

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Escuela de Posgrado

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

**EFEECTO DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LAS PROPIEDADES
FÍSICAS, QUÍMICAS DEL SUELO Y EL RENDIMIENTO DEL
MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.) EN EL FUNDO
LOS PICHONES TACNA - 2019**

TESIS

PRESENTADA POR:

M.Sc. ENDERSON HENRY CRUZ MAMANI

Para optar el Grado Académico de:

DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES

TACNA - PERÚ

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Escuela de Posgrado

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

**EFEECTO DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LAS PROPIEDADES
FÍSICAS, QUÍMICAS DEL SUELO Y EL RENDIMIENTO DEL
MAÍZ MORADO (*Zea mays L.*) EN EL FUNDO
LOS PICHONES TACNA – 2019**

Tesis sustentada y aprobada el 27 de marzo del 2023; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE:



Dr. Oscar Octavio Fernández Cutire

SECRETARIO:



Dra. Rosario Elena Zegarra Vda. de Chávez

MIEMBRO:



Dra. Nelly Arévalo Solsol

ASESOR:



Dra. Nelly Arévalo Solsol

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo Dra. NELLY ARÉVALO SOLSOL, en mi condición de asesor de la tesis, titulada: EFECTO DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS DEL SUELO Y EL RENDIMIENTO DEL MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.) EN EL FUNDO LOS PICHONES TACNA – 2019, presentado por el MSc. ENDERSON HENRY CRUZ MAMANI, egresado del Doctorado de Ciencias Ambientales de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna, para ser publicado en el Repositorio Institucional. Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, considerando que según la evaluación realizada a través del software de similitud textual Turnitin cuenta con el nivel de similitud es permitido cuyo porcentaje es 9% de similitud general. Por lo que CERTIFICO LA SIMILARIDAD de la Tesis está de acuerdo al nivel PERMITIDO, para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación. Se emite el presente certificado con fines de continuar con los tramites respectivos para su publicación.


Dra. NELLY AREVALO SOLSOL
DNI: 00402471
ASESOR DE TESIS



DEDICATORIA

A Dios, mi padre Cayetano Cruz Canaza, quien desde el cielo guía mi camino, mi madre y mis hermanos, quienes con su apoyo y palabras de aliento me han permitido llegar a cumplir un sueño más.

A mi compañera de la vida, Maribel Cecilia García Chino, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesta a escucharme, entenderme y ayudarme en cualquier momento.

A mis hijos Salvador Gabriel y Kiara Katsumi, porque los amo infinitamente. Hacen que mis días sean maravillosos.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento infinito a mi asesora de tesis Dra. Nelly Arévalo Solsol, quien supo alentarme, incentivar me e impartir sus conocimientos; asimismo, por su aporte a la realización de esta tesis en todo momento.

Del mismo modo, deseo expresar mi profundo agradecimiento al MSc. Arístides Choquebuanca Tintaya, a la Ing. Gladys Hualpa y al Tec. Agropecuario Ismael Mollinedo, que a pesar de esta pandemia del COVID – 19, han compartido sus conocimientos y experiencias en el Centro de Experimentación Agrícola - Los Pichones

Infinito agradecimiento a mis hermanos: Dora Cruz Mamani, María Esther Cruz Anchapuri y a Cesar Sebastián Cruz Anchapuri, por alentarme y apoyarme de diferentes formas en las diferentes etapas de este proceso.

A las personas que se han involucrado en el trabajo de campo, mi hermano Wilbert Cruz Mamani, su esposa María Quispe Pedraza, también merecen reconocimiento especial mis sobrinos Ivan Wladimir Cruz Quispe, Mari Carmen Cruz Quispe, Shari Cruz Condori y Yordí Brandon Cruz Ticona con su esfuerzo y dedicación me dieron el apoyo suficiente para la realización de esta tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA_____	iv
AGRADECIMIENTO_____	v
RESUMEN _____	xxi
ABSTRACT_____	xxii
RESUMO_____	xxiii
INTRODUCCIÓN_____	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN _____	3
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA_____	3
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA _____	4
1.3. OBJETIVOS_____	5
1.4. HIPÓTESIS _____	5
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN _____	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO _____	8
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO _____	8
2.2. BASES TEÓRICAS_____	21
2.2.1. Generalidades del cultivo de maíz morado _____	21
2.2.2. Origen_____	22
2.2.3. Taxonomía _____	22
2.2.4. Morfología de la planta _____	23
2.2.6. Estado de desarrollo vegetativo _____	25

2.2.7.	Estado de desarrollo reproductivo _____	27
2.2.8.	Exigencias agroecológicas del cultivo _____	30
2.2.9.	Características genéticas del maíz morado _____	31
2.2.10.	Variedades _____	32
2.2.11.	Variedades mejoradas de maíz morado _____	33
2.2.12.	Variedades tradicionales de maíz morado en el Perú _____	33
2.2.13.	Calidad _____	34
2.2.14.	Composición química del maíz morado _____	35
2.2.15.	Factores que influyen en la estabilidad y color de las antocianinas _____	37
2.2.16.	Micro-meso fauna y el suelo _____	38
2.2.17.	Micro-meso fauna y la nutrición de las plantas _____	39
2.2.18.	Manejo orgánico del maíz _____	39
2.2.20.	Fertilización orgánica _____	41
2.2.21.	Abonos orgánicos _____	43
2.2.22.	Clasificación de abonos orgánicos _____	43
2.2.23.	Los abonos orgánicos como fuente de nitrógeno para los suelos _____	43
2.2.24.	Efecto sobre el contenido de nitrógeno de los suelos _____	44
2.2.25.	El nitrógeno presente en el estiércol se puede dividir en tres fracciones _____	44
2.2.26.	Los abonos orgánicos como fuente de fósforo para los suelos _____	45
2.2.27.	Efectividad de los abonos orgánicos como fuente de fósforo _____	45
2.2.28.	Efecto sobre el contenido de fósforo de los suelos _____	45
2.2.29.	Los abonos orgánicos como fuente de potasio para los suelos _____	46
2.2.30.	Efecto sobre el contenido de potasio de los suelos _____	47
2.2.31.	Los abonos orgánicos como fuente de micro elementos para los suelos _____	47

2.2.32. Estiércoles _____	48
2.2.33. Eficiencia de utilización _____	49
2.2.34. Tratamientos de estiércol _____	49
2.2.35. Composición química de diversos abonos orgánicos _____	50
2.2.36. Definición de términos _____	55
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO _____	63
3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN _____	63
3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL _____	64
3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO _____	64
3.4. POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO _____	65
3.5. ALEATORIZACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS _____	65
3.6. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LAS VARIABLES _____	66
3.7. INSTALACIÓN Y MANEJO DEL EXPERIMENTO _____	68
3.8. MATERIAL BIOLÓGICO _____	69
3.9. ABONOS UTILIZADOS _____	70
3.10. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL _____	70
3.11. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS _____	71
3.11.1. Efecto de la aplicación de materia orgánicos sobre las propiedades físicas del suelo cultivado con maíz morado (<i>Zea mays</i> L.) _____	71
3.11.2. Efecto de la aplicación de materia orgánicos sobre las propiedades químicas del suelo cultivado con maíz morado (<i>Zea mays</i> L.) _____	72
3.11.3. Efecto de la aplicación de materia orgánicos sobre los componentes del rendimiento de maíz morado (<i>Zea mays</i> L.) _____	73
CAPÍTULO IV: RESULTADOS _____	77

4.1. EFECTO DE LA APLICACIÓN DE MATERIA ORGÁNICOS EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO CULTIVADO CON MAÍZ MORADO (<i>Zea mays L.</i>)	77
4.1.1. Textura del suelo	77
4.1.2. Capacidad de campo CC (%)	84
4.1.3. Punto de marchites permanente PMP (%)	87
4.1.4. Densidad aparente D_a (g cm^{-3})	89
4.2. EFECTO DE LA APLICACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SUELO CON CULTIVO DE MAÍZ MORADO (<i>Zea mays L.</i>)	92
4.2.1. pH del suelo	92
4.2.2. Materia orgánica (%)	95
4.2.3. Conductividad eléctrica (mS/cm)	97
4.2.4. Capacidad de intercambio catiónico CIC (meq/100gs)	100
4.2.5. Nitrógeno orgánico (%)	103
4.2.6. Fósforo (ppm)	105
4.2.7. Potasio (ppm)	108
4.2.8. Calcio (me/100gs)	111
4.2.9. Magnesio (me/100gs)	113
4.2.10. Sodio (me/100gs)	116
4.3. EFECTO DE LA APLICACIÓN DE MATERIA ORGÁNICOS EN LOS COMPONENTES DEL CULTIVO DE MAÍZ MORADO (<i>Zea mays L.</i>)	119
4.3.1. Fenología	119
Días de emergencia	119
Días a la floración masculina	120
Días a la floración femenina	120

4.3.2.	Atura de planta _____	128
4.3.3.	Longitud de mazorca _____	129
4.3.4.	Diámetro de mazorca _____	130
4.3.5.	Número de granos por hilera _____	131
4.3.6.	Número de hileras por mazorca _____	131
4.3.7.	Peso de mazorca _____	132
4.3.8.	Peso de grano _____	133
4.3.9.	Peso de tusa o coronta _____	133
4.3.10.	Rendimiento _____	134
DISCUSIÓN _____		137
CONCLUSIONES _____		154
RECOMENDACIONES _____		156
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____		157
ANEXOS _____		182

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Dimensiones de mazorcas y granos de maíz morado</i> _____	29
Tabla 2. <i>Calidad del maíz morado</i> _____	35
Tabla 3. <i>Composición química de la coronta del maíz morado</i> _____	35
Tabla 4. <i>Principales radicales de las antocianinas</i> _____	36
Tabla 5. <i>Contenido de N, P y Ca en los abonos orgánicos</i> _____	42
Tabla 6. <i>Composición química de estiércoles</i> _____	51
Tabla 7. <i>Composición química de los abonos orgánicos</i> _____	53
Tabla 8. <i>El análisis de estiércoles de animales</i> _____	55
Tabla 9. <i>Características climáticas del fundo Los Pichones, Tacna agosto 2020 - abril 2021</i> _____	63
Tabla 10. <i>Tratamientos en estudio</i> _____	64
Tabla 11. <i>Operacionalización de variables</i> _____	66
Tabla 12. <i>Características físicas y métodos empleados para los análisis de suelo</i> ____	71
Tabla 13. <i>Características químicas y métodos empleados para los análisis de suelo</i> _	73
Tabla 14. <i>Análisis de varianza para la arena (%) del suelo con aplicaciones de materia orgánica en el cultivo del maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019</i> ____	77
Tabla 15. <i>Test de Duncan al 5 % para la arena del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019</i> ____	78

- Tabla 16.** *Análisis de varianza para la arcilla (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* ___ 80
- Tabla 17.** *Test de Duncan al 5 % para la arcilla (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* ___ 80
- Tabla 18.** *Análisis de varianza del limo (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 82
- Tabla 19.** *Test de Duncan al 5 % para el limo (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* ___ 83
- Tabla 20.** *Análisis de varianza para la capacidad de campo (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 85
- Tabla 21.** *Test de Duncan al 5 % para la capacidad de campo (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 85
- Tabla 22.** *Análisis de varianza para el punto de marchites permanente (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 87
- Tabla 23.** *Test de Duncan al 5 % el punto de marchites permanente (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 88
- Tabla 24.** *Análisis de varianza para la para la densidad aparente (g cm⁻³) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 90
- Tabla 25.** *Test de Duncan al 5 % para la densidad aparente (g/cm³) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 90

- Tabla 26.** *Análisis de varianza para el pH del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz. Fundo los Pichones - Tacna 2019* _____ 93
- Tabla 27.** *Test de Duncan al 5 % para el pH del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones - Tacna 2019* _____ 93
- Tabla 28.** *Análisis de varianza para la materia orgánica (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019*
_____ 95
- Tabla 29** *Test de Duncan al 5 % para la materia orgánica (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* __ 95
- Tabla 30.** *Análisis de varianza para la conductividad eléctrica (mS/cm) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 98
- Tabla 31.** *Test de Duncan al 5 % para la conductividad eléctrica (mS/cm) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 98
- Tabla 32.** *Análisis de varianza para la capacidad de intercambio catiónico (meq/100gs) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 100
- Tabla 33.** *Test de Duncan al 5 % para la capacidad de intercambio catiónico (meq/100gs) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 101
- Tabla 34.** *Análisis de varianza para el nitrógeno orgánico (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 103

- Tabla 35.** *Test de Duncan al 5 % para el nitrógeno orgánico (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 104
- Tabla 36.** *Análisis de varianza para el contenido de fósforo (ppm) del suelo, con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 106
- Tabla 37.** *Test de Duncan al 5 % para el contenido de fósforo del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 106
- Tabla 38.** *Análisis de varianza para el contenido de potasio (ppm) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 109
- Tabla 39.** *Test de Duncan al 5 % para el contenido de potasio (ppm) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 109
- Tabla 40.** *Análisis de varianza para el contenido de calcio (me/100gs) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 111
- Tabla 41.** *Test de Duncan al 5 % para el contenido de calcio (me/100gs) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Los Pichones, Tacna 2019* _____ 112
- Tabla 42.** *Análisis de varianza para el contenido de magnesio (me/100gs) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 114
- Tabla 43.** *Test de Duncan al 95 % para el contenido de magnesio (me/100gs) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 114

Tabla 44. <i>Análisis de varianza para el contenido de sodio (me/100gs) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019</i>	117
Tabla 45. <i>Test de Duncan al 5 % para el contenido de sodio (me/100gs) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019</i>	117
Tabla 46. <i>Análisis de varianza para días de emergencia del maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019</i>	119
Tabla 47. <i>Análisis de varianza para días de floración masculina del maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019</i>	120
Tabla 48. <i>Análisis de varianza para días de floración femenina del maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019</i>	121
Tabla 49. <i>Desarrollo vegetativo de la variedad INIA – 615</i>	124
Tabla 50. <i>Desarrollo reproductivo de la variedad INIA - 615</i>	125
Tabla 51. <i>Desarrollo vegetativo de la variedad PMV - 581</i>	126
Tabla 52. <i>Desarrollo reproductivo de la variedad PMV - 581</i>	127
Tabla 53. <i>Análisis de varianza para la altura de planta de maíz morado con aplicación de materia orgánica. Fundo los Pichones, Tacna 2019</i>	128
Tabla 54. <i>Análisis de varianza para longitud de mazorca del maíz morado (Zea mays L.) con aplicación de materia orgánica. Fundo los Pichones, Tacna 2019</i>	130
Tabla 55. <i>Análisis de varianza para diámetro de mazorca de maíz morado con aplicación de materia orgánica. Fundo los Pichones, Tacna 2019</i>	130
Tabla 56. <i>Análisis de varianza para el número de granos por hilera de maíz morado con aplicación de materia orgánica. Fundo los Pichones, Tacna 2019</i>	131

- Tabla 57.** *Análisis de varianza de hileras por mazorca del maíz morado con aplicación de materia orgánica. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 132
- Tabla 58.** *Análisis de varianza para peso de mazorca del maíz morado con aplicación de materia orgánica. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 132
- Tabla 59.** *Análisis de varianza para peso de grano de maíz morado con aplicación de materia orgánica. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 133
- Tabla 60.** *Análisis de varianza para tusa o coronta de maíz morado con aplicación de materia orgánica. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 134
- Tabla 61.** *Análisis de varianza para rendimiento (Kg) de maíz morado con aplicación de materia orgánica. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 134
- Tabla 62.** *Test de Duncan al 5 % para el rendimiento (Kg/ha) del cultivo de maíz morado con aplicación de materia orgánica. Fundo los Pichones, Tacna 2019* ____ 135

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. <i>El catión flavilio, R1 y R2 = -H, -OH, o OCH3, R3 = -glicosilo, R4 = -H o -glicosilo</i> _____	36
Figura 2. <i>Repartición de los bloques y tratamientos en la parcela experimenta</i> _____	65
Figura 3. <i>Porcentaje de arena (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019</i> _____	78
Figura 4. <i>Efecto de la aplicación de materia orgánica en el porcentaje de Arena del suelo en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019</i> _____	79
Figura 5. <i>Porcentaje de arcilla (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019</i> _____	81
Figura 6. <i>Efecto de la aplicación de materia orgánica en el porcentaje de Arcilla (%) del suelo en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019</i> _____	81
Figura 7. <i>Porcentaje de limo (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019</i> _____	83
Figura 8. <i>Efecto de la aplicación de materia orgánica en el porcentaje de limo del suelo en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019</i> _____	84
Figura 9. <i>Capacidad de campo (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019</i> _____	86
Figura 10. <i>Efecto de la aplicación de materia orgánica en la capacidad de campo del suelo en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019</i> _____	86

- Figura 11.** *Punto de marchites permanente (%) del suelo aplicado de abonos orgánicos en el cultivo dos híbridos de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 88
- Figura 12.** *Efecto de la aplicación de materia orgánica en el punto de marchites permanente (%) del suelo con cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 89
- Figura 13.** *Densidad aparente ($g\ cm^{-3}$) del suelo con aplicado de diferentes abonos orgánicos con cultivo de dos híbridos de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 91
- Figura 14.** *Efecto de la aplicación de diferentes abonos orgánicos en la densidad aparente, donde se cultivó dos híbridos de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 92
- Figura 15.** *pH del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 94
- Figura 16.** *Efecto de la aplicación de materia orgánica sobre el pH del suelo en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 94
- Figura 17.** *Porcentaje de materia orgánica (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _ 96
- Figura 18.** *Efecto de la aplicación de materia orgánica en el porcentaje de materia orgánica (%) del suelo en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 97
- Figura 19.** *Porcentaje de la conductividad eléctrica (mS/cm) en el suelo aplicado con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 98

- Figura 20.** *Efecto de la aplicación de materia orgánica sobre la conductividad eléctrica (mS/cm) del suelo en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 99
- Figura 21.** *La capacidad de intercambio catiónico (meq/100gs) en el suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 102
- Figura 22.** *Efecto de la aplicación de materia orgánica en la capacidad de intercambio catiónico (meq/100gs) del suelo en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 102
- Figura 23.** *El porcentaje de nitrógeno orgánico (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* 104
- Figura 24.** *Efecto de la aplicación de materia orgánica en el porcentaje de nitrógeno del suelo en el cultivo de maíz morado (Zea mays L.). Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 105
- Figura 25.** *El contenido de fósforo (ppm) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 107
- Figura 26.** *Efecto de la aplicación de materia orgánica en el contenido de fósforo del suelo en el cultivo de maíz morado (Zea mays L.) en el Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 107
- Figura 27.** *El contenido de potasio (ppm) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado (Zea mays L.). Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 110
- Figura 28.** *Efecto de la aplicación de materia orgánica sobre el contenido de potasio del suelo en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* ____ 110
- Figura 29.** *El contenido de calcio (me/100gs) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* 112

- Figura 30.** *Efecto de la aplicación de materia orgánica sobre el contenido de calcio (me/100gs) del suelo en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 113
- Figura 31.** *El contenido de magnesio (me/100gs) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* 115
- Figura 32.** *Efecto de la aplicación de materia orgánica sobre el contenido de magnesio (me/100gs) del suelo en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 116
- Figura 33.** *El contenido de sodio (me/100gs) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* 118
- Figura 34.** *Efecto de la aplicación de materia orgánica en el contenido de sodio (me/100gs) del suelo en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019* _____ 118
- Figura 35.** *Etapas de desarrollo fenológico en días del maíz morado con aplicación de materia orgánica y fertilizante química* _____ 121
- Figura 36.** *Crecimiento por etapas de dos híbridos de maíz morado abonado con materia orgánica y fertilizante química* _____ 129
- Figura 37.** *Rendimiento (Kg ha⁻¹) de maíz morado (Zea mays L.) con aplicación de materia orgánicos en el Fundo los Pichones Tacna 2019* _____ 136

RESUMEN

La presente tesis tuvo como objetivo determinar el efecto de la materia orgánica (MO) en las propiedades físicas, químicas del suelo y el rendimiento del maíz morado *Zea mays* L. Se utilizó el diseño estadístico DBCA con 10 tratamientos y 4 repeticiones. Los tratamientos fueron los siguientes: T1=30 t/ha EV, INIA-615; T2=40 t/ha EV, INIA-615; T3=30 t/ha ECS, INIA-615; T4=40 t/ha ECS, INIA-615; T5=200 N-150 P₂O₅-120 K₂O, INIA-615; T6=30 t/ha EV, PMV-581; T7=40 t/ha EV, PMV-581; T8=30 t/ha ECS, PMV-581; T9= 40 t/ha ECS, PMV-581; T10=200 N-150 P₂O₅-120 K₂O, PMV-581. La incorporación de materia orgánica en el cultivo de PMV-581 e INIA-615 no tuvo efectos significativos en los componentes del rendimiento: altura/planta, longitud/mazorca, diámetro/mazorca, cantidad de granos/hilera, cantidad de hileras/mazorca, peso/mazorca, peso/grano y peso/coronta; en cambio, para el rendimiento, sí existen diferencias significativas, la aplicación del T7 tuvo la mayor producción con 8 678,62 kg/ha y, con la aplicación del T1, se obtuvo la menor producción con T1 5 462,37 kg/ha. Análogamente, para las fases fenológicas: emergencia, floración masculina y femenina y madurez fisiológica en días posteriores a la siembra (DPS), no existe diferencias significativas; sin embargo, la incorporación de materia orgánica no varía la textura del suelo (franco arenoso), pero interviene en el mejoramiento del suelo. Después de agregar MO al suelo a los 250 días, se incrementa los valores de las características químicas y físicas. Luego de la producción de maíz morado a los 450 días de la incorporación de MO, decrece los valores; se cree que se debe a las reacciones que sucede en el ecosistema del suelo y a la extracción de nutrientes por el cultivo.

Palabras clave: Maíz morado, materia orgánica, fenología, rendimiento, características físicas y químicas del suelo.

ABSTRACT

The objective of this thesis was to determine the effect of organic matter (OM) on the physical and chemical properties of the soil and the yield of purple corn *Zea mays* L., the DBCA statistical design was used with 10 treatments and 4 repetitions. The treatments were: T1=30 t/ha EV, INIA-615; T2=40 t/ha EV, INIA-615; T3=30 t/ha ECS, INIA-615; T4=40 t/ha ECS, INIA-615; T5=200 N-150 P205-120 K2O, INIA-615; T6=30 t/ha EV, PMV-581; T7=40 t/ha EV, PMV-581; T8=30 t/ha ECS, PMV-581; T9= 40 t/ha ECS, PMV-581; T10=200 N-150 P205-120 K2O, PMV-581. The incorporation of organic matter in the cultivation of PMV-581 and INIA-615 had no significant effects on the yield components: height/plant, length/cob, diameter/cob, number of grains/row, number of rows/cob, weight/cob, weight/grain and weight/crown; On the other hand, for yield if there are significant differences, the application of T7 had the highest production with 8,678.62 kg/ha and with the application of T1 the lowest production was obtained with T1 5,462.37 kg/ha. Similarly, for the phenological phases: Emergence, male and female flowering and physiological maturity in days after sowing (DPS) there are no significant differences. however, the incorporation of organic matter does not change the texture of the soil (sandy loam) but intervenes in the improvement of the soil. After adding OM to the soil at 250 days, the values of the chemical and physical characteristics increase, after the production of purple corn 450 days after the incorporation of OM, the values decrease, we believe that it is due to the reactions that occur in the soil ecosystem and the extraction of nutrients by the crop.

Keywords: Purple corn, organic matter, phenology, yield, chemical physical characteristics of the soil.

