, además podemos observar que el nutriente con mayor pendiente es el nitrógeno y esto indica que hay mayor respuesta a la aplicación de esta a diferencia del fósforo y potasio que tienen una pendiente más plana.

3.2.5. Comunidad de Urpay Alto

Tabla 3.5

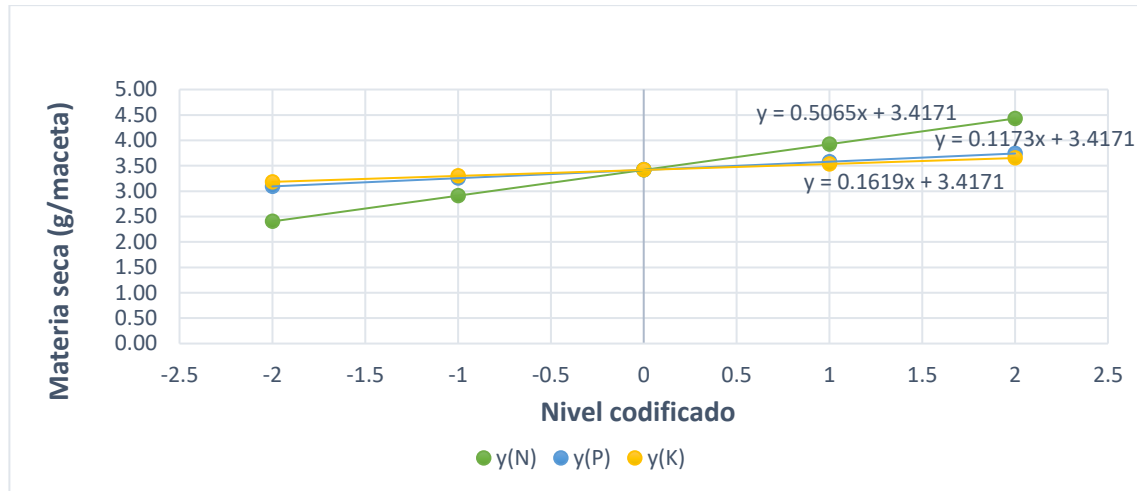
Prueba de Tukey en el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Urpay Alto.

Trat	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Descrip.	g/maceta	Signif.	
T4	200	240	0	-K	4.85	a	
T8	200	240	120	C	4.7	a	
T6	200	0	120	-P	4.63	a	
T2	200	0	0	+N	3.54	a	b
T7	0	240	120	-N	2.83	b	c
T3	0	240	0	+P	2.58	b	c
T5	0	0	120	+K	2.45	b	c
T1	0	0	0	T	1.76		c

A partir de los resultados de la tabla 3.5. la omisión del potasio (-K) no perjudica en el rendimiento del tomate obteniéndose así el mayor valor de 4.85 g/maceta en comparación con el testigo (T1) con un rendimiento de 1.76 g/maceta; la aplicación del potasio influye negativamente en el rendimiento del tomate, mientras que la omisión del fósforo contribuye positivamente al incremento del rendimiento del tomate.

Figura 3.5

Respuesta del rendimiento de la materia seca de la planta tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Urpay Alto.



Podemos visualizar la deficiencia de nutrientes en base a los modelos de la regresión generados en el procesamiento de datos en la figura 3.5. corresponde a la respuesta del tomate (g/maceta) a la aplicación de N, P, K; el nutriente con mayor pendiente es el nitrógeno y esto indica que hay mayor respuesta a la aplicación de esta a diferencia del fósforo y potasio que tienen una pendiente más plana.