RESUMO

O objetivo desta tese foi determinar o efeito da matéria orgânica (MO) nas propriedades físicas e químicas do solo e na produtividade do milho roxo *Zea mays* L. Utilizou-se o delineamento estatístico DBCA com 10 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram os seguintes: T1=30 t/ha EV, INIA-615; T2=40 t/ha EV, INIA-615; T3=30 t/ha ECS, INIA-615; T4=40 t/ha ECS, INIA-615; T5=200 N-150 P205-120 K2O, INIA-615; T6=30 t/ha EV, PMV-581; T7=40 t/ha EV, PMV-581; T8=30 t/ha ECS, PMV-581; T9= 40 t/ha ECS, PMV-581; T10=200 N-150 P205-120 K2O, PMV-581. A incorporação de matéria orgânica no cultivo do PMV-581 e INIA-615 não teve efeitos significativos nos componentes de rendimento: altura/planta, comprimento/espiga, diâmetro/espiga, número de grãos/linha, número de linhas/espiga, peso/espiga, peso/grão e peso/coroa; Por outro lado, para produtividade, há diferenças significativas, a aplicação do T7 teve a maior produção com 8.678,62 kg/ha e, com a aplicação do T1, a menor produção foi obtida com o T1 5.462,37 kg/ha. Da mesma forma, para as fases fenológicas: emergência, florescimento masculino e feminino e maturidade fisiológica em dias após a semeadura (DPS), não há diferenças significativas; Porém, a incorporação de matéria orgânica não altera a textura do solo (franco-arenoso), mas intervém na melhoria do solo. Após a adição de MO ao solo aos 250 dias, os valores das características químicas e físicas aumentam. Após a produção do milho roxo 450 dias após a incorporação do MO, os valores diminuem; Acredita-se que isso se deva às reações que ocorrem no ecossistema do solo e na extração de nutrientes pela cultura.

Palavras-chave: Milho roxo, matéria orgânica, fenologia, produtividade, características físicas e químicas do solo.

INTRODUCCIÓN

El maíz morado es un maíz amiláceo nativo del Perú en tiempos prehistóricos, heredero de la variedad Kculli, el único maíz en el mundo que contiene un pigmento llamado antocianina, que tiene una amplia gama de propiedades en comparación con otros productos vegetales que también contienen antocianina, que puede ser un importante sustituto de colorantes sintéticos y artificiales. Cabe destacar que su empleo como alimento funcional, anticancerígeno, antioxidante y como potenciador del sistema inmunológico humano, como colorantes naturales, son cada vez más importantes en las industrias de alimentos, medicina, belleza y otras, mejorando sus perspectivas de desarrollo (DGPA, 2021).

En la agricultura, se ha observado que el uso de abonos orgánicos, principalmente estiércol, tiene el efecto de aumentar los rendimientos; además, es una opción cuando escasea e incrementa los precios de los fertilizantes químicos. Además, los abonos orgánicos son importantes para la sustentabilidad del suelo. Los abonos orgánicos pueden ser de origen vegetal o animal de composición química variable, que en su proceso de mineralización genera nutrientes para el crecimiento y rendimiento de los cultivos. La incorporación de abonos orgánicos es potencialmente apta para mejorar la morfología del suelo e incrementar los rendimientos de las cosechas, inclusive mejor que los fertilizantes químicos.

Los cultivos se desarrollan principalmente en las organizaciones familiares donde emplean métodos tradicionales y deben sopesar múltiples problemas, como escaso asesoramiento técnico, reducido acceso a semillas mejoradas y limitada información del uso racional de fertilizantes y fertilidad del suelo.

Los agricultores mayoritariamente utilizan semillas de origen desconocido sin control fitosanitario de las instituciones competentes, fertilizan sin previo análisis de suelo, ignoran las dosis que tiene que usar en sus predios y desconocen los momentos de incorporación de fertilizantes. Los elementos antes citados originan sistemas vulnerables

que afectan los componentes abióticos y bióticos ocasionando bajo contenido de antocianina y mala calidad en las cosechas del maíz morado.

La presente investigación tuvo como objetivo principal determinar el efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas y químicas del suelo y el rendimiento del maíz morado (*Zea mays* L.) en el Centro Experimental Agrícola - fundo los pichones, donde se aplicaron diferentes niveles de estiércoles comportado de vacuno y camélido sudamericano; así mismo, se evaluaren el comportamiento agronómico y productivo de la siembra de los híbridos PMV – 581 y INIA – 615, variedades con mejor rendimiento comercial en el mercado. Por otra parte, se estudió la respuesta de las diferentes fases fenológicas a la administración de abonos orgánicos y el impacto de la materia orgánica sobre las características físicas y químicas del suelo.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El maíz morado *Zea mays L.* es único en el planeta que posee la coronta y los granos de tono morado en razón a la antocianina; además, tiene un potencial agroindustrial debido a sus biocomponentes como son los antioxidantes que sirven para la prevención de diversas enfermedades causadas por la degradación de los tejidos, debido al oxígeno inmensamente reactivo, los radicales sueltos y los componentes venenosos del medio, que causan daños en la red sanguínea y en el sistema nervioso, son de gran importancia para combatir la oxidación de las células causante de stress oxidativo, enfermedades cardiovasculares, cáncer y problemas de enfermedades crónicas de esta época.

El maíz forma parte de los alimentos de gran interés en la culinaria nacional y está establecido en las tradiciones de la agricultura familiar y cultivado por la población rural de la cordillera de los andes peruanos (Huamanchumo, 2013), se siembra en las 24 zonas del país a partir del nivel del mar hasta los 3900 msnm, anualmente en el país se cultivan aproximadamente en 502 383 ha, en la cual alrededor de 240 000 ha son de maíz amiláceo (INEL, 2013), y con proximidad 5000 ha fueron cultivados con maíz morado; por ende, las regiones donde mayormente se producen son las siguientes: Arequipa, Ica, Lima, Huánuco, Cajamarca y Ayacucho (MINAGRI, 2012).

La problemática ambiental de la degeneración del suelo es grave y se ha generalizado en todo el planeta. Los seres humanos, debido a sus labores antropogénicas, están modificando y disminuyendo su capacidad para dar sus servicios ecosistémicos. La mayoría de fertilizantes químicos cooperan en el crecimiento de las plantas; sin embargo, la utilización permanente de fertilizantes y pesticidas químicos en la agricultura están ocasionando la saturación en el suelo, la baja de eficiencia de los nutrientes esenciales y en consecuencia la infertilidad de los suelos. El uso indiscriminado de estos fertilizantes

puede ocasionar la esterilidad. A su vez, el exceso de nitrógeno aumenta la cantidad de microorganismos que causan daños a las plantas por el incremento de la acidez, y por filtración, pueden contaminar las aguas subterráneas.

Actualmente, en el medio ambiente, la agricultura está en riesgo provocado por los fertilizantes químicos a los suelos y para revertir esta situación es necesario el empleo de abonos ecológicos para proporcionar nutrientes a las plantas sin poner en riesgo el medio ambiente. Los suelos agrícolas pierden progresivamente su contenido de materia orgánica, manifestándose con la decadencia gradual del rendimiento de los cultivos. La incorporación de la materia orgánica al suelo y después de la siembra de los cultivos se logra incrementos en el rendimiento.

La materia orgánica cuando proviene de estiércoles, tiene considerable cantidad de nutrientes esenciales para las plantas. Los estiércoles es una alternativa importante por los aportes importantes de nutrimentos; sin embargo, es necesario seguir un procedimiento apropiado en su almacenamiento para evitar la pérdida de nutrimentos principalmente de nitrógeno. El maíz morado se puede aplicar fertilizantes de diferentes formas y cantidades; pero, esta práctica no solo pone en peligro a la biodiversidad, la propia producción de alimentos y la salud del planeta, más aún contribuye al calentamiento global, al empeoramiento de la calidad del aire y a la contaminación de los suelos y las aguas del suelo.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Problema general

¿Cuál es el efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas y químicas del suelo y los componentes del rendimiento de maíz morado (*Zea mays L.*) en el fundo Los Pichones Tacna – 2019?

Problemas específicos

- a. ¿La aplicación de materia orgánica tendrá efecto sobre las propiedades físicas del suelo cultivado de maíz morado (*Zea mays L.*)?

- b. ¿La aplicación de materia orgánica tendrá efecto sobre las propiedades químicas del suelo cultivado de maíz morado (*Zea mays* L.)?
- c. ¿La aplicación de materia orgánica tendrá efecto sobre los componentes del rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.)?

1.3. OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar el efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas, químicas del suelo y los componentes del rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) en el fundo Los Pichones Tacna – 2019

Objetivos específicos

- a. Determinar el efecto de la aplicación de materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo cultivado de maíz morado (*Zea mays* L.)
- b. Determinar el efecto de la aplicación de materia orgánica sobre las propiedades químicas del suelo cultivado de maíz morado (*Zea mays* L.)
- c. Determinar el efecto de la aplicación de materia orgánicos sobre los componentes del rendimiento del maíz morado (*Zea mays* L.)

1.4. HIPÓTESIS

Hipótesis general

La aplicación de materia orgánica tiene efecto sobre las propiedades físicas, químicas del suelo y los componentes del rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) en el fundo Los Pichones Tacna – 2019.

Hipótesis específicas

- a. La aplicación de materia orgánica tiene efecto sobre sobre las propiedades físicas del suelo cultivado de maíz morado (*Zea mays* L.).
- b. La aplicación de materia orgánica tiene efecto sobre sobre las propiedades químicas del suelo cultivado de maíz morado (*Zea mays* L.).
- c. La aplicación de materia orgánica tendrá efecto sobre los componentes del rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.).

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Relevancia científica-social

Actualmente, el maíz morado es un producto agroindustrial promisorio exportable, porque posee antioxidantes, biocomponentes de gran importancia para combatir la oxidación de las células causante de Stress oxidativo, enfermedades cardiovasculares, cáncer y problemas de enfermedades crónicas de esta época. Los antioxidantes sirven para la prevención de diversas enfermedades causadas por la degradación de los tejidos, debida al oxígeno extremadamente reactivo, los radicales liberados y los constituyentes tóxicos del medio, que ocasionan perjuicio al torrente sanguíneo y a la unidad básica del sistema nervioso.

La aplicación de materia orgánica beneficia al medio ambiente y sus efectos en el suelo son notorios, tan solo cuando esta forma parte integral del suelo, produce efectos positivos en las características biológicas, físicas y químicas. Incrementa la retención del agua, interviene en la fijación y estabilidad estructural del suelo. La materia orgánica aporta una proporción de la capacidad de cambios catiónicos, se minimiza la pérdida de nutrientes por lavaje, de tal manera que los nutrientes pueden ser absorbidos y ser usados por la planta cuando los necesita (Zavaleta, 1992).

Relevancia práctica

En las regiones donde se cultiva el maíz morado, impera los sistemas de producción familiar, predominan las técnicas tradicionales y enfrenta diversos problemas: existe dificultad para conseguir semillas de calidad, precaria utilización de la información de tecnologías en el manejo de los cultivos y falta de apoyo técnico, por ende, consiguen bajos rendimientos y poca concentración de antocianina en el maíz morado.

Algunos agricultores usan semillas importadas de origen desconocido sin control fitosanitario de las instituciones competentes. Algunos productores prosiguen abonando con materia orgánica y otros emplean sin tener ningún criterio la fertilización química erosionado los suelos. Estas circunstancias hacen que el sistema de producción local, por su baja productividad, sea altamente vulnerable a los cambios tecnológicos, lo que pone en riesgo la sostenibilidad de la agricultura familiar a largo plazo.

Los productores requieren diseñar estrategias para mejorar su rentabilidad, como alternativa esta la producción orgánica y donde se tendrá que incrementar la superficie, introduciendo mejores tecnologías y/o mejorando la capacidad gerencial, que permitan incrementar la rentabilidad, mejorando los ingresos y reduciendo los costos, pero conservando la calidad.

Este aporte a la investigación tiene un enfoque técnico científico, la repercusión en el comportamiento de los híbridos de maíz morado en la producción bajo sistemas orgánicos que permitan la mejora de sus rendimientos y la calidad del producto; en consecuencia, es necesario realizar evaluaciones del crecimiento y desarrollo de las plantas, registrando en un orden cronológico y observar cómo se adapta a las condiciones medioambientales de la región Tacna.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Nolasco et al. (2022), en su trabajo de investigación sobre *Enmiendas orgánicas y su efecto en los componentes del rendimiento de maíz morado (Zea mays L.) en Huánuco, Perú*, tuvieron el objetivo de evaluar el efecto de las enmiendas orgánicas en los componentes de rendimiento de maíz morado. Consideró cuatro tratamientos: T1 (testigo), T2 (20 t. ha⁻¹ multiguano), T3 (4 t. ha⁻¹ Guano de las islas), y T4 (5 t. ha⁻¹ Orgaguano Premium). Se aplicaron en el fondo del surco a chorro continuo. Los efectos de las enmiendas orgánicas fueron similares en los días de floración masculina (89 a 90 días) y femenina (96 a 07 días). Con la aplicación de Orga guano Premium, se obtuvo excelentes resultados en altura (2,02 m), inserción de la mazorca (1,13 m), longitud de mazorca (19,68 cm), diámetro de mazorca (5,88 cm), número de mazorcas por área neta experimental (50,0 mazorcas), peso de mazorcas por área neta experimental (10,87 kg) y rendimiento de mazorcas (10 610,35 kg).

Rabanal y Medina (2021), en las campañas agrícolas 2017-2018 y 2018 -2019, en la Provincia de San Marcos, Región Cajamarca a 2770 msnm (Llollón) y a 3140 msnm, instalaron las siguientes variedades de maíz morado: INIA-601, la raza Canteño, UNC-47, INIA-615, maíz morado mejorado MMM y la PM-58, en la cual se realizaron evaluaciones al rendimiento, a las características químicas y morfológicas. En la variedad INIA-615 la floración fue prematuro, en Llollón el florecimiento femenino se observó a los 101.5 días y la masculino a los 93.3 días, de la manera similar en Llanupacha el florecimiento femenino a los 125.6 días y masculino a los 118.3 días. Además, con esta variedad, se alcanzó mayores rendimientos en Llanupacha 5.3 Mg ha⁻¹ y en Llollón de 4.5 Mg ha⁻¹. Los mejores resultados obtenidos en la altura de planta y mazorca lo consiguieron las variedades INIA-601 (2.35 y 1.25 m) y MMM (2.33 y 1.2 m) en Llollón;

de la misma forma en Llanupacha, destacaron INIA-601 (1.9 y 0.88 m) y MMM (1.93 y 0.88 m).

Delgado (2021), en su estudio comparó tres ejemplares de maíz morado (Morado Mejorado, INIA-601 y Canteño), donde estableció el rendimiento y adaptación en el distrito de San Juan, región Cajamarca. Empleó el diseño de DBCR, con tres tratamientos y cuatro repeticiones, la parcela experimental se abonó con guano de isla más un fertilizante foliar (Bayfolan) arzon de 2 litros ha^{-1} . Las variedades que se adaptan adecuadamente en el caserío Cachilgon, anexo Calani del distrito San Juan son: INIA 601, morado mejorado y canteño. Respecto al rendimiento, la variedad de INIA 601 con 6.45 t ha^{-1} ocupó el primer puesto, la variedad Maíz Morado Mejorado (MMM) con 5.37 t ha^{-1} alcanzó el segundo puesto y la variedad Canteño con 4.26 t ha^{-1} ocupó el último puesto.

Cotrina et al. (2020) investigaron cómo afecta los abonos orgánicos en las características biológicas, químicas y físicas de un suelo agronómico. Usó el diseño de bloques completamente al azar, con cuatro tratamientos: control (0 kg abonos), Bocashi (8 500 kg/ha), Compost (8 500 kg/ha), gallinaza (8 500 kg/ha) y cuatro repeticiones. Las aplicaciones de estos abonos han ocasionado ligeros cambios; el potencial de hidrógeno (pH) cambió ligeramente por la incorporación del Bocashi (5,69); la materia orgánica (MO) fue influenciado por el Bocashi (3,96 %) y el Compost (3,85 %), el nitrógeno (N) por la gallinaza 0,17 %; el fósforo (P) por la gallinaza 7,63 ppm, potasio (K) por el Compost 66,19 ppm. Se ha demostrado que los fertilizantes orgánicos, especialmente la gallinaza y el bokashi, mejoran la concentración de macronutrientes, particularmente el nitrógeno en el suelo; por lo que el uso de bokashi mejoraría las concentraciones de nutrientes en el suelo al reducir la acidez del suelo.

Carbonelli (2020) evaluó la fenología y el rendimiento del maíz morado mediante la aplicación de tres tratamientos: T1= 01 litro de microorganismos eficientes (EM), T2= 03 litros de EM, T3 = 06 litros de EM y un Testigo = 00 litros de EM. Empleó el diseño de Bloques Completos al Azar, con cuatro repeticiones. El análisis de varianza mostró efectos significativos; en consecuencia, la aplicación con 6 L de EM/ha influyó positivamente en la altura, diámetro, % de floración, % de maduración lechosa, % de

maduración pastosa, % de maduración cornea, longitud de mazorca, peso de tusa y número de mazorcas/planta del cultivo de maíz morado variedad PMV 581; además, los rendimientos que se obtuvieron fueron con el testigo de 3.54 ± 0.77 TM/Ha, con el T1 de 5.05 ± 0.54 t/ha, con el T2 de 5.64 ± 0.33 t/ha y con el T3 se obtuvo el mayor rendimientos con 6.53 ± 0.77 t/ha.

Altamirano (2019), en su trabajo de investigación realizado en el distrito Baños del Inca, Región Cajamarca, empleó cinco niveles de fertilizantes químicos para determinar la cantidad de antocianinas de tres ejemplares de maíz morado. Usó el diseño de Bloques Completo al Azar. Las tres variedades cultivadas fueron: INIA 601, maíz morado mejorado (variedad experimental) y maíz morado de Huamachuco resultando con las siguientes concentraciones 4,68 %, 4,56 % y 3,58 % respectivamente.

Cabos et al. (2019), en su investigación, evaluaron las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio del biosol y biol, elaborados con guano de ganado vacuno, cuyo objetivo fue observar si existe diferencias entre ambos preparados. El biosol y biol se prepararon con estiércol fresco depositado en tanques de biodegradación y se analizaron los dos compuestos durante 15 días, utilizando el método Kjeldahl para el análisis de nitrógeno (N), la espectroscopia atómica de llama para la determinación de potasio (K) y el método OLSEN para Fósforo (P), usando el estadístico T-Student no encontraron diferencias significativas, concluyendo que tienen la misma concentración estos dos efluentes.

Gueçaimburu et al. (2019), en su estudio, tuvieron como objetivo evaluar la dinámica del P en el tiempo a diferentes niveles de compactación de suelo, inducidos por tráfico agrícola. Los tratamientos fueron: T0: testigo (sin pasadas de tractor); T1 (6 pasadas) y T2 (12 pasadas). Se tomaron muestras de 0-10 cm de profundidad: P, densidad aparente (DAP), materia orgánica (MO) y pH, en intervalos de 60 días hasta 180 días. Los análisis de MO y pH se realizaron de manera complementaria, ya que son factores estrechamente relacionados con la dinámica de P. La DAP aumentó con el incremento del tráfico agrícola y la disponibilidad de fósforo mostró una relación inversa con DAP en muestras tomadas a 60 y 120 días después que se registraron lluvias intensas. Después de 180 días, no hubo diferencia en la cantidad de P disponible entre los tratamientos en

compresión. Los análisis de correlación entre el pH y la materia orgánica y el P disponible no fueron significativos en condiciones de la prueba.

Barrios y Pérez (2018), para examinar el crecimiento, producción del maíz DK-357 y ciertas características químicas del suelo, aplicó continuamente estiércol bovino (EB). Evaluaron durante cuatro años sucesivos. Usaron el diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. La dosificación de EB fueron 60, 120, 180 Mg ha⁻¹, testigo químico TQ (120 kg ha⁻¹ de N como urea) y un testigo absoluto (sin EB ni TQ). Como fertilizantes base, se introducen anualmente en las mismas parcelas donde se desarrollan los cultivos, 60 kg ha de P₂O₅ y 60 kg ha de K₂O. Se muestrearon a la planta y al suelo a los 30, 60 y 120 días posteriores a la siembra y tres profundidades, 15, 30 y 45 cm. La fertilización frecuente con estiércol de bovino tuvo efectos positivos sobre el diámetro del tallo, la altura de la planta, el índice de área foliar, la savia de NO₃, la producción de materia seca y el rendimiento de grano. Las mayores concentraciones de materia orgánica y nitrato están de 0 – 15 cm de profundidad. La conductividad eléctrica se acrecienta a medida que aumenta las aplicaciones de EB, sin provocar síntomas por estrés salino en el cultivo.

Piña (2018), en Cajamarca, específicamente en seis caseríos del distrito de Ichocán, altitudes entre 2300 y 3170 m.s.n.m., empleó el diseño experimental de bloques completos aleatorizados con seis tratamientos y cuatro repeticiones, evaluó la concentración de antocianinas y rendimiento de seis ejemplares de maíz morado: canteño, Maíz Morado Mejorado, INIA-615 Negro, INIA-601, UNC47 y PMV-581. Resultó con superior rendimiento la variedad INIA-601 con 2562.70 kg/ha y con el más bajo rendimiento la variedad Canteño con 925 kg/ha. Referente a la más alta concentración de antocianina resultó la variedad INIA 601 con 6,39 % en coronta y 2,94 % en brácteas. En consecuencia, en los diferentes pisos altitudinales los rendimientos son similares, resultó 2,56 t/ha en la Victoria y con 2,44 t/ha en Sunchupampa.

Rivera et al. (2018) realizaron muestreos de suelos de cuatro lugares diferentes, donde el potencial de hidrógeno (pH) y determinar cuáles de ellas presenta mejores condiciones para el desarrollo de los cultivos de suelo al que está expuesto. Esta investigación es importante para la agricultura, ganadería y la silvicultura,

ya que es fundamental para el cultivo de hortalizas, cereales y leguminosas, la reforestación y todo vinculado con las especies que obtienen oxígeno. El método para realizar la medición del pH se caracteriza por su sencillez, los materiales están disponibles, por lo que se realiza varias veces para obtener resultados más precisos. Lo que anima a adoptar este enfoque es encontrar respuestas a preguntas, como ¿por qué unas plantas no crecen en unos suelos y en otros?, ¿qué se entiende por plantas desnutridas o atrofiadas y qué lo provoca?, ¿qué tan ácido o alcalino es el suelo y cuáles son las consecuencias?

Sosa et al. (2018) estudiaron el comportamiento y movimiento del nitrógeno (N) y el carbono (C) bajo el efecto de abonos verdes (AV) suministrado al suelo cultivado de maíz y soja. En el Valle del Cauca-Colombia, simultáneamente se cultivó el *Mucuna pruriens* var. *utilis* y maíz (*Zea mays*), el AV se agregó 90 días posterior a la siembra como acolchado orgánico (AO) sobre la superficie del suelo. Luego, se siembran la soja y el maíz de forma alternada. Emplearon el DBCA con arreglo factorial 32 x 2 y 3 repeticiones. Las parcelas principales fueron AV, AO y barbecho (B). Las subparcelas correspondieron a la fertilización con compost, fertilizante de síntesis química industrial y cero fertilizaciones (testigo). Después, de la fase de floración y engorde de grano de los cultivos, se evaluaron las variables en el suelo: N total, amonio, nitrato, N-inorgánico total, carbono orgánico; y en tejido vegetal de maíz y soja: carbono y N. las evaluaciones arrojaron que al incorporar fertilizantes orgánicos de alta calidad, AV/AO, estimula la dinámica de mineralización de C y diferentes fracciones de N en el suelo sin alterar significativamente las concentraciones de otros elementos dentro del tejido vegetal del cultivo de maíz y soja.

Mandujano y Apolín (2017), en su investigación, empleó materia orgánica para producir maíz morado de la variedad PMV-581 en suelos del instituto de investigación frutícola y oleícola Cayhuayna – Huánuco, empleó como tratamientos (T) aplicaciones de Bio abono, Guano de isla, Guano de isla + bio abono y el testigo sin abonamiento. Utilizó el diseño experimental DBCA, luego de realizar las evaluaciones del análisis de varianza muestran la existencia de diferencias estadísticas significativas entre los diferentes tipos de abonos orgánicos. El mayor peso de mazorca de 41,97 y el mejor

rendimiento fue de 7 200 kg/ha. Se obtuvo con el T3 (bio abono + guano de isla), seguido de 6 100 kg/ha, obtenido con el T2 (guano de isla).

Chunhuay (2017), durante la campaña agrícola 2013-2014, en la Comunidad Campesina de Allpas – Acobamba – Huancavelica, realizó un estudio en el que evaluó los efectos del guano de islas en el rendimiento del maíz amiláceo asociado al trébol en condiciones de secano. Usó el diseño de bloques completamente al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones. Los tratamientos T1– aplicación vía suelo de guano de islas (120-110-25) más trébol (400 kg de fruto/ha), T2–aplicación vía suelo de guano de islas sin trébol, T3–aplicación vía foliar de guano de islas (3%) más trébol, T4–aplicación vía foliar guano de islas sin trébol, T5–sin guano de islas más trébol y T6–sin guano de islas sin trébol. No existe significancia estadística entre tratamientos para el porcentaje de emergencia, altura de planta y peso seco foliar del maíz amiláceo a 30 días posterior a la siembra (dps). Sin embargo, existe diferenciación significativa entre tratamientos para la altura de planta, peso seco foliar del maíz a 90 y 150 dds, la biomasa foliar del trébol, % de humedad gravimétrica y temperatura del suelo a 40, 80 y 120 dds y rendimiento de grano seco. Los rendimientos en kg ha⁻¹ fueron los siguientes: 6 887,34 (T1); 6 768,42 (T2); 5030,8 (T3); 4808,53 (T4); 4854,47 (T5) y 4371,76 (T6). El trébol asociado al maíz contribuye al sostenimiento del agua y mejoran la fertilidad natural del suelo. El trébol genera biomasa, fijan nitrógeno y aportan nutrientes al suelo.

Monsalve et al. (2017), en su investigación, explican que los fertilizantes orgánicos se aplican de forma rutinaria en los sistemas de cultivo restablece las propiedades químicas y físicas del suelo y para proporcionar nutrientes como el nitrógeno (N). Para que las plantas lo absorban, las grandes cantidades de nitrógeno proporcionadas por los suplementos orgánicos deben convertirse de formas orgánicas a inorgánicas en un proceso llamado mineralización. Se realizaron estudios para comprender este proceso y cómo la adición de modificaciones orgánicas afecta su dinámica. Esta revisión proporciona una descripción general del suelo y los modificadores involucrados en la mineralización de nitrógeno cuando se aplican al suelo modificadores orgánicos de diversas fuentes.

Pérez et al. (2017) mencionan que el indicador indirecto de la capacidad amortiguadora de los suelos es la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Los métodos utilizados para calcular el CIC se basan en la saturación del suelo con un catión índice. El método de la tiourea de plata (AgTU) es una técnica para calcular la CIC, puesto que el AgTU no se hallan de forma natural en el suelo; sin embargo, el Ag^+ es sensible al espectro visible y al pH alcalino de la solución, formando Ag_0 y Ag_2O . En los suelos de estudio, la cantidad de muestra requerida para la estimación de la CIC fue 0.8 g. La protección de la cristalería con papel aluminio y el almacenamiento de los extractos en la oscuridad aumentó la vida útil del AgTU. La CICSÍ, como función de CICSÍ de 166 suelos tiene una relación lineal, es decir, que la variación en la estimación de la CIC es debida a la adsorción del AgTU^+ en las arcillas de los suelos, y no por fuentes de variación generadas por otros iones. El método de la AgTU permite estimar la CIC de manera rápida y a bajo costo, tomando en cuenta las consideraciones antes mencionadas.

Rosas et al. (2017), en su investigación, mencionan que la aplicación de enmiendas calcáreas se utilizan para el tratamiento de suelos ácidos. No obstante, las referencias están vagas sobre la calcificación de los suelos con cacao en la Amazonía colombiana. Cultivaron cacao (*Theobroma cacao* L., Malvaceae) para elaborar curvas de incubación en un Typic Udorthents fuertemente ácido, dosificaron en forma ascendente de 1,3,5,7,9 y 11 Mg/ha de carbonato de calcio (CaCO_3) y cal dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), para saber la porción y tipos de cal (ME) que sirven para cambiar la acidez (pH, Al^{3+} , H^+ , acidez total) y cuales son más reactivos. Para tener un pH (≥ 5.5) adecuado, se fabricó un modelo que, al aplicar ME, llevó al suelo a esas condiciones. En el campo, se encaló el suelo y se estimó la afectación en el Al^{3+} , pH, saturación de aluminio, Al en solución, capacidad de intercambio catiónico, elementos disponibles como N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, B, Fe y Mn. Posterior a los 60 días, la cal respondió adecuadamente en estos suelos, el pH se incrementó de 5,5 a 6,0 al aplicar 7 Mg/ha, se redujo el contenido de Al y Fe, mejorando la disponibilidad de nutrientes como el Ca, Mg, P y Zn.

Para Trinidad y Velasco (2016), los suelos agrícolas en México son normalmente escaso en materia orgánica (1%). Los suelos con 1,0 % de materia orgánica contribuyen solo 17,4 kg N/ha; sin embargo, los suelos ricos en N/ha (4 %) aportan hasta 69,6 kg N/ha

calculados a partir de porcentaje de mineralización. Contenido de materia orgánica de 5,8% en peso de suelo por hectárea de 2×10^6 kg a los primeros 15 cm de profundidad. Este es un indicador que la materia orgánica es imprescindible en el suelo desde el punto de vista nutricional, no solo como fuente de nutrientes, sino también para mejorar las propiedades físicas y que los microorganismos del suelo almacenen su energía. En el suelo, para mantener altas concentraciones de materia orgánica, es necesario incorporar abonos orgánicos, residuos vegetales y enmiendas industriales como compost y vermicompost.

Oñate (2016) realizó una investigación experimental y bibliográfica, en la cual evaluó la profundidad radicular y las etapas fenológicas del cultivo de maíz variedad blanco harinoso criollo, donde se concluye que el maíz morado cuenta con un ciclo fenológico de 232 días. Se estableció la primera etapa del cultivo a los 32 días; la segunda etapa del desarrollo de cultivo fue a los 84 días; la duración de tercera etapa fue de 35 días y la cuarta etapa de maduración y cosecha fue de 81 días. La longitud en la primera etapa fue 22,2 cm, en la segunda etapa 38,2 cm; tercera etapa 42,3 cm y en la cuarta etapa 62,9 cm. El cultivo se desarrolló bajo las siguientes condiciones climáticas: Precipitación diaria de 1,44 mm; precipitación acumulada de 494 mm; temperatura diaria de 13,55 °C; la heliofanía diaria de 3,26 horas; heliofanía acumulada de 771 horas y la humedad relativa media diaria de 75,76%. Considerando estos valores, se estimó la evapotranspiración del cultivo (ETc), resultando 0,78 mm en la etapa inicial; 1,4 mm en la etapa de desarrollo, 2,27 mm en la etapa intermedia y 1,7 mm en la etapa final.

Pozo (2015), en su investigación sobre los efectos del trébol (*Medicago hispica* G.) y del guano de islas en la producción de maíz morado, usó el DBCA con cuatro tratamientos: T1=Guano de islas (80-60-60), T2=Trébol - 800 kg de fruto/ha, T3= Guano de islas (80-60-60) más trébol y T4= testigo. No hubo diferencias significativas en porcentaje de emergencia de plantas, altura de plantas y peso seco de hoja de maíz a los 70 y 110 días después de sembrar (DDS), humedad del suelo a los 30 DDS, temperatura en el suelo a los 30 y 70 DDS y la producción a los 140 DDS. Por otra parte, existen diferencias significativas en altura de planta y materia seca foliar a los 30 DDS, temperatura del suelo a los 110 DDS y humedad del suelo a los 70 y 110 DDS. El resultado obtenido en kg/ha

es 8.224,60 (T3). 7968,70(T1), 7789,54 (T2) y 7535,35 (T4). Se recomienda cultivar maíz con trébol, porque fomenta la retención de agua y aumenta la disponibilidad de nutrientes en el suelo a través del crecimiento de biomasa, la fijación biológica de nitrógeno y la reutilización de nutrientes.

Moreno et al. (2015), en su estudio sobre la *Influencia del manejo sobre la calidad del suelo* en un Regosol Dístrico en la provincia de Salamanca, evaluaron parámetros físicos, químicos, la respirometría de los microorganismos que se están en los sistemas y el índice de fertilidad del suelo, bajo tres tipos de manejo: cultivados con maíz (*Zea mays*), suelos reforestados en recuperación y suelos cultivados con remolacha (*Beta vulgaris* L.). En los diferentes manejos de suelos, destacó la textura arenoso franco. Los suelos recuperados presentan los más altos valores: pH (7,3), carbono (1,67 %), nitrógeno (0,10 %), materia orgánica (2,88 %), Mg^{2+} (1,34 $cmol\ kg^{-1}$). Los suelos en recuperación tienen mayores cantidades de potasio (0,232 $g\ kg^{-1}$), calcio (0,176 $g\ kg^{-1}$) y magnesio asimilable (0,105 $g\ kg^{-1}$); existe más P asimilable en los suelos con maíz (160 $mg\ kg^{-1}$). En los suelos en recuperación, la respiración microbiana fue más alta. El cultivo de maíz obtuvo el mayor índice de fertilidad (166,2) del suelo, seguido por la remolacha y el suelo en recuperación.

Herrera (2015), durante el análisis cualitativo de la textura del suelo del Arboretum CIEFOR Puerto Almendra “El Huayo”, un bosque natural de 20 hectáreas en el distrito de San Juan Bautista Loreto. El muestreo cubrió 16 parcelas instaladas en el vivero y se muestreó en cada parcela a la profundidad de 0–20 cm y 40–60 cm, con separación de 100 m entre muestras. Las muestras de suelo son llevadas al laboratorio donde son secadas, molidas, tamizadas, pesadas, adicionadas con reactivos y licuadas. Luego, se mide con un hidrómetro y un termómetro. Los resultados del análisis muestran que el suelo es 67,24 % franco arcillo arenoso, 18,96 % es arcillo arenoso, 8,62 % es franco arenoso y 5,17 % es arcilloso.

Pinedo (2015), en su investigación, usó dos variedades de maíz morado PMV-581 e INIA-615 y abonó con fertilizantes químico (NPK) para evaluar la concentración de antocianina, las variables agronomicas, el diseño DBCA con arreglo factorial 2v x 4f, con ocho tratamientos en cuatro repeticiones. La variedad INIA-615 logró 3,67 t/ha, la

mayor producción de mazorcas, con 2,78 t/ha continuó la variedad PMV-581. Con la fertilización (f) f3 (120-90-60), se alcanzó 3,69 t/ha el más alto rendimiento de mazorcas; sin embargo, la f2 (120-110-80) y f4 (120-120-100) estadísticamente son similares. La mayor concentración de 2,21 mg/100g de antocianina en equivalentes a cianidina-3-glucósido se obtuvo con la aplicación de f2 (120-110-80), seguida de la f3 (120-90-60) con 1,62 mg/100g y f4 (120-120-100) con 1,64 mg/100g; así mismo, la variedad PMV-581 con 1,67 es estadísticamente similar a la variedad Negro Canaán con 1,82.

García et al. (2015) realizaron su investigación en ocho parcelas con cinco formas de fertilización para evaluar su efecto en la producción del cultivo de maíz variedad H-59 y en las propiedades físicas e hídricas del suelo, emplearon el diseño de bloques al azar, en ocho parcelas con 48 repeticiones. Los tratamientos (T) fueron T1 = aplicación mixta de 8,30 g de 15-15-15 y 13,40 g de sulfato de amonio; T2=aplicación mixta de 8,30 g de 15-15-15 y 1,30 g de cloruro de potasio; T3=dosis de fertilizante según los resultados del análisis de suelo en las 8 parcelas. T4 =2,10 g de fórmula 15-15-15/planta más 3,30 g sulfato amónico y 62,50 g bokashi; T5=125 g de bokashi/planta y el Testigo sin fertilizante. El pH de las parcelas es adecuado para los cultivos, presentan diferentes texturas desde arcillo arenoso hasta franco arenoso. Densidades desde 1,19 g/cm³ hasta 1,57 g/cm³. El rendimiento de maíz más alto alcanzó el tratamiento 4 (42,92 qq/m² o 2786,54 kg/ha) y la producción más bajo alcanzo el T5 (34,10 qq/m² ó 2213,87 kg/ha). Es necesario que en el transcurso de esta indagación hubo presencia de la sequía y del fenómeno de El Niño.

Balta et al. (2015), en su investigación, determinaron la concentración y la absorción del N, P y K en el plantío de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), con el propósito de mejorar la eficiencia en la aplicación de fertilizantes. Los tratamientos evaluados fueron los siguientes: T1: 16-23-21 kg N, P₂O₅, K₂O ha⁻¹, T2: 8-12-11 kg N, P₂O₅, K₂O ha⁻¹ y T3: 23-35-30 kg N, P₂O₅, K₂O ha⁻¹. Las plantas se muestrearon a los 75, 112, 150 y 225 días posterior a la siembra. Se utilizaron la raíz, tallo, hoja y fruto. para la evaluación del peso fresco, peso seco y área foliar y el contenido de N, P y K en cada parte de la planta. Bajo estos resultados y las condiciones bajo las cuales se realizó este estudio, en *Plukenetia volubilis* el nitrógeno es el elemento que se acumula en mayor

cantidad ($72,06 \text{ kg N ha}^{-1}$), potasio ($64,39 \text{ kg K ha}^{-1}$) y fósforo ($14,36 \text{ kg P ha}^{-1}$); y la máxima acumulación de estos tres factores fue a los 225 días después del trasplante, coincidiendo con la época de la primera cosecha.

Según Vankeirsbilck et al. (2014), los valores por debajo de 5 pueden dar indicio de algún problema de manejo del lote, ya que significaría un menor contenido de MO del suelo, con respecto a lo que puede asociarse a las fracciones más finas. Entre 5 y 7, se considera que son suelos que tendrán respuesta a la fertilización. Los lotes que contengan valores de IMO por encima de 7 indican alta fertilidad de estos y, por lo tanto, su respuesta a la fertilización será baja. De los resultados obtenidos, en los lotes de maíz para silo de los establecimientos 1 y 4, se obtuvieron valores de IMO menores a 5, y solo en 4 lotes que provenían de pastura (establecimientos 6, 7, 8 y 9), los valores se ubicaron por encima de 7. Se puede observar, que, en 9 de los 10 establecimientos en estudio, los lotes que provienen de 2 o más años de maíz para silo tienen valores de IMO más bajo que los de pastura.

Arévalo (2014), en su investigación, utilizó abonos orgánicos y *Azotobacter* sp. para determinar en el suelo las propiedades fisicoquímicas y la producción de algodón de color *Gossypium barbadense* L. Usó el diseño DBCA con 5 tratamientos y 4 repeticiones. Planteo los siguientes tratamientos: T0=160-80-60 NPK; T1=1 kg/m² M.O + *Azotobacter* sp.; T2=2 kg/m² M.O + *Azotobacter* sp.; T3=3 kg/m² M.O + *Azotobacter* sp.; T4=80-80-60 NPK+*Azotobacter* sp. En consecuencia, el suministro de materia orgánica y *Azotobacter* sp mejora las propiedades fisicoquímicas del suelo. El T2 aumentó la materia orgánica en un 3,60 %, el nitrógeno total en un 0,28 % y el fósforo disponible en 10,38 ppm. El algodón rama tratados orgánicamente alcanzó 1 640,45 kg/ha con el T1 y 1 909,23 kg/ha con el T2. Así mismo, afirma que es posible producir orgánicamente y de manera sostenible, similar a la producción con fertilizantes químicos.

Guillén et al. (2014) mencionan que el maíz morado es oriundo de América, la tusa (coronta) y el epispermo de las semillas (granos) es de color morado, con pigmentos flavonoides (1,5 % a 6,0 %). Tiene altas concentraciones de antocianinas (cianina-3-glucosa C3G) y sustancias fenólicas, tiene compuestos bioactivos que se comportan como poderosos antioxidante natural y anticancerígeno. El valor nutricional del maíz morado

es debido a que aporta un 11 % de proteínas, vitaminas (ácido ascórbico y complejo B) aglutinados en el endospermo y 2 % de minerales, cerca del 80 % es almidón y 10 % es azúcar, razón por la cual tiene un sabor dulce. Incluir al maíz morado en la dieta es muy beneficioso, porque reduce el colesterol, batalla con la diabetes, evita enfermedades cardiovasculares como la hipertensión arterial, además es un poderoso antioxidante (antiarrugas).

Begaso (2013) realizó una evaluación de dieciséis marcos de plantación, para ver el efecto sobre la producción de mazorca de maíz morado “Ecotipo Arequipeño”. Empleó un diseño experimental DBCA con un arreglo factorial de 4 x 4 con dieciséis tratamientos (T) y cuatro repeticiones. Los factores en estudio están los distanciamientos entre líneas (L) 0,70; 0,75; 0,80 y 0,85 m y el distanciamiento entre plantas (P) 0,15; 0,20; 0,25 y 0,30 m. Obtuvo los siguientes resultados: Los mejores marcos de plantación son L70P30 y L70P25, además alcanzaron la mayor producción de mazorca con 5,743 kg/ha y 5,524 kg/ha respectivamente. El más rentable es el tratamiento L70P30. El diámetro de mazorca, promedio de grano de mazorca, peso promedio de mazorca, longitud de mazorca, número de mazorca/planta y el rendimiento de mazorca estuvo influenciado significativamente por el distanciamiento entre plantas, predominó el distanciamiento 0,30 m entre plantas y siendo 0,70 m el mejor distanciamiento.

Pavón y Zapata (2012) compararon un abono combinado y tres fertilizantes orgánicos y evaluaron el efecto en el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz. Emplearon el diseño de bloque completamente al azar, con 4 tratamientos y 3 repeticiones. Consideraron los siguientes tratamientos: T1 = 7 110 Kg/ha de bokashi más 96.81 Kg/ha de urea al 46% en dos momentos, T2 = 14 230 Kg/ha de bokashi más 420 lts/ha de biofermento, T3 = 14 230 kg/ha de bokashi más 2 666,6 lts/ha de Purín de Lombrices y T4 = 2 666,6 lts/ha de Purín de Lombrices, correspondientemente. Los tratamientos con mejores resultados fueron los siguientes: El T1 (92,13 cm) en altura de la planta, T3 (17,72 mm) en diámetro del tallo y número de hojas (13,85), T1 y T3 (652,41 g y 657,37 g) obtuvieron mejor promedio de peso fresco, T1 (15.33 cm) en longitud mazorca, T3 (4,22 cm) en diámetro de la mazorca, T3 (34,97) número de granos por fila, T3 (461,90) número de grano por mazorca, T3 (109,66 g) peso de granos por mazorca,

T2 (204,27) y T3 (205,26 g) peso seco en los tratamientos y T3 (5 316,36 Kg/Ha) en rendimiento.

Acevedo et al. (2011) investigaron en parcelas cultivadas con maíz el efecto de la producción agrícola orgánica y convencional, sobre las concentraciones de nitrógeno (N) a 0, 30, 60, 90 y 120 cm de profundidad del suelo; utilizaron DBCA. Se evaluó durante 8 años y, al final de cada ciclo del cultivo, se muestreó el suelo a las profundidades establecidas. Después de los ocho ciclos del cultivo de maíz, se determina que las incorporaciones de abonos orgánicos mejoran los suelos a una profundidad hasta 30 cm. En consecuencia, se incrementa la cantidad de materia orgánica de 1,66 a 1,83 %, contenido de N orgánico y de N total. El nitrógeno total aumentó en un 40 %, de las cuales más del 95 % son nitrógeno orgánico. La ventaja del sistema convencional después del mismo período de cultivo del maíz es que hay más nitratos, amonio y N mineral en la capa superficial (0-30 cm).

Fernández (2007) menciona al fósforo como un elemento crucial en el desarrollo de las plantas. Se puede generalizar que la mayoría de los suelos carecen de fósforo en forma disponible, la fertilización con fosfato es esencial para conseguir mayor producción, ya que se fija rápidamente al suelo de manera estable. La interacción del fósforo con varios nutrientes del suelo es de gran importancia en la absorción, transporte y utilización de este elemento por las plantas. Una nutrición inadecuada de fósforo puede causar severos trastornos fisiológicos en las plantas.

Quiroga et al., (2005), con respecto a los valores de la materia orgánica (MO), conociendo que el nivel crítico para el crecimiento normal de los cultivos es de 2,00 %, observaron un contenido generalmente bajo de esta. Se considera alto, medio o bajo en función de la textura del suelo. La relación $MO / (\text{limo} + \text{arcilla})$ resultó ser un indicador más sensible que la MO como valor absoluto. Una relación 5 del índice de la materia orgánica (IMO) es considerado el umbral entre suelos severamente degradados y suelos con distinto grado de riesgo.

Según Ross (2004), debido a los normalmente bajos niveles de magnesio en los suelos tropicales de América Latina, se ha creado conciencia de la necesidad de una

adecuada fertilización de magnesio en palma de aceite. Se discuten las funciones más importantes del magnesio en el metabolismo de las plantas, incluyendo fotosíntesis y síntesis de proteínas - almidones, y también otras funciones esenciales en absorción de nutrientes y traslocación de carbohidratos dentro del sistema de la planta. Se presentan resultados de ensayos de campo con énfasis en fertilización de magnesio incluyendo los diferentes parámetros de rendimiento de RFF, y proporción aceite/racimo. La fuente de magnesio juega un papel esencial. A este respecto, el kieserite demostró ser claramente superior a la dolomita, aunque esta última puede ser un importante correctivo para suelos ácidos, complementando el efecto del kieserite.

Osorio y Medina (2001), en su estudio *Uso de la escoria BOF C2 inerte y materia orgánica en la producción de maíz*, cuyo propósito es evaluar el efecto de la escoria BOF C2 inerte sobre propiedades físicas y químicas de un suelo calcáreo, así como medir el efecto combinado de la escoria BOF C2 inerte, y materia orgánica sobre el crecimiento y producción del maíz. Empleó el diseño de bloques al azar en parcelas divididas. Se aplicó 0, 15, y 30 t ha⁻¹ de materia orgánica (MO) y 0, 2, 4 y 6 t ha⁻¹ de escoria BOF C2 inerte (Es). La incorporación de escorias BOF C2 inerte y materia orgánica en suelos calcáreos generan cambios favorables en las características físicas y químicas. Las características afectadas por la escoria BOF C2 inerte y materia orgánica fueron Da, PMP, E y CC; las otras características se permanecieron o disminuyeron sus valores, como pH, Ds, K, MO, Ca, Mg y Fe. En las plantas, solo se ven afectadas las flores femeninas. Los tratamientos aplicados al suelo mejoran los rendimientos de maíz y no afectan el crecimiento de las plantas.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Generalidades del cultivo de maíz morado

En el Perú y México, se originó el maíz (*Zea mays* L.) morado. Fue sagrada para sus civilizaciones precolombinas. En estado silvestre, se cultivó en diversas zonas de América; incluso, en épocas prehispánicas, se sembraba en el Perú y lo denominaban oro, sara o kulli sara (Ortiz, 2013).