3.2.6. Comunidad de Urpay Centro

Tabla 3.6

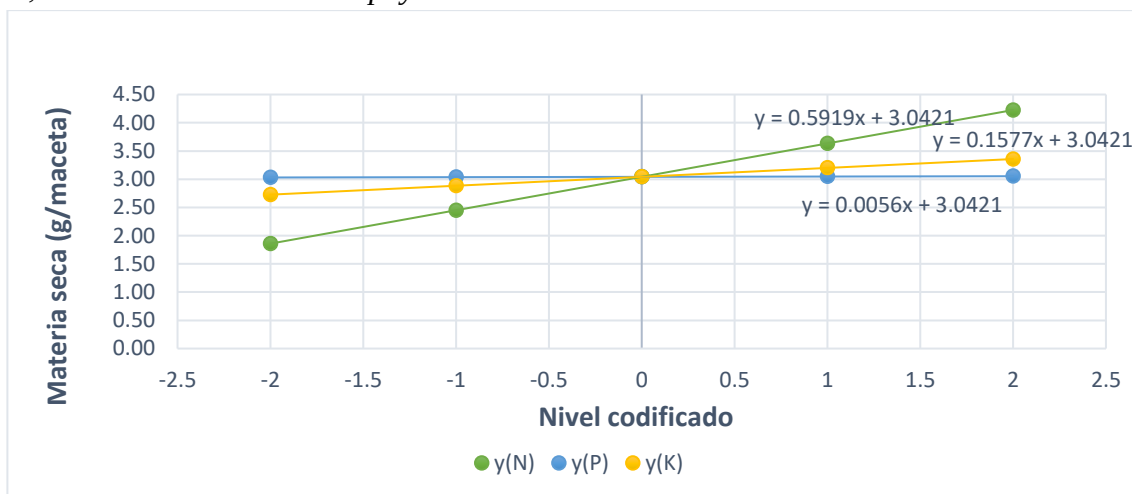
Prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Urpay Centro

Trat	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Descrip.	g/maceta	Signif.	
T6	200	0	120	-P	5.00	a	
T8	200	240	120	C	4.21	a	b
T4	200	240	0	-K	4.00		b
T2	200	0	0	+N	3.70		b
T7	0	240	120	-N	2.36		c
T5	0	0	120	+K	1.86		c
T3	0	240	0	+P	1.65		c
T1	0	0	0	T	1.56		c

A partir de los resultados de la tabla 3.6. la omisión del fósforo (-P) no perjudica en el rendimiento del tomate obteniéndose así el mayor valor de 5 g/maceta en comparación al testigo (T) con un valor de 1.56 g/maceta; el suministro de solo potasio influye negativamente en el rendimiento del tomate, mientras que la aplicación de solo fósforo contribuye negativamente al incremento del rendimiento del tomate.

Figura 3.6

Respuesta del rendimiento de materia seca de la planta de tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Urpay Centro



La deficiencia de nutrientes en base a los modelos de la regresión generados en el procesamiento de datos en la figura 3.6 corresponde a la respuesta de la planta de tomate (g/maceta) a la aplicación de N, P, K, además el nutriente con mayor pendiente es el nitrógeno y esto indica que hay mayor respuesta a la aplicación de esta a diferencia del fósforo que tiene una pendiente más plana, como también potasio tiene una ligera pendiente esto indica que su influencia es leve.

3.2.7. Comunidad de Paucarpata

Tabla 3.7

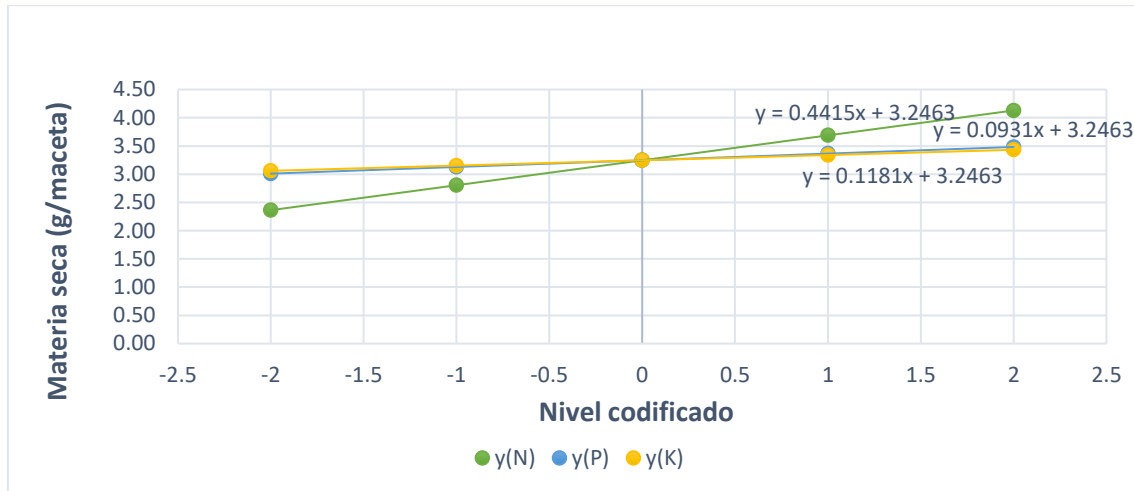
Prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Paucarpata

Trat	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Descrip.	g/maceta	Signif.		
T4	200	240	0	-K	4.51	a		
T6	200	0	120	-P	4.42	a		
T8	200	240	120	C	4.04	a	b	
T2	200	0	0	+N	3.55	a	b	c
T7	0	240	120	-N	3.04		b	c d
T3	0	240	0	+P	2.35			c d
T5	0	0	120	+K	2.23			d
T1	0	0	0	T	1.83			d

A partir de los resultados de la tabla 3.7. la omisión del potasio (-K) no perjudica en el rendimiento del tomate obteniéndose así el mayor valor de 4.51 g/maceta en comparación con el testigo (T) con un valor de 1.83 g/maceta; la aplicación de forma independiente de potasio y fósforo influye negativamente al incremento del rendimiento del tomate.