Este maíz es exclusivo para el mundo, porque tiene la coronta y los granos y tono morado. La extracción de este pigmento revela distintos tipos de antocianinas, siendo el glucósido de cianidina-3-b el pigmento principal. De igual forma, al extraer estos pigmentos de granos y coronas, se encontraron grandes cantidades de antocianinas en el grano (15 %) y en la tusa (85 %).

2.2.2. Origen

El maíz pudo haberse originado en América Central (México, Guatemala), posiblemente en la zona de México Central o del Sur. En la actualidad, muchos genetistas están de acuerdo en que descende de la teocinte, por su gran vínculo cromosómico de la planta y su sencillez de entrecruzamiento, obteniéndose de los dos híbridos fértiles (Acosta, 2009).

El maíz morado de la variedad *Zea mays* L. tiene su origen en Perú, México y Bolivia, países de Latinoamérica, introduciéndose a numerosos países debido a sus pigmentos (Quispe Jacobo, Arroyo Condorena, y Gorriti Gutiérrez, 2011). Fue identificado en la Costa Central en la época de la colonia por los campesinos de los valles andinos, entre los 1 000 m.s.n.m. y 2 400 m.s.n.m. En la era prehispánica, se denominó oro, sara o kullisara (Solid Perú, 2007).

2.2.3. Taxonomía

A continuación, se presenta la clasificación taxonómica del maíz morado (Manrique, 2000, Terranova, 1995 y Stanciuc, 2011):

Reino : Plantae

División : Magnoliophytas

Clase : Liliopsida

Sub clase : Commelinidae

Orden : Poales

Familia : Poaceae

Sub familia : Panicoideas

Tribu : Andropogoneas

Género : Zea

Especie : Zea mays L.

2.2.4. Morfología de la planta

a. Raíz. La radícula del embrión origina la raíz, partiendo desde el punto de crecimiento del hipocotilo, posteriormente crece el coleoptilo por prolongación del mesocotilo, después de ocho días las coronas y nudos sobrepuestos a la base del tallo comienza el crecimiento de los primordios radiculares adventicias que conformaran en definitivo el sistema radicular fibroso y sistema radicular seminal inicial pasa hacer eliminado (Manrique, 1999).

La misión de la raíz es conferirle un anclaje perfecto a la planta, es fasciculadas. Al ras del suelo, sobresalen nudos de las raíces que provienen de las raíces adventicias o secundarias (Risco, 2007).

b. Tallo. Presenta el tallo simple, sin ramificaciones, puede alcanzar hasta cuatro metros de longitud, robusto. Se parece a una caña, ausencia de entrenudos, pero, si se observa una médula esponjosa, si se disecciona transversalmente (Risco, 2007), varía la longitud y la cantidad de nudos. Estos pueden ser de 12 a 24, frecuentemente fluctúa entre 15 a 22 nudos aproximadamente (Corpas, 1996).

c. Hojas. Las hojas son largas, grandes, lanceoladas, alternas, paralelas, envainadas al tallo, exhiben vellosidades, cuenta con lígula y tiene los extremos son cortantes y afilados (Risco, 2007).

En promedio, el maíz porta de 15 a 30 hojas abrazadoras y alargadas puede medir de ancho 4 a 5 cm y de longitud de 30 a 50 cm, es ciliado, algo ondulado y de borde áspero (Llanos, 1984).

d. Flores. Son monoicas, porque tienen ambas inflorescencia masculinas y femeninas separada dentro de la misma planta, de largo pueden medir entre 6 y 8 mm las flores masculinas y en una rama de apariencia plumosa crecen en pares. En la parte superior de cada flor, cuentan con tres filamentosos estambres largos. Están cubiertas de brácteas foliadas las espículas femeninas y estas espiguillas se reúnen de forma cilíndrica gruesa para ramificarse lateralmente y recubierto de brácteas foliadas, sus estilos emergen de las brácteas alcanzando una longitud de 12 a 20 cm, elaboran un grupo en forma de cabellera que aparece en el extremo de la mazorca, y es denominación como barba o cabello de elote (Takhtajan, 1980).

e. Fruto y semilla. Los frutos o semillas son carióspside. El pericarpio o recubrimiento del ovario se fusiona con la cáscara o corteza y ambas se combinan para formar el fruto. La pared, el embrión diploide y el endospermo triploide forman una fruta madura. Presenta una capa de aleurona que se encuentra en el exterior del endospermo expuesta a la fruta (Takhtajan, 1980).

Los fitógrafos lo denominan carióspside, semilla lo llaman los productores, a menudo grano de maíz. Biológicamente, el óvulo fecundado, desarrollado y maduro representa la semilla sin embargo el fruto equivale al ovario desarrollado, en el maíz el ovario y el ovulo evolucionan hasta conformar una sola estructura. El fruto está incorporado al raquis formando hileras de granos, unidos conforman la mazorca, resultado de la evolución de la yema floral o axilar originado en el nudo. La cantidad de hileras varían entre 8 a 30 y son pares (Reyes, 1990).

2.2.5. Fases fenológicas o de desarrollo del maíz

Hanway (1993) refiere a los campos de maíz como comunidades productivas altamente organizados y eficientes, donde los elementos básicos para las plantas son el agua, dióxido de carbono, oxígeno y nutrientes minerales del suelo. Estos son procesados por una organización interna alimentada energía de la luz solar para convertirse en productos provechosos.

Las mezclas de proteínas, carbohidratos, aceites y otros nutrientes minerales forman un conglomerado llamada materia seca, afectada por el entorno para el desarrollo fenológico del maíz, susceptible de ser manipulado por el agricultor mediante prácticas agronómicas.

Etapas de desarrollo: Distribuye al crecimiento de la planta de maíz en V= estados de desarrollo vegetativo y R=estado de desarrollo reproductivo, donde lo subdivide en diferentes etapas cada estado de desarrollo (Hanway , 1993):

Estado vegetativo. VE: Emergencia, V1: Primera hoja, V2: Segunda hoja, V3: Tercera hoja, V6: Sexta hoja, V9: Novena hoja, V12: Duodécima hoja, V15: Décima quinta hoja, V18: Décima octava hoja y VT: Floración masculina.

Estado reproductivo. R1: Floración femenina, R2: Grano perlita, R3: Grano lechoso, R4: Grano masoso, R5: Grano dentado y R6: Madurez fisiológica.

2.2.6. Estado de desarrollo vegetativo

Germinación y emergencia (VE). Cuando estén los suelos en condiciones normales, las semillas absorberán agua y comenzarán a desarrollarse, iniciando el grano abultado se alarga la radícula, luego con la plúmula cerrada emerge el coleoptilo y después las raíces seminales.

La emergencia (VE). Se consigue por la prolongación del mesocotilo que impulsa el coleoptilo en desarrollo, en condiciones de calor y humedad ocurre a los 4 - 5 días posterior de la siembra y de dos a más semanas en condiciones frías o secas. Con la exposición a la luz solar, paraliza el coleoptilo y el estiramiento del mesocotilo, la planta crece de 2,5- 3,8 cm. Luego, rápidamente crecen las hojas embrionarias y sigue creciendo la parte aérea de la planta. El sistema radicular sigue creciendo dependiendo la profundidad de siembra, después el VE se detiene y aparece V3 que virtualmente no existe. Inicialmente todas las raíces crecen desde lo horizontal en ángulos de 25 a 30 grados (Hanway, 1993).

Estado V3. En esta fase, se observa que, desde las raíces nodales, crecen los pelos radiculares y el sistema radicular seminal aparentemente deja de crecer. En esta, se forman los brotes de la mazorca y todas las hojas que en la planta crecen. Casi en V5, la formación de todas las hojas se estará completando y se empieza el brote de la próxima mazorca y microscópicamente esta la pequeña floración masculina en el tallo y en la punta del ápice. La altura de la planta es casi 20 cm (Hanway, 1993).

Estado V6. En esta etapa, el crecimiento y floración masculina están sobre el suelo, hay rápido crecimiento y elongación del tallo. Bajo tierra, entra en funcionamiento el sistema radicular nodal con 3 a 4 nodos por debajo del tallo. En este punto, se ve vástagos o mazorca y algunos brotes muy similares. Los nodos originan a los macollos debajo del suelo y estos difieren con diferentes formas de nutrición, densidad de planta, del entorno y varía en cada variedad. Sucede la degradación y el desprendimiento de las dos hojas más pequeñas ocurre en la fase V8 (Hanway, 1993).

Estado V9. Esta fase, al seccionar una planta, muestra muchos brotes de mazorcas. En la parte aérea, el nodo da origen en la mazorca a un brote por debajo de los seis a ocho nodos terminales de la floración masculina. Al principio, sobre el tallo, el brote de mazorca de la parte superior se desarrolla más lento que los demás brotes. En cambio, en la parte inferior del tallo, con el tiempo, se desarrolla muchos brotes de la mazorca; pero, en la parte superior, uno o dos brotes de la mazorca serán cosechables (Hanway, 1993).

Se llaman prolífico cuando en el tallo principal los híbridos dan una o más mazorcas listas para la cosecha. Esto incrementa con una menor densidad de siembra, el tallo se prolonga y la floración empieza desarrollar rápidamente. La elongación del entrenudo ocasiona el crecimiento del tallo, cada dos o tres días en el V10 se reduce el tiempo en surgir los nuevos estadios de hoja y empieza el aumento continuo de nutrientes y de peso seco, esto continuará hasta las fases reproductivas más avanzadas (Hanway, 1993).

Estado V12. Anteriormente, en la fase (V5) de la floración masculina, se formaron los brotes cortos. Recién, en la V12, se determinará la cantidad de óvulos

(potenciales gránulos), el tamaño, la cantidad de hileras de granos y de forma, el número de granos por hilera de la mazorca. Aún esta no es completa, le falta más o menos una semana para la floración femenina a V17. En la mazorca, los brotes inferiores son más grandes que el brote superior; en cambio, las mazorcas superiores son de tamaño similar (Hanway, 1993).

Estado V15. En el maíz V15, se encuentra de 10 a 12 días distante de la floración femenina. Para el rendimiento, es crucial este estado; el crecimiento de la mazorca que se encuentran en la parte más alta son más grande comparadas a las mazorcas que se encuentran en la parte inferior. En este instante, cada 1 - 2 días brotan nuevas hojas y se acelera el crecimiento de las mazorcas. En V17, se observa la punta de la floración masculina y aumenta el crecimiento de las mazorcas, es notorio cuando la hoja lo envuelve a la punta de las vainas (Hanway, 1993).

Estado V18. En la mazorca, el estigma crece primero en la base y alternando hasta la punta. En este momento, se desarrollan raíces nodales sostienen las plantas y ayudan a extraer agua y nutrientes del suelo durante la etapa reproductiva. El maíz, en esta etapa, está distanciado alrededor de siete días de la floración femenina prosiguiendo activamente el crecimiento de la panoja (Hanway, 1993).

Estado de VT. En VT, la floración femenina aún no ha brotado y la rama extrema de la floración masculina es totalmente notable. Este estado inicia normalmente 2 - 3 días posteriores a la aparición de la floración femenina. En este lapso, el maíz inicia la liberación de polen y el maíz alcanzará su altura total. El periodo entre VT y R1 está condicionada a las características del híbrido y a su entorno. En el campo, el polen es liberado en la mañana y al comienzo de la tarde (Hanway, 1993).

2.2.7. Estado de desarrollo reproductivo

a. Estado R1 (Floración femenina). R1 inicia en el momento en que la flor femenina se manifiesta fuera de la vaina. La polinización sucede una vez que los gránulos de polen caen y es recibida por estas nuevas flores femeninas. El granulo de polen

recibido fertiliza al óvulo aproximadamente en 24 horas y luego se convierte en grano. La mayoría de flores femeninas estarán polinizadas entre 2 y 3 días (Hanway, 1993).

Las floraciones femeninas cada día pueden medrar de 2,5 – 3,8 cm y siguen alongándose con la fecundación. En R1, el óvulo estará rodeada por los lemas, paleas o glumas, siendo externamente de tono blanco. El Grano R1 internamente es claro y cuenta con escaso fluido. Seccionado aun, no es notorio el embrión o germen; sin embargo, el pedúnculo y la chala completa su medida en R1 y R2 (Hanway, 1993).

b. Estado R2 (Grano perlita). En esta etapa, están totalmente formados el caqui de la espiga, el pedúnculo y las espatas. En el endosperma, inicia a incrementarse el almidón e inician a incrementar los granos de peso. Este incremento de peso se prolongará más o menos hasta la fase de grano dentado (Hanway, 1993).

La asimilación de P y N continúa en beneficio del grano, sin embargo, se inicia la merma en otros lugares de la planta. Del embrión del grano, dio origen al coleoptilo primera hoja y radícula. En esta etapa, se inicia el dinámico aumento del peso del grano, es necesario incrementar el riego para asegurar la producción de grano (Hanway, 1993).

c. Estado R3 (Grano lechoso). En la parte externa, el grano es de color amarillento por la aglomeración de almidón, en el fluido interno es blanco lechoso, el desarrollo es lento, es visible el embrión desarrollándose rápidamente. La mayoría de los granos R3 crecen fuera de las estructuras que las envuelve. En este instante, se está secándose y es marrón. Hay alta acumulación de materia seca en el grano y casi 80 % de humedad. En el endosperma, se completa la división celular y R3 fundamentalmente está completo, debido al ensanchamiento y acumulación del almidón en la célula (Hanway, 1993).

d. Estado R4 (Estado masoso o pastoso). El endospermo continúa almidonado produciendo internamente un fluido lechoso para lograr convertirse en una planta compacta. Se formó las 4 hojas embrionarias y el tono es rojo claro a rosada en la cascara de las mazorcas. En comparación a R3, el embrión R4 ha incrementado eminentemente sus medidas (Hanway, 1993).

El ancho del embrión es alargado, es más de la mitad del grano. Esto sucede en la parte media de R4. En la parte interna, la fluidez disminuye e incrementa la solidez del grano, de inmediato se forma una sustancia masosa. Anterior a R6, las mazorcas y granos comienzan a congelarse o secarse en ambos extremos. En este momento, se ha constituido la última quinta hoja embrionaria. La quinta hojas embrionarias son idénticos a las primeras hojas que muestran después de la germinación y el estado VE (Hanway, 1993).

e. Estado R5 (grano dentado). Respecto a R5, la cáscara es de tono rojo oscuro, están dentados o en dentición casi o el total de los granos. Estos se deshidratan desde arriba y crean una película blanca y dura. Esta película de almidón surge por un momento, se observa desde otro lado del embrión una línea transversal al grano. Se aproxima al madurar la capa dura del almidón a la base del grano, puesto que, sobre la línea, es dura; bajo la línea, es suave y se puede detectar presionando con los dedos (Hanway, 1993).

f. Estado R6 (madurez fisiológica). Las mazorcas alcanzan el R6 cuando el integro de los granos lograron la aglomeración de materia seca; de igual manera, se establece la capa de abscisión negra o marrón y la película dura de almidón se adelantó totalmente.

La capa negra se ha formado gradualmente iniciando de la punta de los granos continuando hasta llegar a los granos basales en la mazorca. Al alcanzar el mayor peso seco, significa que terminó el crecimiento del grano en esta etapa. Aun las hojas son de color verde; se secará gradualmente y morirá la planta (Hanway, 1993).

Tabla 1

Dimensiones de mazorcas y granos de maíz morado

Características	Promedio	Máximo	Mínimo
Largo de mazorca (cm)	15,0	20,0	12,0
Ancho de mazorca (cm)	5,0	5,8	4,0
Número de hileras	10,0	12,0	8,0
Número de granos por hilera	25,0	36,0	18,0
Largo de granos (mm)	11,6	13,0	10,4
Ancho de granos (mm)	5,6	6,2	5,0
Espesor de granos (mm)	6,0	6,5	5,5

Fuente: Minag (1998)

2.2.8. Exigencias agroecológicas del cultivo

a. Exigencias climáticas. La mayoría de maíces requiere relativamente climas cálidos: temperaturas diurnas mínimas de 10°C para que se produzca la germinación. Se desarrolla mejor a temperaturas entre 18 y 20 °C (Bonilla, 2009).

b. Exigencias edafológicas. Se desarrollan mejor en suelos franco-arcillosos con elevada capacidad de retener el agua. El maíz se desarrolla mejor en suelos con pH entre 5,5 y 7,8; además, se acomoda a diferentes condiciones climáticas desde la costa hasta la sierra, entre los 1 200 y 3 000 msnm (Quispe, Arroyo, y Gorriti, 2007).

c. Exigencias hidrológicas. Bajo condiciones de sequía, el periodo crítico se encuentra veinte días con anticipación a la floración masculina y, después de veinte días de la polinización, en este periodo, la ausencia por 14 días de riego puede provocar disminución del 60 % de la producción. Las necesidades de agua están entre 6 500 a 8 500 m³/ha, esto de acuerdo a las diferentes zonas del cultivo del maíz. El costo del agua para el cultivo puede representar el 20 % de los costos variables (López, 1991).

d. Exigencias agronómicas

Fertilización

La demanda de nutriente que necesita el cultivo del maíz depende de la media de la fertilidad de los suelos en la zona, donde se sugiere emplear el análisis de suelo para considerar los aportes del suelo. Se requiere abonar con diez sacos guano de isla o como mínimo 5 t/ha de guano de corral tratado para conseguir rendimientos que superen las 5 t/ha. Así mismo, es posible fertilizar con la siguiente fórmula: 120 N - 90 P₂O₅- 60 K₂O kg/ha (INIA, 2007).

Época de siembra

Sevilla y Valdez (1985) dicen que es posible la siembra de maíz en cualquier mes del año. En condiciones normales, la siembra de invierno puede ser de abril a agosto y la siembra de verano es posible realizarlo de noviembre a febrero. La mejor temporada de siembra en la costa es en la estación de invierno, en los meses de mayo a junio. Las zonas

que se encuentran a partir de 2700 msnm se sugieren sembrar prioritariamente a fines del mes de octubre (INIA, 2007).

Considerando la existencia de diversos tipos de climas y épocas donde se puede desarrollar un cereal como el maíz, según Sevilla y Valdez (1985), hay dos épocas: la primera siembra de invierno es de abril hasta agosto, la segunda siembra de verano es de noviembre hasta febrero.

Densidad de siembra

Requis (2012) considera que, para producir maíz morado, es conveniente asegurar una población de plantas que nos permita generar altos rendimientos, Para contar con 75 000 plantas/ha, el distanciamiento apropiado es 80 cm entre surcos y 50 cm entre planta y, en cada golpe, se tiene que sembrar tres semillas que representa a 35 a 40 kg/ha.

De modo similar INIA (2007) es sus experiencias para contar con una población de 50 000 plantas/ha de la variedad INIA-615 Negro Canaán empleo semilla de buena calidad alrededor de 40 a 45 kg/ha y por golpe debe de haber dos plantas.

2.2.9. Características genéticas del maíz morado

Existe muchas variedades de maíz morado que se diferencian de acuerdo a sus características fenotípicas como el color, forma y tamaño de las mazorcas y del pericarpio de los granos, en cuanto a otras características morfológicas como el número de hileras que varían de 8 a 12 o cuando la planta cambia de color verde hasta morado oscuro, las anteras mantienen continuamente un tono morado oscuro.

La diferencia entre un maíz fuertemente pigmentado y un maíz normal es originada por muchos genes, los genes que se dan a continuación son necesarios para que el pericarpio sea morado:

Prr (alelo del locus P, en cromosoma 1) que produce normalmente pericarpio rojo y tusa roja.

p1 (alelo dominante en el cromosoma 6) produce color púrpura morado o marrón en las plantas y es necesaria su presencia para que la tusa sea morada.

Alelo r. (del locus R en el cromosoma 10) produce pericarpio negro y enteras moradas oscuras.

Además de los genes mayores que están presentes al menos en 5 de los 10 cromosomas del maíz existen genes menores que deben estar distribuidos en los 10 cromosomas.

Esto hace que sea materialmente imposible transferir los genes de los maíces morados peruanos, a las variedades foráneas, usando los métodos convencionales de mejoramiento genético para transferir genes de una población a otra (Manrique, 1995).

2.2.10. Variedades

Existe una diversidad de maíces morados en el Perú, como el Arequipeño, Cuzco Morado, Morado Caráz, Morado Canteño, Morado Mejorado, Negro Canaán y Negro Junín. De todos ellos, el maíz morado Canteño es el más comercial, está adaptado hasta entre 1 800 a 2 500 m.s.n.m. La floración sucede de 110 a 125 días, es nativa, resiste a las plagas y puede desarrollarse en diversos pisos ecológicos, produciendo óptimamente entre 1 000 y 2 900 m.s.n.m.; no obstante, es posible sembrar a 3 000 m.s.n.m. (Inia, 2007) (Risco, 2007).

Según el programa de mejoramiento del maíz UNALM del Perú, se distingue cinco ejemplares de tinte morado: canteño, morado de Caraz, cuzqueño, morado de Caraz, arequipeño y negro de Junín. Asimismo, existen dos híbridos mejorados el PMV-581 y PMV-582. Referente a la antocianina, hay mayor cantidad en la coronta y menor en el grano (Ugas y Siura, 2000).

2.2.11. Variedades mejoradas de maíz morado

a. PMV – 581. Esta variedad se origina del maíz Morado de Caraz, se desarrolla en la costa y sierra baja, tolerante a cercospora y roya, es de ciclo vegetativo intermedio, las mazorcas son alargadas y medianos de 15 a 20 cm, tiene alta concentración de antocianina. Reportó una producción de 6 t/ha (Manrique, 1997).

b. PMV – 582. En la sierra alta, prospera mejor este híbrido, la planta presenta una altura intermedia, las mazorcas son de tamaño mediano, puede producir hasta 4 t/ha, el contenido de antocianina es alto (Manrique, 1997).

c. INIA- 615 Negro Canaán. Este ejemplar deriva de la raza Kully de 36 cultivares locales, tiene mayor productividad, tusa con mayor contenido de antocianina y se adapta en los valles interandinos, se siembra desde 2000 hasta 3000 m.s.n.m. (Inia, 2007).

d. INIA - 601 (INIA Negro Cajamarca). Se formó con 256 progenies, variedad de polinización abierta que se adapta muy bien a la sierra norte del Perú (departamentos de Cajamarca, La Libertad y Piura). Debe sembrarse entre 2600 y 2 900 m.s.n.m. (Abanto et al., 2014).

2.2.12. Variedades tradicionales de maíz morado en el Perú

Actualmente, en el mundo, Kculli razas ancestral que dio origen a los otros maíces a las pocas razas que tienen la coronta y grano con antocianinas, aún se encuentra en Sudamérica. El Kculli peruano es similar al boliviano, tanto en su vivacidad del color, la forma de la mazorca y de la planta; sin embargo, el negrito chileno tiene más hileras de granos, pequeña mazorca con granos delgados. Además, el Kculli argentino es de gran tamaño, la mazorcas con los granos duros (Manrique, 1995).

Sevilla y Valdez (1985) dicen que las variedades tradicionales más conocidas son los siguientes:

a. Cuzco Morado. Está vinculado al ejemplar Cuzco gigante con grandes granos, las mazorcas con hileras fuertemente destacado. Es tardía, se cultiva en la región de Apurímac y Cuzco.

b. Morado Canteño. Es un maíz precoz de tamaño pequeño, desciende y es parecido a la raza Cuzco Morado, se siembra hasta los 2 500 m.s.n.m. particularmente en los lugares del valle del Chillón, es más conocida y consumidas en los mercados de Lima.

c. Morado de Caraz. Se cultiva en el Callejón de Huaylas, específicamente en Caraz, desciende de las razas Alazán y Ancashino, este maíz es más pequeño que el de origen cuzqueño. Se adapta a las zonas costeras, es precoz, con mayor potencial de rendimiento y tiene las corontas más pigmentadas.

d. Arequipeño. Se desarrolla en las zonas altas de Arequipa. Su mazorca tiene hileras regulares, es similar al cuzqueño por la forma de su mazorca, es más pequeña. Respecto a otras variedades, es la más precoz, no es muy intenso el color de la tusa. Las características de esta variedad son variables de manera que puede ser mejorada.

e. Negro de Junín. Esta variedad es precoz, presenta las mazorcas de color negro, redondas, cortas, color negro, grandes granos dispuestos irregularmente, parecido a la raza San Jerónimo Huancavelicano. Prospera en la Sierra Central y Sur, hasta Arequipa. Crece a mayores altitudes respecto a otras variedades.

f. Variedades mejoradas. Existen diversas ejemplares como PMV-581, INIA-615 y INIA-601, desarrollados por programa de Maíz y que se adaptan a diferentes zonas del Perú.

2.2.13. Calidad

El tamaño de la mazorca es uno de los aspectos que determinan la calidad del maíz morado, en base de lo cual se pueden establecer las siguientes tres calidades que ingresan al mercado Mayorista Lima.

Tabla 2*Calidad del maíz morado*

Calidades	Tamaño de mazorca
1ra calidad	Mayor a 15 cm
2da calidad	5 – 9 cm
Descarte	Picados, dañados

Fuente: (Solid Perú, 2007)

2.2.14. Composición química del maíz morado

Son compuestos químicos del maíz morado: resinas, grasas, ácido salicílico, saponinas, sales de sodio y potasio, fósforo y azufre y sus sustancias fenólicas (Arroyo y otros, 2010).

a. Las antocianinas. Las antocianinas es un congegado interesante de pigmentos que se solubilizan en agua y es observable. Son considerados flavonoides fenólicos (Mazza 1993). Las frutas, flores y verduras deben su color a estos pigmentos, especialmente la coloración violeta, malva, rojo, rosa y azul. Se encuentran esencialmente en el epicarpio de peras, zarzamoras, uvas, ciruelas, también está en las rosas, en la col morada y maíz morado. Existe otros flavonoides que copigmentan por efecto de la luz y la temperatura (Wrolstad y Giusti, 2003).

Existe alrededor de veinte tipos de antocianinas, destacan la cianidina, delphinidina, malvidina, pelargonidina, petunidina y peonidina, su designación proviene del vegetal de donde fue extraído por vez primera. Es posible la interacción de los carbohidratos con las mismas antocianinas y dan como producto diversos tipos de antocianinas (Badui, 2006).

Tabla 3*Composición química de la coronta del maíz morado*

COMPONENTE	PORCENTAJE
Humedad	11,2
Proteína	3,74
Grasa	0,32
Fibra	24,01
Carbohidratos	57,44

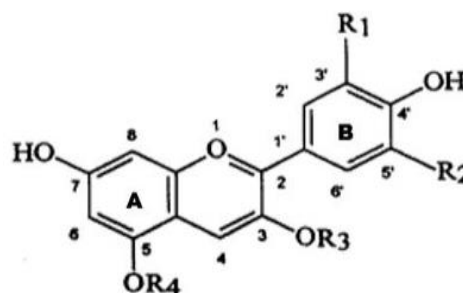
Fuente: (Delgado et al., 2000)

b. Estructura de las antocianinas. Las antocianinas poseen una estructura básica que proviene de la sal de flavilio es el 2-fenilbenzopirilio, están como polihidroxi y/o polimetoxiderivados glucósidos de la sal (Fennema 2000).

En la figura 1, se observa la formación antocianidina, que por medio enlace glucosídico se le une un azúcar a la aglicona, generalmente en la posición 3 y 5 están glucosidados (Badui, 2006).

Figura 1

El catión flavilio, R_1 y $R_2 = -H, -OH, o OCH_3$, $R_3 = -glicosilo$, $R_4 = -H o -glicosilo$



Fuente: (Fennema, 2000).

Tabla 4

Principales radicales de las antocianinas

AGLICONA	R1	R2
Petunidina	OH	OCH ₃
Malvidina	OCH ₃	OCH ₃
Pelargonidina	H	H
Delfinidina	OH	OH
Cianidina	OH	H
Peonidina	OCH ₃	H

Fuente: Durst y Wrolstad (2001)

Con base a la proporción de moléculas de azúcar que tienen las antocianinas, se clasifican en varios tipos: los que tienen una molécula de azúcar normalmente en la posición 3, a veces en la posición 5 o 7 son los monósidos; los que tienen los 2 azúcares en la posición 3 o un azúcar en posición 3 y el otro azúcar en posición 5 rara vez en 3 y 7 llamados biósidos, los que tienen 3 azúcares, normalmente dos en 3 y uno en 5 con

regularidad tres en su constitución lineal en la posición 7 son los triósidos (Fennema, 2000).

2.2.15. Factores que influyen en la estabilidad y color de las antocianinas

En el maíz morado, depende de varios factores la estabilidad y el color de los pigmentos antociánicos. Estos factores son: El oxígeno, dióxido de azufre, temperatura, la estructura y concentración del pigmento, azúcares, calidad e intensidad de la luz a los que son sometidos, enzimas, pH, entre otros (Quispe, Arroyo y Gorriti, 2007).

Efecto del pH. La variación de pH afecta al cambio de color de las antocianinas, es rojo intenso si el pH es ácido; es incolora si el pH neutro y, si el tono es amarilla y vira después a azul, el pH es alcalino (Cuevas et al., 2008).

Efecto de la temperatura. La temperatura claramente afecta la estabilidad de las antocianinas y su degeneración se incrementa. La degradación de las antocianinas se acrecenta al transcurrir la transformación y acumulación de acuerdo al incremento de la temperatura (Fennema, 2000).

Efecto del oxígeno y peróxido de hidrógeno. Los pigmentos de antocianinas se oxidan directa e indirectamente al reaccionar con oxígeno o con compuestos previamente oxidados, formando sustancias de color marrón o incoloro. Actúan como oxidantes al reaccionar con radicales oxígenos. Al incrementar la temperatura, afecta al mecanismo de oxidación (Rein 2005). El anillo de pirilio de la antocianina es fragmentada por el peróxido de hidrógeno, por incursión del nucleofílico en C-2 formando ésteres sin colores que se derivan de la cumarina. Estas sustancias polimerizados y descompuestos conforman precipitados de tono café (Fennema, 2000).

Efecto de los azúcares. Las antocianinas son estabilizadas con altas cantidades de azúcares como sucede en las conservas de frutas. Esto sucede por la reducción de la dinámica del agua (Fennema 2000). Al estar en bajas cantidades los azúcares, el efecto es mínimo sobre la actividad del agua, pudiendo ocurrir la destrucción de los pigmentos antocinicos (Fennema, 2000).

Efecto de las enzimas. La decoloración de las antocianinas sucede debido a dos grupos de enzimas que se encargan de la pérdida del color de los pigmentos antociánicos. Se ha descrito dos conjuntos de enzimas vinculados en la decoloración, las polifenoloxidasas y glicosidasas, llamados antocianinas.

Los enlaces glucosídicos son hidrolizados por las glicosidasas resultando azúcares y aglicona. Al solubilizarse las antocianidinas, se convierte en sustancias incoloras. La o-difenol a o-benzoquinona activa las polifenoloxidasas, que mediante mecanismos no enzimáticos reaccionan con las antocianinas, conformando sustancias degradadas y antocianinas oxidadas (Fennema, 2000).

Efecto de la luz. La degeneración de las antocianinas es acelerada por la luz. Esto se puede observar en el vino tinto y en el jugo de frutas. Las sustancias que protegen la foto degradación son las auronas, isoflavonas, flavonas polihidroxiladas y los sulfonatos. Cargado negativamente el sulfonato y cargado positivamente el ion flavilio, interactúan con los anillos intermoleculares para generar el efecto protector (Fennema, 2000).

Efecto del dióxido de azufre. El dióxido de azufre reacciona con la antocianina. Se supone que actúa en la sujeción de S02 en el lugar C-4; el S02, en este lugar, ocurre la eliminación del tinte (Fennema, 2000).

2.2.16. Micro-meso fauna y el suelo

En el suelo, conviven millones de seres vivos indispensables para la fertilidad y la salud del suelo. Estos son de múltiples tamaños, algunos son tan pequeños que, para verlos, se debe usar un microscopio, a estos se les denomina microorganismos. Se observan otros que no son tan pequeños, pero su tamaño es reducido, su identificación depende del uso de una lupa o un estereoscopio, Además, están los organismos de mayor tamaño como las lombrices, nematodos, cien pies e innumerables insectos, los que se denominan mesofauna o macrofauna (Primavesi, 1984).

2.2.17. Micro-meso fauna y la nutrición de las plantas

El suelo funciona como un estómago, ya que se le agrega materia orgánica el alimento natural del suelo, el cual digiere y pone a disposición de las plantas como nutrimentos, proteínas, aminoácidos y vitaminas. El suelo para cumplir esta función debe poseer una flora microbiana y macrofauna activa, las cuales deben protegerse e incrementarse aportando materia orgánica.

Esta se puede agregar como abonos orgánicos, remanentes de cultivos, o bien cualquier otro residuo orgánico. Estos deben ser preferiblemente ricos en materiales de lenta degradación como la lignina y la celulosa. Los que son formadores del sustrato adecuado para el desarrollo de la vida. El no uso de abonos orgánicos provocará reducción de la biodiversidad del suelo y la pérdida de su bioestructura (Primavesi, 1984).

El suelo con las condiciones óptimas de materia orgánica, vida microbiana y mesofauna (bacterias, hongos, actinomicetos, levadura, protozoarios, insectos y nematodos), degradará los remanentes orgánicos y estará en disposición de nutrir a las plantas. Esto lo hace a través de la flora microbiana, que, al ser organismos muy pequeños (unicelulares), al alimentarse pre digieren la materia orgánica fuera de su cuerpo. Una vez digeridas y disueltas las sustancias nutritivas, las absorben por la membrana celular, liberando a la solución del suelo metabolitos y gran cantidad de enzimas (Primavesi, 1984).

2.2.18. Manejo orgánico del maíz

Las labores que se requiere para la conducción de un cultivo de manera convencional son similares cuando se manejan de forma orgánica. En ambos se considera la variedad, fecha óptima de siembra, marco de plantación, densidades de siembra y sistema de riego.

2.2.19. La nutrición en la producción orgánica

La fertilización no es posible manejar de manera general o como un paquete tecnológico, sino se debe considerar los predios en forma independiente; para ello, se

debe realizar el análisis químico, físico y biológico para distinguir la falta de nutrientes y corregir la fertilidad para establecer programas de abonamiento. La agricultura orgánica está relacionado con los requerimientos y la fertilidad del suelo; para ello, se debe emplear restos de procedencia natural como la orykta con 59 % de dióxido silicio y 22 minerales, bórax que es tetraborato de sodio sustraído derivado de la evaporita, Kmag con 22 % K₂O, 18 % MgO y 22 % S, además los sulfatos de potasio, magnesio, calcio, Zn, cobre, manganeso, también los abonos naturales sustraído de minas como la orykta que tiene 22 minerales y 59 % de anhídrido silícico; el Kmag que tiene 22 % K₂O, 18 % MgO, 22 % S, y bórax que es un tetraborato de sodio, sustraído naturalmente de un yacimiento de evaporita, además los sulfatos de potasio, magnesio, calcio, Zn, cobre, manganeso, también se considera a la harina de rocas, roca fosfórica y cal dolomita; por otro lado, de enmiendas de procedencia animal como cáscaras de huevos, harina de pescado, hueso y otros. Así mismo, deben permitir corregir insuficiencia de nutrimentos en el suelo e incorporándolo de acuerdo a las exigencias del cultivo, manteniendo constante la vida microbiana, muy crucial en la asimilación, óptimo de los nutrientes (Garro, 2016).

Las otras fuentes de nutrientes son los materiales orgánicos. En términos generales, estos son de gran volumen, alto en contenido de agua y pobres en nutrientes. Su valor, desde el punto de vista nutricional, está asociado con la cantidad utilizada. Los abonos orgánicos son fertilizantes multinutrientes, pero su accesibilidad depende del grado de descomposición. La composición de un estiércol depende de la clase de animal, el tipo de alimentación y el manejo del estiércol, ya que, en el proceso de preparación, pueden ocurrir pérdidas por volatilización del N y lavado del NPK (Corpoica, 1995).

El empleo de abonos orgánicos ha sido quizá la labor más antigua y difundida de la agricultura orgánica, practicada desde tiempo atrás por los agricultores, quienes han empleado estiércoles, abonos verdes, biofertilizantes y desechos agroindustriales como fuentes de abono orgánico (Laprade y Ruiz, 1999).

Los abonos orgánicos son la principal fuente de humus en explotaciones que poseen ganado, el humus en el suelo reviste un triple papel: físico, químico y biológico, siendo el contenido de humus en el suelo esencial para la conservación de su fertilidad. El humus ejerce una acción muy favorable sobre la estructura, lo que permite una buena

circulación del agua, aire y raíces incrementando en el suelo la permeabilidad, mejora la capacidad de detención del agua y disminuye la cohesión de los suelos (Gros, 1961).

La fertilización orgánica se sustenta en la explotación de excedente de vegetales restos de post-cosecha, estiércoles de animales, lodos residuales, vestigios industriales, agroindustriales y urbanos. Son remanentes sólidos, líquidos y semilíquidos que transformados y, dosificados al suelo, mejoran sus condiciones biológicas, físicas y químicas (Soto, 2003).

Es notorio que la incorporación de abonos orgánicos en los suelos genera cambios positivos en las características químicas, biológicas y físicas, aumenta la retención de humedad, participa en la fijación y estabiliza estructuralmente al suelo. La enmienda orgánicamente, contribuyen en parte a la capacidad de cambios catiónicos, se minimiza el déficit de nutrientes por lavaje, de tal manera que los nutrientes pueden ser absorbidos y ser usados por la planta cuando los necesita (Zavaleta, 1992).

2.2.20. Fertilización orgánica

Al reutilizar los restos vegetal y animal e incorporarlos al suelo, se reduce el nivel de toxicidad y aumenta la disponible de nutrientes en el ras del suelo. La explicación anterior es útil para el cultivo orgánico, eficiente y de calidad de alimentos, de esta manera reanudando la forma de labranza del agro de nuestros antepasados y empleando tecnologías, que no deterioren el ecosistema (Vivanco, 2005).

Al fertilizar orgánicamente el suelo, naturalmente se produce cambios en su concentración de iones, resultando el aumento del rendimiento de los cultivos. Los materiales utilizados varían desde el estiércol natural hasta los abonos de mezcla (Olivera, 1998).

La incorporación de abonos orgánicos es una práctica milenaria, fue interrumpida a mediados de este siglo, debido a la aparición e introducción en la agricultura de los fertilizantes químicos que empezaron a generar altos rendimientos a un menor costo (Vivanco, 2005). Muchos animales y plantas después de cumplir con su ciclo de vida producen materia orgánica, esta es tan compleja como la misma constitución de los

organismos vivos. Los microorganismos y por otros procesos abióticos provocan la descomposición, generando un cúmulo de sustancias en diversos estados (López, 2003).

Muchos científicos estudiaron el comportamiento de los abonos orgánicos y como afecta a los indicadores de las características biológicas, químicas y físicas del suelo. Los ciclos de los elementos nutricionales como el azufre, nitrógeno, fósforo y otros, éstas interactúan con los abonos orgánicos y los microorganismos bióticos y abióticos. A su vez, estos permiten la retención de agua, mejora la estructura del suelo y facilita a la degradación y asimilación de nutrientes por la planta (Vivanco, 2005).

Los abonos orgánicos, al mezclarse con el suelo, producen efectos positivos en el crecimiento de la planta, actuando como reserva y acumulación de nitratos, fosfatos, sulfatos y otros nutrientes. Incrementa cationes en razón de 5 a 10 veces. Aminora la fugacidad de la alcalinidad, acidez del suelo y neutraliza el efecto de los metales tóxicos pesados y plaguicidas. Se opone a la degradación producida por el agua y el viento. Alimenta a la lombriz de tierra y a los microorganismos nitrificantes de la tierra. Aminora los cambios bruscos de temperatura en el suelo. Amortigua la dispersión de las gotas de lluvia así evitar la formación de costras. Limita la densidad aparente del suelo incrementando la inmovilización de agua en el suelo y mediante la formación de agregados, mejoran las características del suelo (Cruz, 2002).

Cerca del 5 % de nitrógeno total proviene de la materia orgánica. Esta, a su vez, incluye otros componentes importantes para la nutrición de los cultivos, como el calcio, azufre, magnesio, fósforo y elementos menores (Valarezo, 2001).

Tabla 5

Contenido de N, P y Ca en los abonos orgánicos

	Nitrógeno %	Fósforo %	Calcio %
Bovino	1,8	0,14	2,5
Caprino	2,0	0,14	2,4
Composta	1,5	0,11	3,5
Gallinaza	2,8	0,90	5,2

Fuente: Dimas et al. (2000)

2.2.21. Abonos orgánicos

El término abono orgánico se emplea para abarcar todo tipo de enmienda orgánica al suelo, incluyendo tanto los estiércoles animales, los restos vegetales y los elaborados, como la composta, bocashi y otros (Marco, 2011).

Su importancia estriba no solamente en la formación de los nutrientes que reciben las plantas, sino, al ser procesados, los estiércoles producen energía y nutrimentos para el suelo, siendo los microorganismos los que ponen luego los nutrientes a disposición de las plantas en una proporción equilibrada y distribuida a lo largo de la estación de crecimiento (Marco, 2011).

Otra característica importante de las enmiendas orgánicas es su habilidad para estimular a la engorrosa flora de microbios que benefician y apoyan a controlar las potenciales plagas y patógenos (Marco, 2011).

2.2.22. Clasificación de abonos orgánicos

La turba, abonos verdes, estiércoles, vermicompost, bocashi, compost y los desechos orgánicos, urbanos, industriales y otros comprenden los abonos orgánicos. De los estiércoles, en orden decreciente del valor nutrimental, se cita al de origen humano, gallinaza, porquerizo, caprino, ovino, bovino y equino. Dentro de los abonos verdes, se encuentran las leguminosas y no leguminosas, que se incorporan al suelo en estado verde 30 a 45 días antes de la siembra de un cultivo (Trinidad y Velasco, 2016).

2.2.23. Los abonos orgánicos como fuente de nitrógeno para los suelos

De todos los nutrientes esenciales que necesita para el desarrollo de los cultivos, el nitrógeno es un elemento importante entre los demás nutrientes, es importante el nitrógeno, forma parte de enzimas y clorofila, sirve para sintetizar aminoácidos que producen las proteínas que construyen las células y es uno de los integrantes básicos del ADN. Mientras que las tierras que se encuentran impuestas a una explotación intensiva, la presencia de este elemento es escasa, razón por la cual no pueden satisfacer la necesidad

de los cultivos; por lo tanto, es necesario restituir al suelo con nitrógeno provenientes de diferentes fuentes para satisfacer la exigencia de los cultivos (Gandarilla, 1988).

Existen infinidad de propuestas para restituir esta deficiencia, las enmiendas agrícolas, la amplia gama de estiércoles procesados y vióles, no solo por la cantidad de nitrógeno que pueden ofrecer, más bien por la cantidad de procesos que enfrentarán para estar listas y ser asimilables por la planta (Welte y Timmermann, 1985).

2.2.24. Efecto sobre el contenido de nitrógeno de los suelos

Las enmiendas orgánicas se comportan como fertilizantes, pueden aportar diferentes cantidades de nitrógeno; por consiguiente, el incremento de este nutrimento en el suelo será variable (Johnston, 1976), su aplicación constante por 100 años promoverá el incremento en más del doble del aumento del nitrógeno total en el suelo, mientras con fertilizantes químicos se conseguirá más o menos en dos años (Korschens y Klimanek, 1980).

Al analizar las formas como se incorporación el estiércol de vacuno en la superficie del suelo, Díaz et al. (1986) observaron el incremento del elemento N inorgánico en plazo mínimo, dependerá de los componentes fluidos y semi-fluidos, sin embargo, a mayor tiempo estas partes se solidificarán en restos estables.

2.2.25. El nitrógeno presente en el estiércol se puede dividir en tres fracciones

Nitrógeno mineral (N). Es el nitrógeno que se encuentra en la forma mineral y que, por tanto, es directamente asimilable por las plantas; su eficiencia sería del 100% pero puede sufrir pérdidas en la aplicación del estiércol al terreno (Iglesias, 1994).

Nitrógeno orgánico mineralizable el primer año. Es la parte del nitrógeno orgánico que durante el primer año va a pasar a forma mineral y sobre el que se van a sufrir pérdidas durante los períodos en que los cultivos no están en producción (Iglesias, 1994).

Nitrógeno orgánico mineralizable en años sucesivos. Es aquel nitrógeno orgánico que en condiciones de equilibrio se va a ir mineralizando lentamente y que también puede

sufrir pérdidas en los períodos en los que los cultivos no están en producción. (Iglesias, 1994).

2.2.26. Los abonos orgánicos como fuente de fósforo para los suelos

Actualmente, el fósforo se aplica con la fertilización química, sin embargo, se continúa en las investigaciones de materiales que puedan aportar, aumentar la disponibilidad y el contenido de fósforo en el suelo. Entre estas alternativas mencionadas, las enmiendas orgánicas contienen diferentes elementos que favorecen el desarrollo de los cultivos (White,, 1981).

2.2.27. Efectividad de los abonos orgánicos como fuente de fósforo

Se comparó múltiples investigaciones sobre el contenido de fósforo en los fertilizantes minerales y los abonos orgánicos. Azevedo y Stout (1974) refieren que existen ciertas contradicciones: algunos dicen que la disponibilidad del fósforo tanto en la fuente orgánica como mineral son similares, otros dicen son diferentes, algunos dicen que el fósforo está en función de la descomposición de las fuentes orgánicas

Tunney (1980), al evaluar los resultados en su indagación, sostiene que la fertilidad fosfórica que tiene los suelos, para el mantenimiento de este nutrimento necesitan aplicaciones de mantenimiento para no afectar su contenido en el suelo. El fósforo contenido en las enmiendas orgánicas es 100 % eficaz comparados con el fósforo mineral; sin embargo, en suelos pobres el fósforo orgánico y el fósforo inorgánico se puede mineralizar en un año, para estar disponible para las plantas.

2.2.28. Efecto sobre el contenido de fósforo de los suelos

La aplicación de los abonos orgánicos, aun en dosis moderadas, incorporara una considerable cantidad de fósforo en el suelo, ya que el contenido de este elemento en la mayoría de los materiales empleados con este fin, va a oscilar en un rango de entre 0,1 y 0,5 % de P como informan, Singh y Jones (1976); Pomares y Pratt (1979); Aina y Egolum, (1980): 20 Prasad y Sinha, (1981); Somani, (1983); Crespo y Arteaga, (1984), entre otros, aunque en ocasiones se encuentren valores extremos. Asi, Wrigley, (1981) encuentra en

rastrojos de arroz, concentraciones inferiores a 0,1 % de P y Kirkham, (1982) refiere que algunos lodos residuales pueden contener más del 7 % de P en dependencia del proceso por el cual fueron obtenidos.

2.2.29. Los abonos orgánicos como fuente de potasio para los suelos

Al igual que sucede en los casos del nitrógeno y el fósforo, cuando se adiciona cualquier material orgánico al suelo, se va a incorporar también una determinada cantidad de potasio; así Millar (1967) informa que la composición química de varios estiércoles animales fluctúa entre 0,33 % de K en las aves hasta 0,82 % de K en las heces de ovejas y añade que esto puede suceder por el tipo de alimentación.

Jacob y Uexkull (1968) presentan valores para estos materiales entre 0,3 y 0,5 % de K_2O considerando que las variaciones van a estar dadas por el tipo de animal, el forraje que reciba y el mantenimiento que se le brinde; a similares conclusiones llegan (Simons y Traphagen, 1970), aunque ellos dicen que el purín tiene un mayor contenido de K_2O .