Figura 3.7

Respuesta del rendimiento de materia seca de la planta de tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Paucarpata



Podemos visualizar la deficiencia de nutrientes en base a los modelos de la regresión generados en el procesamiento de datos en la figura 3.7. corresponde a la respuesta de la planta de tomate (g/maceta) a la aplicación de N, P, K, el nutriente con mayor pendiente es el nitrógeno y esto indica que hay mayor respuesta a la aplicación de esta a diferencia del fósforo y el potasio que tienen una pendiente más plana y semejantes.

3.2.8. Comunidad de Matarilla

Tabla 3.8

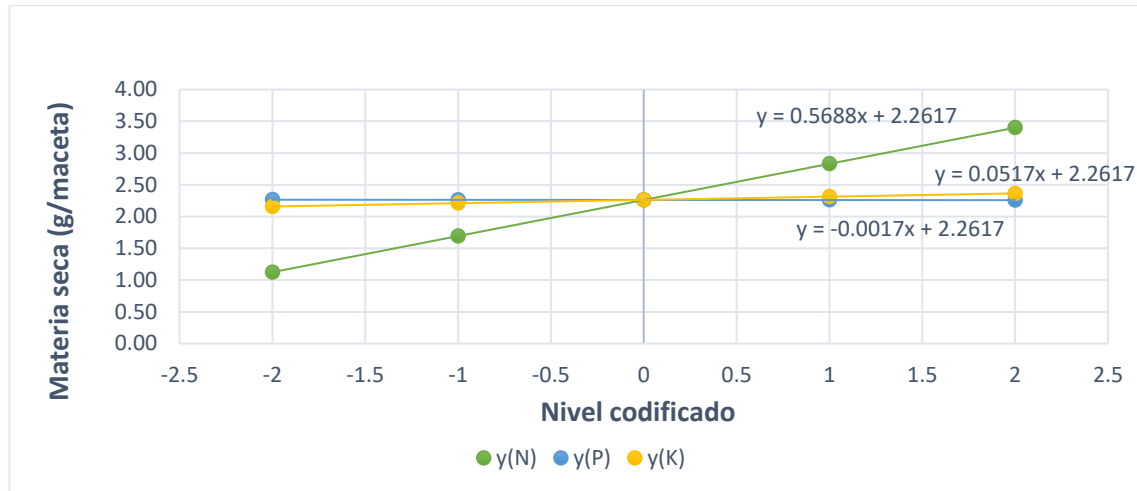
Prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Matarilla

Trat	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Descrip.	g/maceta	Signif.
T6	200	0	120	-P	3.68	a
T4	200	240	0	-K	3.45	a
T8	200	240	120	C	3.39	a
T2	200	0	0	+N	3.08	a
T7	0	240	120	-N	1.24	b
T5	0	0	120	+K	1.16	b
T1	0	0	0	T	1.14	b
T3	0	240	0	+P	0.96	b

Tabla 3.8. la omisión del fósforo (-P) no perjudica en el rendimiento del tomate obteniéndose así el mayor valor de 3.68 g/maceta en comparación a la aplicación del fósforo (+P) con un valor de 0.96 g/maceta.

Figura 3.8

Respuesta del rendimiento de materia seca de la planta de tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Matarilla



La deficiencia de nutrientes en base a los modelos de la regresión generados en el procesamiento de datos en la figura 3.8. corresponde a la respuesta del tomate (g/maceta) a la aplicación de N, P, K, el nutriente con mayor pendiente es el nitrógeno y esto indica que hay mayor respuesta a la aplicación de esta a diferencia del fósforo y el potasio que tienen una pendiente más plana.

3.2.9. Comunidad de Huaychao

Tabla 3.9

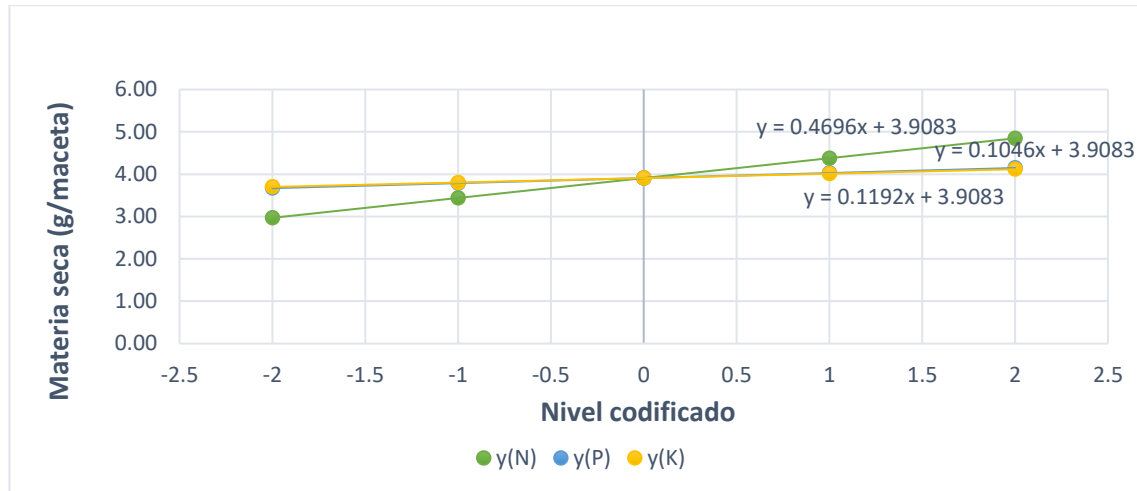
Prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Huaychao

Trat	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Descrip.	g/maceta	Signif.	
T4	200	240	0	-K	5.30	a	
T6	200	0	120	-P	4.97	a	b
T8	200	240	120	C	4.90	a	b
T2	200	0	0	+N	4.22	b	c
T7	0	240	120	-N	3.75		c
T5	0	0	120	+K	2.84		d
T1	0	0	0	T	2.64		d
T3	0	240	0	+P	2.64		d

A partir de los resultados de la tabla 3.9. la omisión del potasio (-K) no perjudica en el rendimiento del tomate obteniéndose así el mayor valor de 5.30 g/maceta en comparación a la aplicación de solo fósforo (+P) con un valor de 2.64 g/maceta; la aplicación de solo fósforo influye negativamente en el rendimiento del tomate y la aplicación de solo potasio contribuye negativamente al incremento del rendimiento del tomate.

Figura 3.9

Respuesta del rendimiento de materia seca de la planta de tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Huaychao



Podemos visualizar la deficiencia de nutrientes en base a los modelos de la regresión generados en el procesamiento de datos en la figura 3.9. corresponde a la respuesta de la planta de tomate (g/maceta) a la aplicación de N, P, K. El nutriente con mayor pendiente es el nitrógeno y esto indica que hay mayor respuesta a la aplicación de esta a diferencia del fósforo y el potasio que tienen una pendiente más plana.

3.2.10. Comunidad de Capillapata

Tabla 3.10

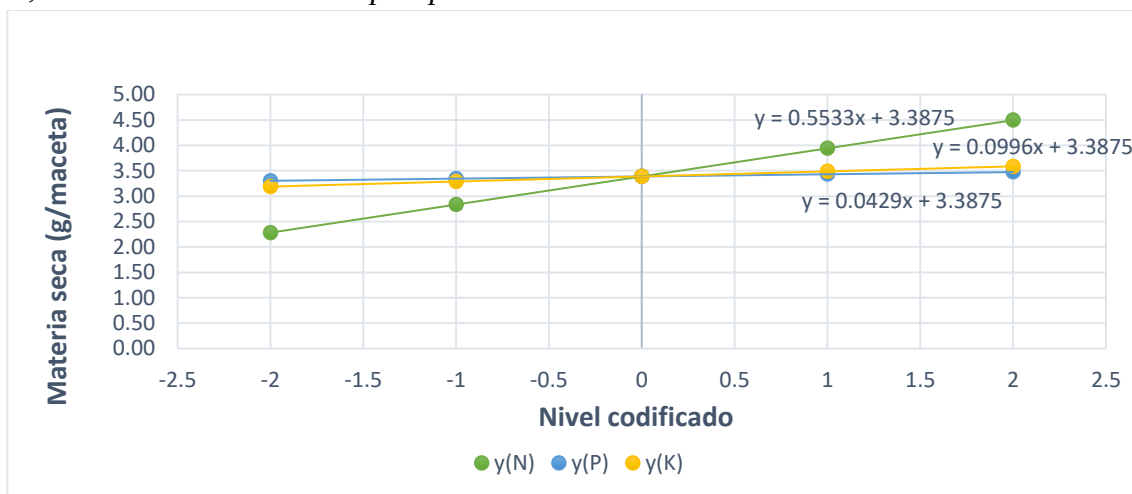
Prueba de Tukey en el rendimiento de materia seca de la planta de tomate en la comunidad de Capillapata