En un análisis de la composición química de distintos productos orgánicos de origen animal que se utilizan en China, la Fao (1979) informa que el contenido de potasio varía desde 0,10 % de K_2O en el Caravao, hasta el 2,45 % de K_2O en los residuos de cerdos secos. Al analizar el valor fertilizante de los purines de vacuno en Galicia, una región española, Leiros, Villar y Cabaneiro (1983) plantean que existe una acusada desproporción en su composición, ya que, para una cantidad dada de nitrógeno, el fósforo era muy escaso y el potasio alto, mientras que Somani (1983) considera que el porcentaje de K estará en un rango que oscila desde 0,53 en los estiércoles animales hasta 3,53 en los rastrojos de trigo.

Tunney (1980) manifiesta que es generalmente aceptado en la literatura que el potasio en los residuos agrícolas es tan efectivo como el fertilizante potásico y afirma que esto es comprensible, considerando que todo el potasio en los residuos es soluble y está disponible sin mineralización de la materia orgánica. Por otro lado, Paretas et al. (1983) mencionan que el contenido de potasio asimilable en los estiércoles está en cantidades variables para las plantas.

2.2.30. Efecto sobre el contenido de potasio de los suelos

La cantidad de potasio que tienen los abonos orgánicos, al incorporarlos al suelo, ocasionaría un incremento de este elemento en el suelo; sin embargo, no sucede así. Según Mc Allister (1971), la materia orgánica intensiva genera la traslación del potasio hacia la parte baja del suelo en diversas condiciones, puede suceder que disminuya el potasio en la superficie del suelo Adams (1973). El suministro de fluidos de cerdos y de aves a suelos con pastizales produce una disminución de la cantidad de potasio, debido a la alta extracción de potasio por este cultivo y por qué la mineralización de este elemento es lenta (Adams, 1974).

Prasad y Snha (1981) dicen que, al aplicar materia orgánica, incrementa la disponibilidad del K. Cabaneiro et al. (1983) mencionan que las valuaciones resultaron parecidos al emplear estiércol líquido, parece que el elemento se acumuló en el suelo y que el cultivo extrajo pequeñas cantidades. Sin embargo, Andrade et al. (1985) compararon fertilizantes potásicos con fluidos residuales con contenido de potasio, concluyó que la cantidad de potasio en el suelo es menor que cuando se incorpora fertilizantes minerales a pesar de utilizar mínimas dosis de este.

2.2.31. Los abonos orgánicos como fuente de micro elementos para los suelos

Para el crecimiento de las plantas el fósforo, potasio y nitrógeno, son nutrientes esenciales, aunque también se necesita en mínimas cantidades de otras sustancias minerales; sin embargo, la mayoría de enmiendas orgánicas son restos de cultivos o de algún proceso industrial, exactamente es difícil saber su contenido nutricional (Tunney, 1980); (Wolski y Glinski, 1984); pero, su incorporación servirá para impedir la deficiencia producida por la extracción de nutrientes por las plantas, aunque puede ocurrir de otra manera.

Villarroel et al. (1981) encontraron limitaciones de micronutrientes en el suelo de textura loam tiene el pH alto, proponen corregir empleando estiércol de vacuno o gallinaza. Según Singhamia et al. (1983), al incorporar estiércol, se incrementó el Zn disponible. Esto es parecido a lo descrito por Arozanea et al. (1985) que, al suministrar

cachaza, la concentración del manganeso disminuye. Flores et al. (1984) encontraron que el Cu permanece igual, pero que la cantidad de Fe se incrementa al abonar con compost y gallinaza; pero, Sanzo et al. (1985) hallaron el aumento de muchos micro elementos en suelos cultivados con arroz; sin embargo, se observa descenso del Cu. Estas afirmaciones resultan dudosas, porque los suelos tienen comportamientos que dependen de su entorno y que afectan la disponibilidad de micro elementos y su balance varía en el suelo. Sillanpaa (1984) dice, por ejemplo, la disponibilidad del manganeso y el boro se incrementa y del cobre baja cuando el pH es ácido; sin embargo, el zinc no es perjudicado solo cuando el medio esta extremadamente alcalina o acida.

2.2.32. Estiércoles

Estos, dependiendo de su procedencia, tienen diferentes elementos nutricionales, se caracterizan por la presencia de altas concentraciones de nitrógenos, pueden ser restos procedentes de los cerdos, vacunos, pollos, cuyes, ovejas, caprinos y otros. Estos variarán con la especie animal, manejo y si procede de ganado estabulado o bien si se recoge en el campo o proviene solo de los momentos en que los animales permanecen en los corrales o la lechería. En los sistemas de producción, se da el uso de una cama (superficie sobre la que se desplazan los animales) (Garro, 2016).

El estiércol es aquel material que puede ser manipulado y depositado en forma sólida, el guano tiene excremento, orines y otras sustancias, también se considera a las camas de paja al aserrín, viruta de madera, papel de periódico o desperdicios de alimentos de animales, así como aguas procedentes de los bebederos, procedentes de la limpieza del establo o de lluvia, de todo tipo de materiales que pueda entrar en el establo (Iglesias, 1994).

El uso de estiércoles está asociado a un incremento de los contenidos de nitrógeno en el suelo, se ha demostrado que la aplicación de estiércoles, estimula la micro-biota de suelo, lo cual favorece la mineralización de la MO, aumentando la liberación del nitrógeno orgánico, además de promover la actividad radical favoreciendo la absorción de nutrimentos, todo esto repercute en una mejor fertilidad del suelo (Galland et al., 1998).

2.2.33. Eficiencia de utilización

Al incorporar estiércol al terreno, solo algunos nutrientes son asimilables instantáneamente por las plantas. El potasio y el fósforo están inmovilizados y solo tras su liberación pueden ser asimilados. Para el caso del nitrógeno, el proceso es más complejo.

Las plantas solo pueden utilizar aquel nitrógeno que se encuentra en forma mineral, y dado que el estiércol contiene nitrógeno tanto en forma mineral como orgánica, no podrá ser utilizado por los cultivos en su totalidad inmediatamente, si no que habrá que esperar a que se mineralice la fracción orgánica para que las plantas puedan asimilarlo. Como la mineralización es un proceso continuo que se produce durante todo el año y como los cultivos solo utilizan el nitrógeno mineral en las épocas de producción, aquel nitrógeno que se mineralice fuera de los períodos en los que puede ser aprovechado por las plantas sufrirá pérdidas. Además, la demanda de nitrógeno por los cultivos no es igual durante todo el crecimiento de las plantas, ya que inicialmente es pequeño, crece cuando el desarrollo es rápido y se reduce cuando el cultivo llega a la madurez. Por lo tanto, la eficiencia de utilización del nitrógeno de estiércol no es de un 100 %, si no que se ve reducida, siendo varios los factores que la afectan, entre los que cabe destacar: la forma, las condiciones, la época de aplicación y el tipo de cultivo (Iglesias, 1994).

2.2.34. Tratamientos de estiércol

Para transformar el estiércol en abonos orgánicos, es preciso seguir un método que reduzca la presencia de bacterias patógenas. La creación de abono es un proceso natural, biológico, mediante el cual el material orgánico se degrada y descompone. El proceso de transformación en abono es llevado a cabo por bacterias y hongos que fermentan el material orgánico y lo reducen a un humus estable. Debido a que el proceso de fermentación genera mucho calor, reduce o elimina los riesgos biológicos en la materia orgánica (Labrador, 1996).

2.2.35. Composición química de diversos abonos orgánicos

Los abonos orgánicos también se conocen como enmiendas orgánicas, fertilizantes orgánicos, fertilizantes naturales, entre otros. Asimismo, existen diversas fuentes orgánicas, estiércoles, humus de lombriz, compost, bio abonos, los cuales varían su composición química de acuerdo al proceso de preparación e insumas que se emplean (Labrador, 1996).

a. Estiércol de gallina. La gallinaza son los restos orgánico más característicos que generan las explotaciones avícolas, tanto por su volumen como por sus características. Su composición está vinculado generalmente a la dieta y el material para las camas de las aves. La gallinaza recogida de la producción en jaula resulta de las deyecciones, plumas, restos de alimentos y huevos rotos, que caen al suelo y se mezclan. Este tipo de gallinaza tiene una buena concentración de humedad y altos niveles de N, que se volatiliza rápidamente, creando malos y fuertes olores, y haciendo que pierda calidad como abono (Cantarero y Martínez, 2002).

Pertenece a la categoría de los estiércoles, pero presenta características especiales, como las aves defecan por una cloaca, sus deyecciones líquidas y sólidas no se producen por separado, por lo que la recogida de éstas presenta menos dificultades que con otros estiércoles, su contenido de nutrientes es superior al de otros (Estrada, 2011).

La gallinaza pura de jaulas es de excelente calidad, ya que cuando esta alcanza el tiempo óptimo de descomposición y al ser incorporada al suelo libera los nutrientes, especialmente el nitrógeno, para mejorar las condiciones de los suelos (Guardado, 2012).

El comportamiento de la gallinaza generalmente está asociado al mayor contenido de nitrógeno y fósforo que tiene este producto con relación a los demás materiales evaluados, también se ha demostrado la superioridad de la gallinaza en la producción de biomasa microbiana en ensayos es atribuido a su mayor contenido de nitrógeno y fósforo asimilable. Los nutrientes que componen la gallinaza, esenciales para los organismos descomponedores, deben estar en ciertas proporciones y cantidades adecuadas: de 20 a 30 partes de carbono por una de nitrógeno. Como la gallinaza presenta tan solo de 6 a 10 partes de carbono por una de nitrógeno, para suplir esta deficiencia se

proponen mezclas con materiales vegetales tales como: aserrín, paja, desechos de cosecha (Murillo, 1999).

Tabla 6

Composición química de estiércoles

Estiércoles	Humedad (%)	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)
Estiércol de vaca	83,2	1,67	1,08	0,56
Estiércol de caballo	74,0	2,31	1,15	1,30
Estiércol de oveja	64,0	3,81	1,63	1,25
Estiércol de llama	62,0	3,93	1,32	1,34
Estiércol de alpaca	63,0	3,60	1,12	1,29

Fuente: (Belizario, 2012)

b. Estiércol de vacuno. El contenido de nutrientes del estiércol suele fluctuar ampliamente según su procedencia o según: la especie de animal, el pasto que consume y forma de la explotación (Jacob, 1966), así mismo, el estiércol formado con el excremento del ganado es el más importante de los abonos orgánicos, ya que todas las sustancias orgánicas del estiércol se transforman en humus y esto hace favorable las propiedades físicas del terreno, al que hace blando e hidróscopico (Rigau, 1965).

Estudios en países asiáticos nos reportan que el estiércol de vacuno es un buen abono y se usa directamente en zonas de cultivo intensivo y de cultivos hortícolas. Además, incrementa la producción del cultivo, renueva la estructura del suelo. En el laboratorio, se determinó que el estiércol reduce la acumulación de iones del Fe y Al, en la disolución del suelo, quizás debido a la quelación de estos compuestos (FAO, 1979).

El estiércol es un abono bastante importante y que se puede utilizar con éxito en la selva debido a que el nitrógeno, es el elemento que más se pierde en la quema del monte (Cubas, 1977). También mejora la agregación del suelo, lo hace más absorbente para el agua de lluvias, mejora el drenaje y forma una capa superficial de humus que reduce la acción erosiva de las precipitaciones (Semple, 1975).

El uso del estiércol, pastos y leguminosas en las rotaciones también es ventajoso en el control de enfermedades y nematodos; esto debido a que aumenta la penetración del

agua mediante residuos vegetales y también mejora la estructura del suelo para que no haya impedimento de drenaje. La utilización generalizada de estiércol de animales y otros materiales orgánicos va a contribuir sin duda alguna a la falta de deficiencias de elementos en muchos países, eso sin contar la conservación de una estructura del suelo durante muchos años de cultivos, el uso combinado del abono orgánico y de los fertilizantes para aumentar el rendimiento agrícola y mantener la fertilidad del suelo (OCHESE et ál., 1965).

Asimismo, manifiesta que el estiércol se utiliza sobre todo en los pastizales, jardines, huertos; pero es indudable que, si se le enriquece con fertilizantes minerales, podría emplearse para cultivar de manera intensiva, cereales y tubérculos. Además, la ventaja de la acción de materia orgánica fresca es el aumento del humus del suelo (Burnett, 1974).

El estiércol animal está formado por excremento sólido y líquido del ganado, mezclado generalmente con ciertos materiales usados para cama de los animales, como paja y césped. En general, el estiércol fresco de los equinos y el bovino contiene de 20 a 25 por ciento de materia seca, 0,37 a 0,60 por ciento de nitrógeno, de 0,25 a 0,35 por ciento de anhídrido fosfórico (P₂O₅), y de 0,15 a 0,76 de potasio K₂O, además de cantidades considerables de otros nutrientes no clasificados, dependiendo de diversos factores tales como clase, edad y características individuales de los animales, producción de leche del ganado vacuno entre otros (Flores y Fred, 1990).

El estiércol de vacuno contiene 1,1-3 % de N, 0,3- 1 % de P y 0,8-2 % de K. Estos nutrientes se liberan paulatinamente (al contraste con el fertilizante químico). El excremento de bovino desprende alrededor de la media de sus alimentos al año. La cantidad de elementos nutrimentales difiere de acuerdo a la raza de animal, a la ración y a la forma de conservación y dosificación (Pasolac, 2007). Además, el estiércol de vacuno tiene el 83,2 % de humedad, 1,67 % de nitrógeno, 1,08 % de fósforo, 0,56 % de calcio (Flores y Fred, 1990).

En las plantas, el potasio del estiércol y de los fertilizantes químicos son asimilables, como el de los en cambio, por el contrario, únicamente una parte del

nitrógeno que se encuentra en el estiércol es directamente asimilable y soluble en la misma forma que el del fertilizante químico. Es considerable la cantidad de N orgánico en el estiércol, y se mineraliza muy lentamente en el lapso de muchos años. En consecuencia, la descomposición del estiércol es demoroso respecto a la fertilización sintética (Flores y Fred, 1990).

Tabla 7

Composición química de los abonos orgánicos

ESPECIE ANIMAL	MATERIA SECA	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %	SO ₄ %
Vacunos (f)	6	0,29	0,17	0,10	0,35	0,13	0,04
Vacunos (s)	16	0,58	0,01	0,49	0,01	0,04	0,13
Cuyes (f)	14	0,60	0,03	0,18	0,55	0,18	0,10
Gallina (s)	47	6,11	5,21	3,20	-	-	-

(f) fresco; (s) Seco

Fuente: Ignacio (2014)

c. Estiércol de caprino. “El estiércol de cabra, que es en “caliente”, como el del ovino y caballo, en contraposición a los estiércoles “fríos” de porcinos y bovinos, tiene un buen poder fertilizante, que lo coloca delante de los estiércoles de otras especies” (Quittet, 1990).

En los sistemas de producción caprina, el guano es un elemento importante que no se ha evaluado en profundidad. Los estudios reflejan la pérdida de diversos nutrientes que varían según el sistema de manejo del guano y las condiciones ambientales, como en el caso del nitrógeno, que solamente por almacenarlo y guardarlo tiempo antes de su aplicación pueden producirse un 30 % de pérdidas (Oenema et al., 2007).

El nitrógeno fecal está realmente influenciado por el nitrógeno ingerido, pero, como resultado de una mayor digestibilidad de la ración total con el aumento del contenido de proteína cruda, también se puede suponer una mejora en la síntesis de proteínas crudas microbianas, lo que se manifiesta en mayores niveles de nitrógeno excretado (Schuba et al., 2017).

El uso prolongado de estiércoles es beneficioso para las propiedades edáficas. Esto se genera al incorporar grandes cantidades y de acuerdo a la particularidad de los abonos orgánicos; los niveles de abonos orgánica suelen ser variados y dependen con la especie animal, alimentación y con el medio en donde los mismos se acumulan y recogen; aunque puede decirse, no obstante, suelen ser altos (entre 30 y 80 %) (Sosa, 2005).

En los rumiantes, el forraje rico en fibra de su dieta contiene una proporción de ligninas que no son prácticamente degradadas ni por las enzimas de digestión ni por los microorganismos, y se excretan en el estiércol, junto a sustancias constituidas por proteínas indigeribles (Sosa, 2005) generando los componentes más importantes para la generación de sustancias húmicas estables.

d. Estiércol de camélido sudamericano. El estiércol de llama y alpaca es un subproducto que se usa como fertilizante o como combustible para calefacción, cocción de alimentos y de cerámica, este último para lograr el ennegrecimiento de las piezas (Palamarzuck, 2004). El 89 % de las personas en el altiplano boliviano utiliza estiércol como combustible y el 80 % para cocinar; el 92 % es estiércol de llama y el 20% es de alpaca. La calidad del estiércol de camélidos es alta, compartiendo características semejantes al del ovino, en especial porque los camélidos orinan sobre sus heces siendo usado como mejorador de pastos y cultivos, dado que su recolección es fácil, ya que los camélidos defecan en lugares establecidos como letrinas, se cuenta con un aproximado de 3 kg/día de heces y orina (White, 2010).

En un estudio realizado por Mamani y Bonifacio (2013), se emplea el estiércol de llama tratado por 45 días en el sistema de fosa y adición de activadores de descomposición en producción de quinua variedad Jacha Grano, puesto que la llama y la quinua forman parte del sistema complementario de producción en las zonas del altiplano. Los resultados del estudio muestran que el uso del estiércol de llama tratado es favorable, en el porcentaje de germinación en las 6 primeras horas, mayor altura de las platas 86,5 cm frente 76,9 del testigo y rendimiento del grano 3 592,5 kg/ha superior a 2 617,5 kg/ha del testigo. Mamani (2014) realiza otro estudio en el cultivo quinua, pero con estiércol de llama fresco aplicando 10 t/ ha⁻¹ y obteniendo el mismo rendimiento de 3 592,5 kg ha⁻¹, atribuyéndole

al estiércol fresco mejores porcentajes de nitrógeno (0,10 %) con base a los análisis químicos.

Tabla 8

El análisis de estiércoles de animales

Estiércol	C.E.mm	pH	M.O. %	N %	P %	K %	CaO %	MgO %	Hd %	C/N
Alpaca	11,65	7,96	71,33	1,98	1,09	2,07	5,29	1,92	8,45	20,59
Cuy	4,90	7,77	84,25	1,90	0,98	2,51	1,18	0,50	8,75	25,71
Ovino	9,90	8,44	68,42	1,51	1,41	2,93	4,73	2,24	8,12	25,71

Fuente: Universidad Nacional Agraria la Molina - 1997

La riqueza media en elementos fertilizantes de distintos tipos de estiércol se estimó que por cada 1 000 Kg. de estiércol de alpaca existe 8,2 Kg de N, 2,1 Kg de H₃PO₄ y 8,4 Kg de K, superando al estiércol de caballo, cerdo y de vacuno. Sus propiedades oscilan entre las del estiércol bovino y ovino; es el estiércol de riquezas más elevadas en N y K₂O del de todos los demás animales. El efecto sobre la estructura del suelo es mediano. La persistencia es de tres años, mineralizándose aproximadamente al primer año el 50 %; al segundo año, el 35 % y, al tercer año, el 15% (Labrador, 1996).

2.2.36. Definición de términos

Abonos orgánicos precompostados. Abonos elaborados con materiales de origen orgánico (estiércol y restos de cultivo), conducidos a un proceso de descomposición.

Aditivos. Sustancias agregadas o añadidas como ingredientes en los procesos de transformación.

Agente. Cualquier persona natural o jurídica, que produce, transforma, manipula, transporta, importa o certifica productos orgánicos con miras a su posterior comercialización.

Agrícola. Referido a lo rural, agrario, agropecuario.

Agricultura orgánica. Sistema de producción que trata de emplear al máximo los recursos de la finca, enfatizando la fertilidad y la actividad biológica del suelo, minimiza la utilización de recursos no renovables, elimina el uso de fertilizantes y plaguicidas sintéticos para proteger el medio ambiente.

Agroecosistema. Unidad ecológica principal formada por componentes abióticos y comunidad biótica, incluyendo cultivos y crianzas, que son interdependientes e interactivos.

Agroquímico. Sustancia artificial elaborada por síntesis química, utilizada para reprimir plagas agrícolas y pecuarias, fertilizar el suelo y otros usos agrícolas.

Alimentos convencionales. Alimentos producidos con agroquímicos y abonos químicos.

Alimentos orgánicos. Alimentos producidos con técnicas de la agricultura y crianza orgánicas.

Análisis del suelo. Técnica que permite conocer la fertilidad del suelo

Autoridad competente. Organismo oficial con jurisdicción en la materia.

Biosidas. Sustancia artificial o natural, utilizada para envenenar plagas agrícolas y pecuarias.

Biodegradables. Sustancia artificial o natural, que en condiciones naturales puede descomponerse rápidamente en sustancias más simples, contaminando en menor grado el ambiente.

Biodinámica. Producto proveniente de un sistema de agricultura biodinámica.

Cultivar. El término que se reserva para aquellas plantas que genéticamente son homogéneas y comparten características de relevancia agrícola que permiten distinguir claramente de las demás de la especie.

El compost. Se trata de una materia muy apreciada que cumple con todos los requisitos necesarios para poder practicar una agricultura de calidad y que resulta imprescindible en cualquier huerto.

Esparcido a voleo. Aplicación uniforme de un abono a la superficie del suelo

Fenología. Estudia las fases del ciclo vital de los seres vivos y cómo las variaciones estacionales e interanuales del clima les afectan.

Fertilidad. Un suelo fértil contiene suficiente abono orgánico y minerales para obtener altos rendimientos en los cultivos.

Fertilizante. Se denomina fertilizante a toda sustancia que se incorpora al suelo para estimular su crecimiento, incrementar su producción y mejorar la calidad y producir en el suelo efectos físicos, químicos o biológicos que les sean favorables.

Fertilizantes correctivos. Se utilizan para corregir defectos del suelo.

Gallinaza. Fertilizante a base de excremento de aves preparado para ser utilizado tanto en ganadería como en agricultura.

Guano. Fertilizante a base de excremento de aves marinas que se usa como abono en los campos.

Híbridos. En la cría y en la agricultura, los híbridos son plantas o animales producidos por un cruzamiento de dos variedades o especies genéticamente diferentes.

Humus. Capa superficial del suelo, constituida por la descomposición de materiales animales y vegetales.

Nutrientes del suelo. Término que incluye varios minerales nutritivos vitales para el buen funcionamiento de los individuos. Los nutrientes más importantes para las plantas verdes terrestres son los fosfatos, los nitratos, el potasio y otras sales minerales

Orgánico o ecológico. Procedente de o relativo a la producción ecológica u orgánica.

Proceso de compostaje. Procedimiento controlado por el cual se fabrica el abono orgánico a partir de materiales de origen orgánico (estiércol y restos de cultivo), hasta su descomposición y estabilización.

Producción. Son los rendimientos que se obtiene al cultivar un vegetal por hectárea (kg/ha).

Riego. Consiste en aportar agua al suelo para que los vegetales tengan el suministro que necesitan favoreciendo así su crecimiento.

Sistemas de producción agronómicos. Son conocidos como el conjunto de explotaciones de los recursos naturales de forma individual, siguiendo los patrones legales, empresariales y comerciales con el propósito de producir los artículos alimenticios.

Textura del suelo. Es la relación entre la arena, limo y arcilla en el suelo.

Tiempo de riego. Es el tiempo que ha de durar un riego para aplicar en la parcela de cultivo la cantidad de agua necesaria para cubrir las necesidades brutas de riego.

Trasplantar. Trasladar una planta a otro contenedor o terreno Si se trata de llevarla de un semillero a su lugar definitivo, hay que hacerlo con sumo cuidado, regando en abundancia previamente y procurando sacar la plantita (lo más joven posible) con un poco de tierra adherida a las raicillas.