Trat	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Descrip.	g/maceta	Signif.
T6	200	0	120	-P	4.86	a
T4	200	240	0	-K	4.80	a
T8	200	240	120	C	4.33	a
T2	200	0	0	+N	3.98	a
T7	0	240	120	-N	2.60	b
T5	0	0	120	+K	2.55	b
T3	0	0	0	+P	2.16	b
T1	0	240	0	T	1.81	b

A partir de los resultados de la tabla 3.10. la omisión del fósforo (-P) no perjudica en el rendimiento de la planta de tomate obteniéndose el mayor valor de 4.86 g/maceta en comparación con el testigo (T) con un valor de 1.81 g/maceta; la aplicación del fósforo y potasio de forma independiente influye negativamente en el rendimiento de la planta de tomate

Figura 3.10

Respuesta del rendimiento de materia seca de la planta de tomate a la aplicación de N, P, K en la comunidad de Capillapata



Podemos visualizar la deficiencia de nutrientes en base a los modelos de la regresión generados en el procesamiento de datos en la figura 3.10 corresponde a la respuesta del tomate (g/maceta) a la aplicación de N, P, K. El nutriente con mayor pendiente es el nitrógeno y esto indica que hay mayor respuesta a la aplicación de esta a diferencia del fósforo y el potasio que tienen una pendiente más plana.

4. CONCLUSIONES

1. Se encontró diferentes clases texturales que va desde suelos arcillosos (Paucarpata y Urpay alto) hasta suelos franco arenosos (Pamparque).
2. El suelo con mayor valor de CIC es la comunidad de Acosvinchos con 23.5 (cmol (+). kg⁻¹) y el suelo con el valor menor es la comunidad de Pamparque con 10.2 (cmol (+). kg⁻¹); la variación del pH en general va desde 5.62 (comunidad de Ayahuarco) considerándose la reacción de estos suelos son de naturaleza ácida, a excepción del suelo de la comunidad de Acosvinchos que se encontró con un valor de 7.08 (neutro).
3. La evaluación del estado de fertilidad química de las 10 zonas agrícolas que fue realizado utilizando la técnica del elemento faltante y presente usando como planta indicadora al tomate, resultó que Acosvinchos (Z2) reporto un rendimiento mayor de materia seca con 6.46 g/maceta con el T8 (C) en comparación de Matarilla (Z8) con 3.68 g/maceta con T6 (-P) tal como se muestra en la tabla 4.1., el nutriente más crítico en las 10 zonas agrícolas evaluadas es el nitrógeno, la omisión de este nutriente en el suelo influye negativamente en el rendimiento de materia seca de la planta de tomate.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gonzales, V. (2006). *Metodología, formulación y aplicación de un índice de calidad de suelos con fines agrícolas para Castilla-La Mancha*. [Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid]. Repositorio UAM
- Mendoza, R. y Espinoza, A. (2017). Guía Técnica para muestreo de suelos. Universidad Nacional Agraria y Catholic Relief Services (CRS). <https://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>
- Quisuruco, E. (2014). *Aplicación de la técnica del elemento faltante y presente en la cuantificación de la dosis óptima de N,P,K, en cebolla (Allium cepa L. var. Roja Arequipeña) en Canaán 2750 msnm, Ayacucho*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2075>
- Ramirez, L. (2024). *Niveles de lombricompost de mazorcas de cacao, sólido y lixiviado, en el rendimiento de tomate (Lycopersicum esculentum Mill), Ayacucho, 2023*. [Tesis de título, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/0aa17b63-e63e-45e3-99af-9959fbb5eb04>
- Sadeghian, S. (2010). La materia orgánica: Componente esencial en la sostenibilidad de los agroecosistemas cafeteros. Colombia. Cenicafe. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/1113/3/libroMO.pdf>
- Tineo, A. (2014). *Superficies de respuesta: El diseño 03 de julio* (2.ª ed.). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Vilcatoma, N. (2017). *Evaluación edafológica y estado nutricional de suelos agrícolas en colca y quilla. Ayacucho 2016*. [Tesis de título, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/d69f05c9-905d-41b4-babf-fc1f56047ec4>