Unidad fertilizante. Es la cantidad de un kg del elemento químico fertilizante, salvo en el caso del fósforo (que es un kg de P_2O_5) y del potasio (que es un kg de K_2O).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación fue de tipo experimental, porque se analizaron los efectos sobre variables dependientes como las propiedades físicas, químicas del suelo y los componentes del rendimiento del maíz morado usando como variable independiente a la materia orgánica.

El experimento se desarrolló de acuerdo a las condiciones meteorológica (tabla 9) del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI. El trabajo de investigación fue realizado de setiembre del 2020 a marzo del 2021.

Tabla 9

Características climáticas del fundo Los Pichones, Tacna agosto 2020 - abril 2021

Mes	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)	Precipitación total (mm)	Heliofania (h/s.)
	Máx.	Min.	Media			
AGO	22,4	13,2	17,8	76	1,6	7,0
SET	24,2	14,2	19,2	74	0,1	7,5
OCT	26,4	15,8	21,1	73	0,1	7,2
NOV	27,4	15,9	21,7	74	0,2	8,5
DIC	25,1	17,2	21,2	78	0,2	8,2
ENE	28,3	16,1	22,2	80	0,4	8,1
FEB	29,9	15,3	22,6	81	0,9	5,0
MAR	22,4	14,5	18,5	84	0,5	6,2
ABR	19,8	16,3	18,5	80	1,5	6,8

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI

La tabla 9 muestra los promedios de las temperaturas máximas y la temperatura mínima 25,1°C y 15,4°C respectivamente. Estas se presentaron durante el ciclo del cultivo y son óptimas para el desarrollo del cultivo.

3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó el DBCA (diseño experimental fue Bloques Completos al Azar): Conocido como diseño de doble vía, se aplica cuando el material es heterogéneo. Las unidades experimentales se agrupan formando grupos llamados bloques. Es apropiado y eficiente. Este diseño experimental se empleó con diez tratamientos y cuatro repeticiones, porque se investigó las diferencias entre los promedios de los tratamientos en condiciones homogéneas.

Tabla 10

Tratamientos en estudio

Maíz morado/Abono o fertilizante	Clave
H1 - EV = 30 t ha ⁻¹	T ₁
H1 - EV = 40 t ha ⁻¹	T ₂
H1 - ECS = 30 t ha ⁻¹	T ₃
H1 - ECS = 40 t ha ⁻¹	T ₄
H1 - F = NPK (120 – 40 – 0)	T ₅
H2 - EV = 30 t ha ⁻¹	T ₆
H2 - EV = 40 t ha ⁻¹	T ₇
H2 - ECS = 30 t ha ⁻¹	T ₈
H 2 - ECS = 40 t ha ⁻¹	T ₉
H 2 - F = NPK (120 – 40 – 0)	T ₁₀

Nota. H=Híbrido; EV = estiércol de vacuno; ECS = estiércol de camélido sudamericano; F = fertilizante

3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las evaluaciones se efectuarán a través del análisis de varianza que proviene de la aplicación de un modelo estadístico (DBCA) para indicar la diferencia entre las medias, se contrastó con la prueba de "F" y para establecer la diferencia entre tratamientos se utilizó el test de comparaciones múltiples Duncan o prueba de rango múltiple a un nivel de significancia estadística de 0,05.

Modelo estadístico lineal: Está constituido de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Unidad experimental que recibe el T_i y está en el bloque j

$i = 1, 2 \dots t$ (Nro. tratamiento)

$j = 1, 2 \dots \beta$ (Nro. bloque)

μ = El verdadero efecto medio

β_j = verdadero efecto del j -esimo bloque

t_j = verdadero efecto del i -esimo tratamiento

E_{ij} = Error Experimental

3.4. POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO

La población total estuvo conformada por 3 200 plantas, de dos híbridos de maíz morado INIA – 615 y PVM – 581, cultivadas bajo las condiciones de riego por goteo, en y la muestra estuvo constituida por 400 plantas.

3.5. ALEATORIZACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Los tratamientos se distribuyeron aleatoriamente en la parcela experimental.

Figura 2

Repartición de los bloques y tratamientos en la parcela experimenta



BLOQUE I					BLOQUE II					BLOQUE III					BLOQUE IV				
T5	T3	T9	T7	T4	T9	T10	T7	T4	T2	T9	T7	T8	T10	T3	T5	T2	T9	T6	T1
T6	T8	T10	T2	T1	T5	T3	T8	T1	T6	T5	T1	T4	T6	T2	T4	T10	T7	T8	T3

				R6 Madurez fisiológica	dds	Conteo de días	
HIPOTESIS ESPECIFICAS	OBJETIVOS	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	VARIABLES RESPUESTA	INDICADOR	METODOS	PRUEBA ESTADISTICA
La aplicación de materia orgánicos tiene efecto sobre los componentes del rendimiento de maíz morado (Zea mays L.).	Determinar el efecto de la aplicación de materia orgánica sobre los componentes del rendimiento de maíz morado (Zea mays L.)	Materia orgánica	Componentes del rendimiento	Altura de planta Longitud de Mazorca Diámetro de mazorcas Número de granos por hilera Número de hileras por mazorca	cm cm cm Unidad Unidad	Medición con metro Medición con metro Medición con metro Conteo de granos Conteo de hileras	análisis de varianza prueba de "F", prueba de Duncan
La aplicación de materia orgánicos tiene efecto sobre los componentes del rendimiento de maíz morado (Zea mays L.).	Determinar el efecto de la aplicación de materia orgánica sobre los componentes del rendimiento de maíz morado (Zea mays L.)	Materia orgánica	Componentes del rendimiento	Peso de grano y tusa (mazorca) Peso de grano Peso de tusa o coronta Rendimiento peso de mazorcas/ha	g g g Kg ha ⁻¹	Balanza analítica Balanza analítica Balanza analítica Balanza analítica	análisis de varianza prueba de "F", prueba de Duncan

*dds: días después de la siembra

3.7. INSTALACIÓN Y MANEJO DEL EXPERIMENTO

En la presente tesis, el manejo agronómico se realizó de las siguientes labores:

a. Preparación del campo

La preparación del suelo empezó antes de la siembra. Mediante el uso de un tractor implementado con sus implementos agrícolas, se realizó el arado, gradeo, nivelación y surcado del terreno; luego, se aplicó la materia orgánica para su descomposición, se mezcló con la tierra, finalmente se realizó un riego de machaco.

b. Instalación del experimento

Después de la preparación del campo, se procedió a realizar el marcado de la parcela experimental para ello empleamos estacas y yeso agrícola.

c. Siembra

Antes de la siembra, se seleccionó las semillas, la separación de las líneas fue de 1,0 m y la separación entre plantas es de 25 cm. La técnica que se usó para el sembrado es a cinco semillas por golpe depositados en hoyos de 3 cm de profundidad. La siembra se hizo a fines del mes de agosto.

d. Desahije

Luego de las cuatro a cinco semillas sembrados por golpe, después de emerger y alcanzar alturas de 25 a 30 cm, se procederá a retirar las plantas débiles y dejar solo tres plantas vigorosas.

e. Abonamiento

El abonado se efectuó incorporada en las filas a los 250 días antes de la siembra para que la materia orgánica tratada se continúe descomponiendo. La fertilización químicos se la fórmula: 200 N - 150 P2O5 - 120 K2O, se aplicaron el total de los abonos con fósforo y potasio, en el caso nitrógeno media porción al momento y la otra media porción cuando apareció las dos hojas.

f. Control de malezas

Algunas de las malezas que se presentaron en el fundo son: Diente de león (*Taraxacum officinal*), yuyo (*Amaranthus hybridus*) y cebadilla (*Bromus catarticus*), el control se realizó de forma cultural y oportuna empleando herramientas como el desmalezador. Esta práctica se realizó constantemente para evitar la competencia con las plantas de maíz.

g. Riegos

Se empleó el riego por goteo, alcanzó eficiencias del 90 al 95 %. Se llevó a cabo en total 25 riegos. Después de la preparación del terreno, se hizo tres riegos de machaco y, una vez que el grano llegó a la madurez, se hizo el último riego.

h. Aporque

Las plantas de maíz fueron sometidos a esta técnica agrícola que consistió en acumular tierra en la base del tallo para evitar la caída de las plantas producido por el viento. Se realizó el primer aporque de 50 a 60 cm de altura y el segundo cuando la planta tuvo 1 m.

i. Control de plagas

Las medidas preventivas implementadas para el control de plagas del maíz, en especial el cogollero (*Spodoptera frugiperda*), se utilizó feromonas y trampas de melaza y detergente.

j. Cosecha

La recolección se efectuó de forma manual cuando las plantas llegaron a la madurez fisiológica, además alcanzaron los granos 20 % de humedad y la base del casquete presentaron una capa de color negro o marrón.

3.8. MATERIAL BIOLÓGICO

Se emplearon semillas de dos variedades:

Maíz morado INIA - 601

Maíz morado PMV – 581

3.9. ABONOS UTILIZADOS

Abonos orgánicos:

- ~ Estiércol de vacuno
- ~ Estiércol de camélido sudamericano

Fertilizantes químicos:

- ~ Urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ con 46%N
- ~ Fosfato di amónico $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ con 18%N y 46% P_2O_5
- ~ Sulfato de potasio K_2SO_4 con 60% K_2O

3.10. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

Dimensiones de la parcela

Largo de la parcela experimental	20 m
Ancho de la parcela experimental	16 m
Área de la parcela experimental	320 m ²

Dimensión del bloque

Número	4 u.
Largo	16 m
Ancho	5 m
Área	80 m ²

Dimensiones de las unidades experimentales

Número	40 u.
Largo	13 m
Ancho	1.0 m
Área	13 m ²

Medidas entre surco 1 m

Medidas entre plantas 0,25 m

3.11. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.11.1. Efecto de la aplicación de materia orgánicos sobre las propiedades físicas del suelo cultivado con maíz morado (*Zea mays L.*)

Las técnicas e instrumentos que se aplicaron son las siguientes:

- a. **Técnica de muestreo del suelo.** Se recorrió la parcela experimental al azar en forma de zig-zag, se tomaron 10 submuestras entre 20 y 30 cm de profundidad, dentro de las mismas filas donde se sembraron las semillas, posteriormente se homogenizó en un balde y se obtuvo 2 kg por tratamiento para inmediatamente ser analizado en el laboratorio.

Se consideró una línea base de 3 momentos y se muestreó de la siguiente manera: A los 0 días antes de preparar el terreno, a los 250 días después de aplicar la materia orgánica, luego se sembró el maíz morado y a los 450 días después de la incorporación del abono orgánico.

Tabla 12

Características físicas y métodos empleados para los análisis de suelo

Características físicas	
Características	Métodos
Textura del suelo	Hidrómetro de Boyoucos
Capacidad de campo (CC)	Cilindros de volumen conocido
Punto de marchitamiento permanente (PMP)	Cilindros de volumen conocido
Densidad aparente (DA)	Cilindros de volumen conocido

- b. **Procesamiento y análisis de datos.** Se empleó para el análisis estadístico ANOVA con un nivel de significancia de 5 %; además, para la comparación de manera gráfica los resultados, se utilizó la estadística descriptiva. Para realizar el procesamiento de la información recogida, se usó el software SPSS, Infostat Versión Estudiantil; además, para organizar los datos, se usó la hoja de cálculo Excel.

3.11.2. Efecto de la aplicación de materia orgánicos sobre las propiedades químicas del suelo cultivado con maíz morado (Zea mays L.)

Se ha utilizado las siguientes técnicas e instrumentos:

a. Técnica de muestreo del suelo. Para el muestreo de los suelos, se estableció una línea base: primero se sacaron muestras. Para empezar, se fijó el día 0, donde inicia la incorporación de los abonos orgánicos para que continúen con su descomposición en el suelo de acuerdo a la dosificación de los tratamientos y, como segundo momento, se muestreó a los 250 días. En este tiempo, se inició la siembra y se observó el desarrollo del cultivo de maíz y después de su cosecha llega el tercer muestreo a los 450 días.

Para realizar el muestreo del suelo, se ha recorrido aleatoriamente en forma de zig zag y, en cada 5 pasos de cada unidad experimental, a la profundidad de 30 cm, se obtuvo 5 sub muestras, lo depositamos en un balde, luego se mezclaron homogéneamente y se obtuvieron una muestra de 2 kg para el análisis. Al inicio, se obtuvo una muestra antes de la preparación de la parcela experimental y se muestreó en cada unidad, se obtuvo 40 muestras en la segunda y otros 40 en el tercer momento.

b. Procesamiento y análisis de datos. Se empleó para el análisis estadístico ANOVA con un nivel de significancia de 5 %; además, para la comparación de manera gráfica, los resultados se utilizó la estadística descriptiva.

Para realizar el procesamiento de la información recogida, se usó el software SPSS, Infostat Versión Estudiantil; además, para organizar los datos, se usó la hoja de cálculo Excel.

Tabla 13*Características químicas y métodos empleados para los análisis de suelo*

Características químicas	
Características	Métodos
pH del suelo	Potenciómetro Electrométrico
Materia orgánica (MO)	Walkley – Black modificado
Conductividad eléctrica (CE)	Electrométrico
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	Saturación con acetato
Nitrógeno (N)	Micro-Kjeldahl
Fósforo (P)	Olsen modificado
Potasio (K)	Ácido sulfúrico 1 N (PRATT)
Calcio (Ca)	Absorción atómica
Magnesio (Mg)	Absorción atómica
Sodio (Na)	Absorción atómica

3.11.3. Efecto de la aplicación de materia orgánicos sobre los componentes del rendimiento de maíz morado (Zea mays L.)

Las técnicas e instrumentos que se emplearon para su evaluación son:

a. Fenología. Para el estudio de la fenología del maíz, se inició desde la siembra hasta la madurez fisiológica, considerando la clasificación fenológica realizada por Hanway (1993).

Estado de desarrollo vegetativo. En este estado, se realizó las evaluaciones desde el inicio de la siembra hasta el desarrollo del cultivo hasta llegar al estado VT o floración masculina y se consideró la cantidad de días que transcurrió en este estado.

Se considerará la escala de Hanway (1993) y Agard et al. (2011): VE: Emergencia, V1: Primera hoja, V2: segunda hoja, V3: tercera hoja, V(n): n - ésima hojas y VT: Floración masculina.

Estados reproductivos. Se evaluaron cuando empezó la floración femenina hasta alcanzar la madurez fisiológica.

Se consideró la escala de Hanway (1993) y Agard et al. (2011): R1: Floración femenina, R2: Grano perlita, R3: Grano lechoso, R4: Grano masoso o pastoso, RS: Grano dentado y R6: Madurez fisiológica.

Se examinaron aleatoriamente, se sacrificó 100 plantas marcadas donde se determinaron la fenología del maíz morado, iniciando en la siembra y después de un tiempo las plantas desarrollaron observando la diferenciación floral y otras características de este estado.

Para examinar el estado reproductivo, se seccionó plantas marcadas, considerando las características de cada etapa fenológica y también se observó el desarrollo del grano.

b. Componentes del rendimiento

Instrumentos de recolección de datos. Se usó la técnica de la observación, también se empleó instrumentos para recolectar datos y medirlos manualmente. Los instrumentos utilizados fueron la báscula y metro de cinta metálica.

En campo, mediante el muestreo aleatorio simple, se recolectaron los valores de 25 plantas marcadas, por tratamiento las evaluaciones que se realizaron fueron:

Altura de planta. Se realizó la medición de 25 plantas tomados en la parte central en cada unidad experimental, se midió desde el cuello de la planta hasta el nudo del último folio, indicado en centímetros.

Longitud de mazorca. Se midieron a 25 mazorcas de las plantas que se localizaron en la parte central de la fila de cada tratamiento, desde la base de la mazorca con panca hasta el último grano en la parte distal de la misma mazorca, durante la recolección e indicado en centímetros.

Diámetro de mazorcas. Se cogieron aleatoriamente de cada unidad experimental 25 mazorcas para medir, en los tercios inferiores de las mazorcas, al instante de la cosecha, luego se indicó en centímetros.

Peso de tusa o coronta. La evaluación fue pesando 25 corontas (mazorcas a los que se les separó los granos) con 14 % de presencia de humedad indicados en los gramos.

Rendimiento en peso de mazorcas por hectárea. Resultó al pesar todas las mazorcas cosechadas en cada unidad experimental, para luego expresarlas en kilogramos por hectárea.

c. Procesamiento y análisis de datos. Se empleó el análisis de la varianza, técnica estadística muy poderosa. Para el estudio del efecto, se consideró el nivel de significancia del 5 %. Para establecer las diferencias entre la media de los tratamientos, empleamos el test de significancia de Duncan con un α del 0,05.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. EFECTO DE LA APLICACIÓN DE MATERIA ORGÁNICOS EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO CULTIVADO CON MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.)

4.1.1. Textura del suelo

a. Arena (%). La tabla 14 del análisis de varianza de los resultados del porcentaje de arena del suelo, no se encontró significación estadística para bloques [$F_{c(g1:9/27)} = 0,47 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,96$], es decir, hay homogeneidad entre bloques. Sin embargo, se observa que hay significancia estadística para tratamientos [$F_{c(g1:9/27)} = 2,40 > F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,25$] con materia orgánica, es señal de que existe diferencias entre los promedios de los tratamientos. El coeficiente de variabilidad es de 4,78 %, significa que es aceptable y confiable para las condiciones de campo.

Para calcular las diferencias entre las medias entre los tratamientos, se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 %.

Tabla 14

Análisis de varianza para la arena (%) del suelo con aplicaciones de materia orgánica en el cultivo del maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

F/V	GL	SC	CM	Fc	F α		Sign.
					0,05	0,01	
Tratamiento	9	197,558	21,951	2,403	2,25	3,15	*
Bloques	3	12,875	4,292	0,470	2,96	4,60	NS
Error	27	246,606	9,136				
Total	39	475,038					

C.V. = 4,78 %

Nota. F/V: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, SM: Suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, Fc: F calculada, F α : F tabular, NS: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

Tabla 15

Test de Duncan al 5 % para la arena del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

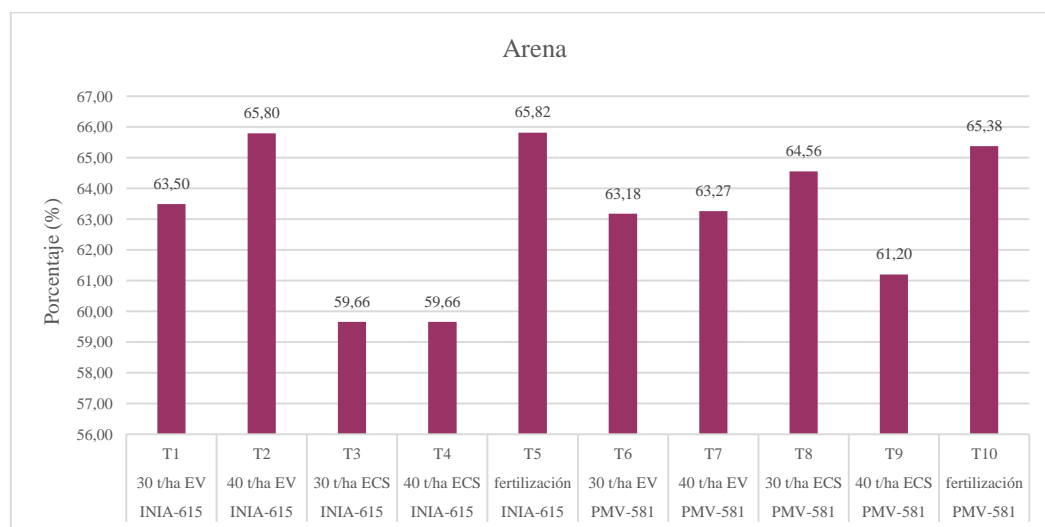
Nivel de abonamiento (t/ha) Híbrido	Tratamientos	Orden de mérito	Media %	Significancia
Fertilización, INIA-615	T5	1	65,82	A
40 EV, INIA-615	T2	2	65,80	A
Fertilización, PMV-581	T10	3	65,38	A
30 ECS, PMV-581	T8	4	64,56	A B
30 EV, INIA-615	T1	5	63,50	A B
40 EV, PMV-581	T7	6	63,27	A B
30 EV, PMV-581	T6	7	63,18	A B
40 ECS, PMV-581	T9	8	61,20	A B
30 ECS, INIA-615	T3	9	59,66	B
40 ECS, INIA-615	T4	10	59,66	B

Nota. Fertilización: 200 N - 150 P₂O₅ - 120 K₂O, EV: Estiércol de vacuno, ECS: Estiércol de camélido sudamericano

El test de Duncan, al 5 %, en la tabla 15, muestra que no existe diferencias estadísticas entre los ocho primeros tratamientos T5, T2, T10, T8, T1, T7, T6 y T9, los que alcanzaron porcentajes 65,82; 65,80; 65,38; 64,56; 63,50; 63,27; 63,18 y 61,20 %, pero que el tratamiento T5 (Fertilización, INIA-615) supera a los demás T3 y T4; además, no hay diferencias estadísticas entre estos tratamientos T8, T1, T7, T6, T9, T3 y T4.

Figura 3

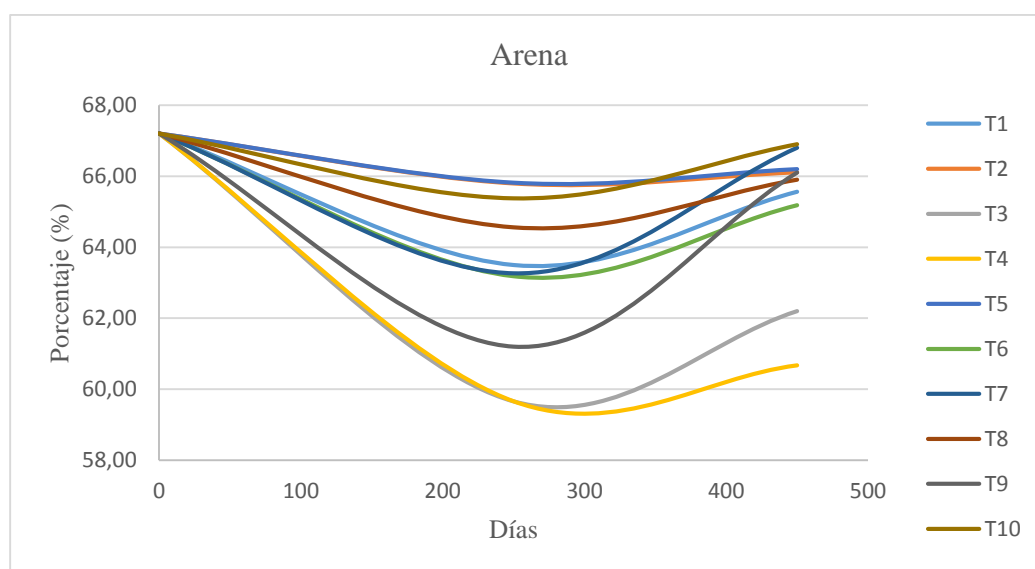
Porcentaje de arena (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019



Según la figura 3, se puede observar la comparación de las medias para el porcentaje de arena del suelo donde se cultivó dos híbridos de maíz morado, el T5 con el híbrido INIA-615 con aplicaciones de fertilizantes químicos (200 N - 150 P₂O₅ - 120 K₂O) fue superior a los demás tratamientos.

Figura 4

Efecto de la aplicación de materia orgánica en el porcentaje de Arena del suelo en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019



Los efectos de la aplicación de la materia orgánica y fertilizante químico en el porcentaje de arena en el suelo se observan en la figura 4, donde muestra el resultado a los 0 (cero), 250 y 450 días.

b. Arcilla (%). Según la tabla 16 del análisis de varianza de los resultados del porcentaje de arcilla del suelo, no se encontró significación estadística para bloques [$F_{c(g1:9/27)} = 1,53 < F_{0,05}; (g1:9/27) = 2,96$], es decir, hay homogeneidad entre bloques. Sin embargo, se observa que hay significancia estadística para tratamientos [$F_{c(g1:9/27)} = 3,46 > F_{0,05}; (g1:9/27) = 2,25$] con materia orgánica, es señal de hay diferencias entre los promedios de los tratamientos. El coeficiente de variabilidad es de 24,89 % significa que es aceptable y confiable para las condiciones de campo.

Para calcular las diferencias entre las medias entre los tratamientos, se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 %.

Tabla 16

Análisis de varianza para la arcilla (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

F/V	GL	SC	CM	Fc	F α		Sign.
					0,05	0,01	
Tratamiento	9	193,463	21,496	3,46	2,25	3,15	**
Bloques	3	28,540	9,513	1,53	2,96	4,60	NS
Error	27	167,987	6,222				
Total	39	389,990					

C.V. = 24,89 %

Nota. F/V: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, SM: Suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, Fc: F calculada, F α : F tabular, NS: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

Tabla 17

Test de Duncan al 5 % para la arcilla (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

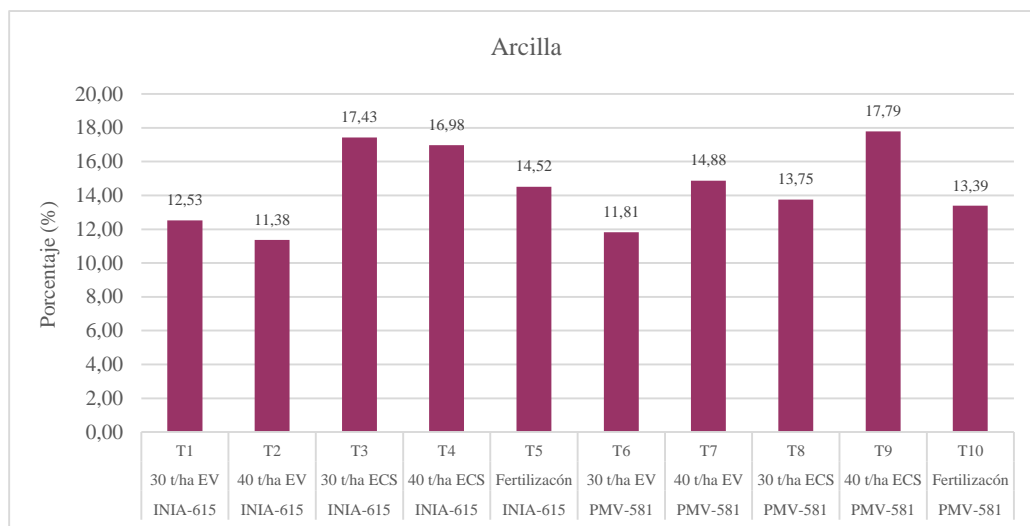
Nivel de abonamiento (t/ha) Híbrido	Tratamientos	Orden de mérito	Promedio %	Significancia	
40 ECS, PMV-581	T9	9	17,79	A	
30 ECS, INIA-615	T3	3	17,43	A	B
40 ECS, INIA-615	T4	4	16,98	A	B
40 EV, PMV-581	T7	7	14,88	A	B C
Fertilización, INIA-615	T5	5	14,52	A	B C
30 ECS, PMV-581	T8	8	13,75	A	B C
Fertilización, PMV-581	T10	10	13,39		B C
30 EV, INIA-615	T1	1	12,53		C
30 EV, PMV-581	T6	6	11,81		C
40 EV, INIA-615	T2	2	11,38		C

Nota. Fertilización: 200 N - 150 P₂O₅ - 120 K₂O, EV: Estiércol de vacuno, ECS: Estiércol de camélido sudamericano

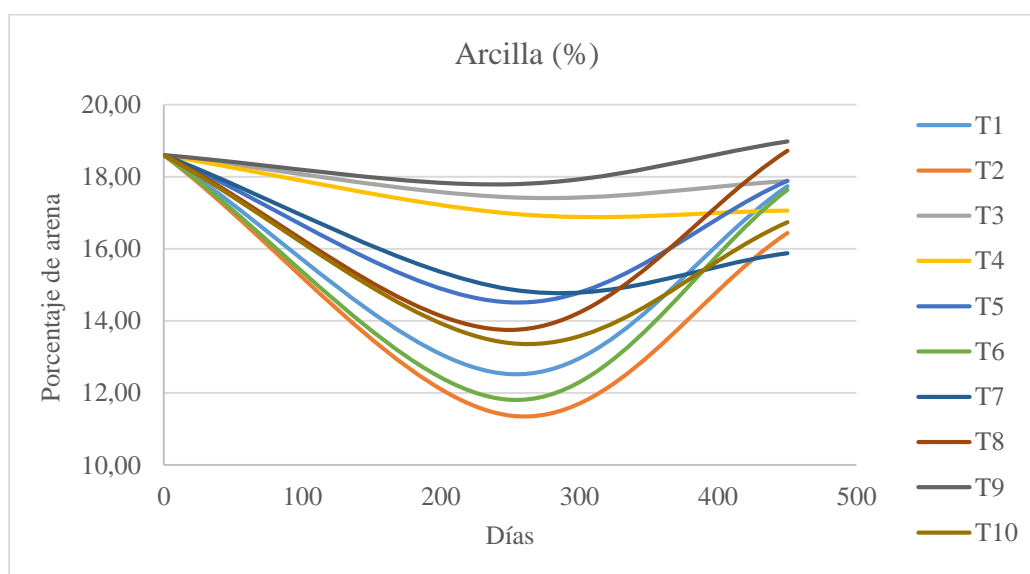
El test de Duncan, al 5 %, en la tabla 17, muestra que no existe diferencias estadísticas entre los seis primeros tratamientos T9, T3, T4, T7, T5 y T8, los que alcanzaron porcentajes 17,79; 17,43; 16,98; 14,88; 14,52 y 13,75 %, pero que el tratamiento T9 con el híbrido PMV-581 y con aplicaciones de 40 t/ha de estiércol de camélido sudamericano supera a los demás tratamientos T10, T1, T6 y T2; además, no hay diferencias estadísticas entre estos tratamientos T3, T4, T7, T5, T8 y T10; finalmente, decimos que no hay diferencias estadísticas entre los siete últimos tratamientos.

Figura 5

Porcentaje de arcilla (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

**Figura 6**

Efecto de la aplicación de materia orgánica en el porcentaje de Arcilla (%) del suelo en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019



Según la figura 5, se puede observar la comparación de las medias del porcentaje de arcilla, donde T9 (17,79 %) con el híbrido PMV-581 y con aplicaciones de 40 t/ha de estiércol de camélido sudamericano es superior a los demás tratamientos.

Así mismo, se muestra la figura 6, donde se observa el efecto de la aplicación de la materia orgánica y fertilizante químico en el porcentaje de arcilla en el suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días.

c. Limo (%). Según la tabla 18 del análisis de varianza de los resultados del porcentaje de limo del suelo, no existe significación estadística para bloques [$F_{c(g1:9/27)} = 1,80 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,96$], es decir, hay homogeneidad entre bloques. Sin embargo, se observa que hay significancia estadística para tratamientos [$F_{c(g1:9/27)} = 2,32 > F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,25$] con materia orgánica, es señal de hay diferencias entre los promedios de los tratamientos. El coeficiente de variabilidad es de 10,77 % significa que es aceptable y confiable para las condiciones de campo.

Para calcular las diferencias entre las medias entre los tratamientos, se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 %.

Tabla 18

Análisis de varianza del limo (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

F/V	GL	SC	CM	Fc	F α		Sign.
					0,05	0,01	
Tratamiento	9	119,865	13,318	2,32	2,25	3,15	*
Bloques	3	31,001	10,334	1,80	2,96	4,60	NS
Error	27	155,175	5,747				
Total	39	306,041					
C.V. = 24,89 %							

Nota. F/V: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, SM: Suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, Fc: F calculada, F α : F tabular, NS: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

El test de Duncan, al 5 %, en tabla 19, muestra que no existe diferencias estadísticas entre los seis primeros tratamientos T6, T1, T4, T3, T2 y T7, los que alcanzaron porcentajes 25,26; 24,15; 23,61; 22,91; 22,64 y 22,36 %, pero que el tratamiento T6 con el híbrido PMV-581 y con aplicaciones de 30 t/ha de estiércol de vacuno supera a los tratamientos T8, T10, T9 y T5; además, no hay diferencias

estadísticas entre estos tratamientos T1, T4, T3, T2, T7, T8, T10, T9 y T5. Finalmente, decimos que no hay diferencias estadísticas entre los ocho últimos tratamientos.

Tabla 19

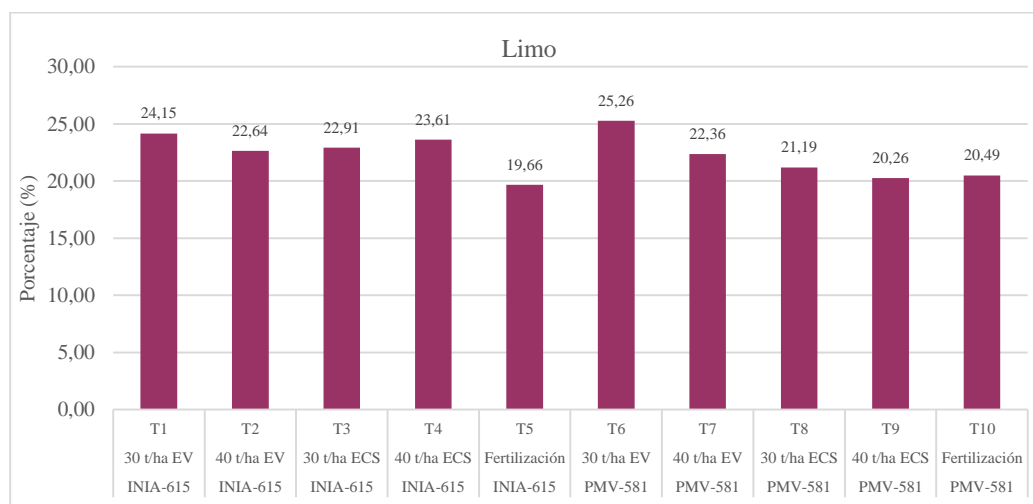
Test de Duncan al 5 % para el limo (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

Nivel de abonamiento (t/ha) Híbrido	Tratamientos	Orden de mérito	Promedio %	Significancia		
30 EV, PMV-581	T6	6	25,26	A		
30 EV, INIA-615	T1	1	24,15	A	B	
40 ECS, INIA-615	T4	4	23,61	A	B	C
30 ECS, INIA-615	T3	3	22,91	A	B	C
40 EV, INIA-615	T2	2	22,64	A	B	C
40 EV, PMV-581	T7	7	22,36	A	B	C
30 ECS, PMV-581	T8	8	21,19		B	C
Fertilización, PMV-581	T10	10	20,49		B	C
40 ECS, PMV-581	T9	9	20,26		B	C
Fertilización, INIA-615	T5	5	19,66			C

Nota. Fertilización: 200 N - 150 P₂O₅ - 120 K₂O, EV: Estiércol de vacuno, ECS: Estiércol de camélido sudamericano

Figura 7

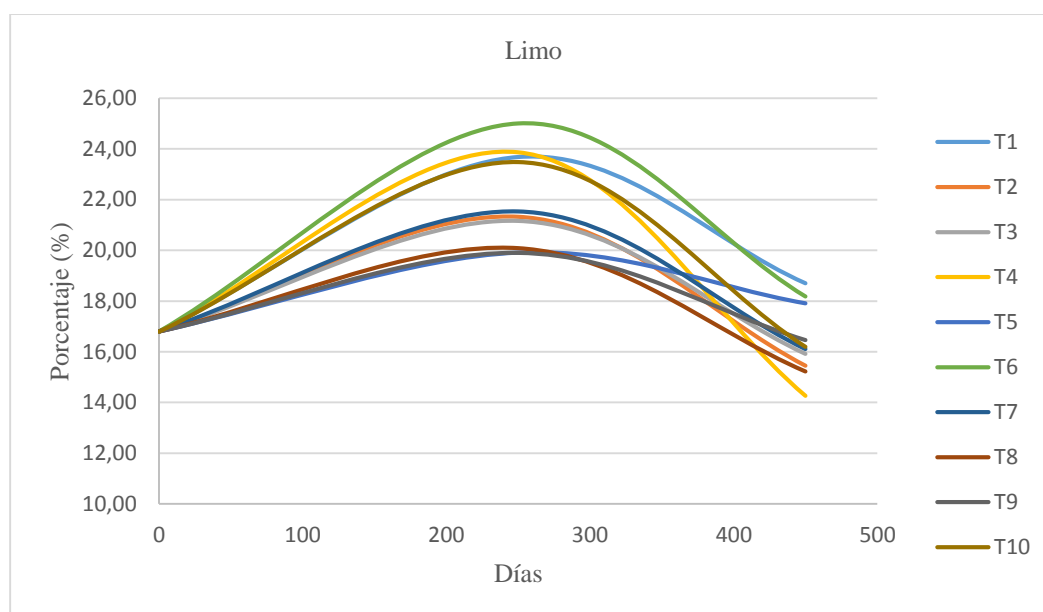
Porcentaje de limo (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019



Según la figura 7, se puede observar la comparación de las medias del porcentaje de limo donde T6 (25,26%) con el híbrido PMV-581 y con aplicaciones de 30 t/ha de estiércol de vacuno es superior a los demás tratamientos.

Figura 8

Efecto de la aplicación de materia orgánica en el porcentaje de limo del suelo en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019



Así mismo, se presenta la figura 8, donde se observa el efecto de la aplicación de la materia orgánica y fertilizante químico en el porcentaje de limo en el suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días.

4.1.2. Capacidad de campo CC (%)

En la tabla 20 del análisis de varianza de los resultados de la capacidad de campo (%) del suelo, no se encontró significación estadística para bloques [$F_{C(g1:9/27)} = 2,25 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,96$], es decir, hay homogeneidad entre bloques. Sin embargo, se observa que hay significancia estadística para tratamientos [$F_{C(g1:9/27)} = 2,36 > F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,25$] con materia orgánica, es señal de hay diferencias entre los promedios de los tratamientos. El coeficiente de variabilidad es de 3,95 %, significa que es aceptable y confiable para las condiciones de campo.

Para calcular las diferencias entre las medias entre los tratamientos, se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 %.

Tabla 20

Análisis de varianza para la capacidad de campo (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

F/V	GL	SC	CM	Fc	F α		Sign.
					0,05	0,01	
Tratamiento	9	8,719	0,969	2,360	2,25	3,15	*
Bloques	3	2,776	0,925	2,254	2,96	4,60	NS
Error	27	11,086	0,411				
Total	39	22,582					

C.V. = 3,95 %

Nota. F/V: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, SM: Suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, Fc: F calculada, F α : F tabular, NS: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

Tabla 21

Test de Duncan al 5 % para la capacidad de campo (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

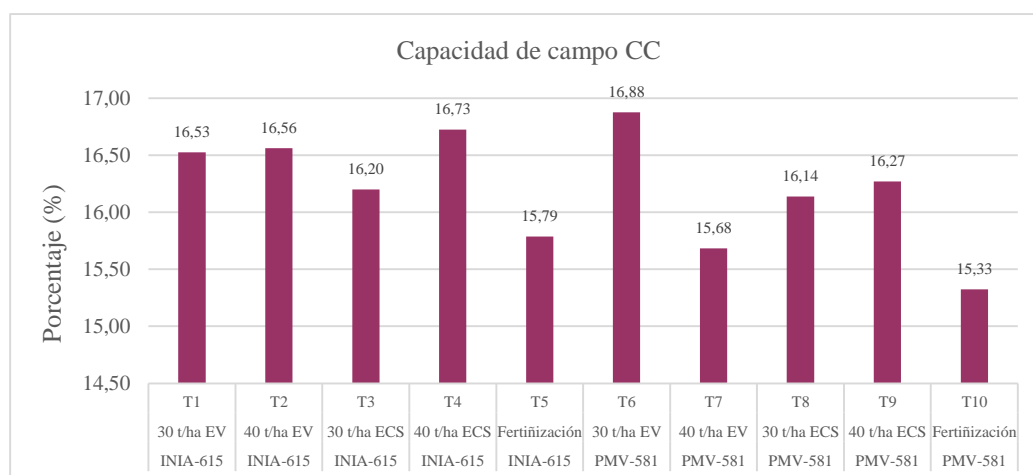
Nivel de abonamiento (t/ha) Híbrido	Tratamientos	Orden de mérito	Promedio (%)	Significancia		
30 EV, PMV-581	T6	1	16,88	A		
40 ECS, INIA-615	T4	2	16,73	A	B	
40 EV, INIA-615	T2	3	16,56	A	B	
30 EV, INIA-615	T1	4	16,53	A	B	
40 ECS, PMV-581	T9	5	16,27	A	B	C
30 ECS, INIA-615	T3	6	16,20	A	B	C
30 ECS, PMV-581	T8	7	16,14	A	B	C
Fertilización, INIA-615	T5	8	15,79		B	C
40 EV, PMV-581	T7	9	15,68		B	C
Fertilización, PMV-581	T10	10	15,33			C

Nota. Fertilización: 200 N - 150 P₂O₅ - 120 K₂O, EV: Estiércol de vacuno, ECS: Estiércol de camélido sudamericano

El test de Duncan, al 5 %, en la tabla 21, muestra que no existe diferencias estadísticas entre los siete primeros tratamientos T6, T4, T2, T1, T9, T3 y T8, los que alcanzaron porcentajes 16,88; 16,73; 16,56; 16,53; 16,27; 16,20 y 16,14 %, pero que el tratamiento T6 con el híbrido PMV-581 y con aplicaciones de 30 t/ha de estiércol de vacuno supera a los tratamientos T5, T7 y T10; además, no hay diferencias estadísticas entre estos tratamientos T4, T2, T1, T9, T3, T8, T5 y T7. Finalmente, decimos que no hay diferencias estadísticas entre los seis últimos tratamientos.

Figura 9

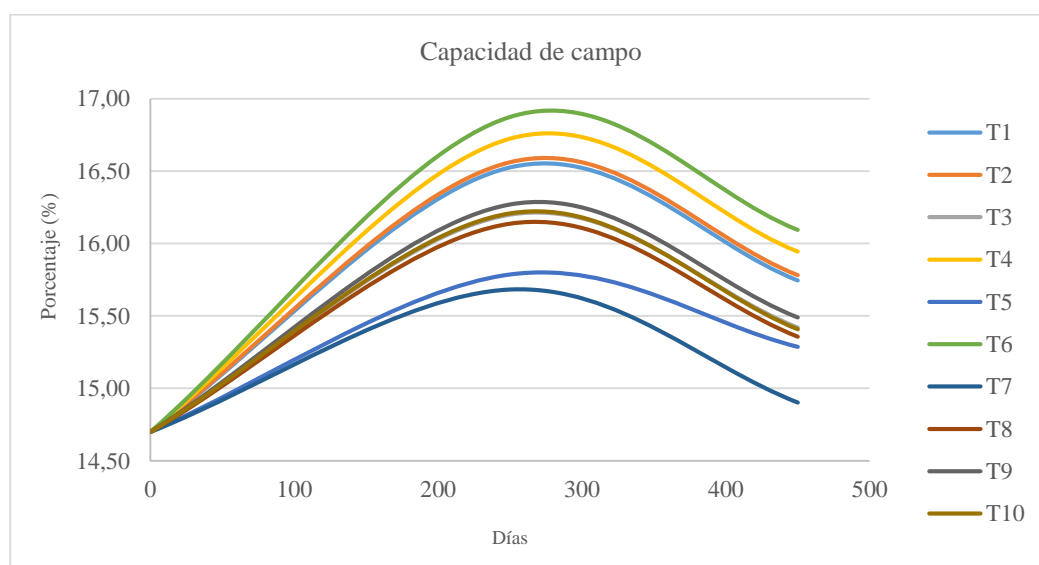
Capacidad de campo (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019



Según la figura 9, se puede observar la comparación de las medias del porcentaje de limo, donde T6 (16,88%) con el híbrido PMV-581 y con aplicaciones de 30 t/ha de estiércol de vacuno es superior a los demás tratamientos.

Figura 10

Efecto de la aplicación de materia orgánica en la capacidad de campo del suelo en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019



Así mismo, se presenta la figura 10, donde se observa el efecto de la aplicación de la materia orgánica y fertilizante químico en el porcentaje de la capacidad de campo en el suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días.

4.1.3. Punto de marchites permanente PMP (%)

En la tabla 22 del análisis de varianza de los resultados del punto de marchites permanentes (%) del suelo, no se encontró significación estadística para bloques [$F_{c(gl:9/27)} = 2,11 < F_{0,05; (gl:9/27)} = 2,96$], es decir, hay homogeneidad entre bloques. Sin embargo, se observa que hay significancia estadística para tratamientos [$F_{c(gl:9/27)} = 2,37 > F_{0,05; (gl:9/27)} = 2,25$] con materia orgánica, es señal de la existencia de diferencias entre los promedios de los tratamientos.

El coeficiente de variabilidad es de 5,65 %, significa que es aceptable y confiable para las condiciones de campo.

Para calcular las diferencias entre las medias entre los tratamientos, se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 %.

Tabla 22

Análisis de varianza para el punto de marchites permanente (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

F/V	GL	SC	CM	Fc	F α		Sign.
					0,05	0,01	
Tratamiento	9	3,015	0,333	2,37	2,25	3,15	*
Bloques	3	0,895	0,298	2,11	2,96	4,60	NS
Error	27	3,810	0,140				
Total	39	7,720					

C.V. = 5,65 %

Nota. F/V: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, SM: Suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, Fc: F calculada, F α : F tabular, NS: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

El test de Duncan, al 5 %, en la tabla 21, muestra que no existe diferencias estadísticas entre los siete primeros tratamientos T6, T4, T2, T1, T9, T3 y T8, los que alcanzaron porcentajes 7,04; 6,95; 6,85; 6,83; 6,68; 6,64 y 6,60 %; pero, el tratamiento T6 (7,04 %) con el híbrido PMV-581 y con aplicaciones de 30 t/ha de estiércol de vacuno

supera a los tratamientos T5, T7 y T10; además, no hay diferencias entre estos tratamientos T4, T2, T1, T9, T3, T8, T5 y T7. Finalmente, decimos que no hay diferencias estadísticas entre los seis últimos tratamientos.

Tabla 23

Test de Duncan al 5 % el punto de marchites permanente (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

Nivel de abonamiento (t/ha) Híbrido	Tratamientos	Orden de mérito	Promedio (%)	Significancia		
30 EV, PMV-581	T6	1	7,04	A		
40 ECS, INIA-615	T4	2	6,95	A	B	
40 EV, INIA-615	T2	3	6,85	A	B	
30 EV, INIA-615	T1	4	6,83	A	B	
40 ECS, PMV-581	T9	5	6,68	A	B	C
30 ECS, INIA-615	T3	6	6,64	A	B	C
30 ECS, PMV-581	T8	7	6,60	A	B	C
Fertilización, INIA-615	T5	8	6,44		B	C
40 EV, PMV-581	T7	9	6,33		B	C
Fertilización, PMV-581	T10	10	6,12			C

Nota. Fertilización: 200 N - 150 P₂O₅ - 120 K₂O, EV: Estiércol de vacuno, ECS: Estiércol de camélido sudamericano

Figura 11

Punto de marchites permanente (%) del suelo aplicado de abonos orgánicos en el cultivo dos híbridos de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

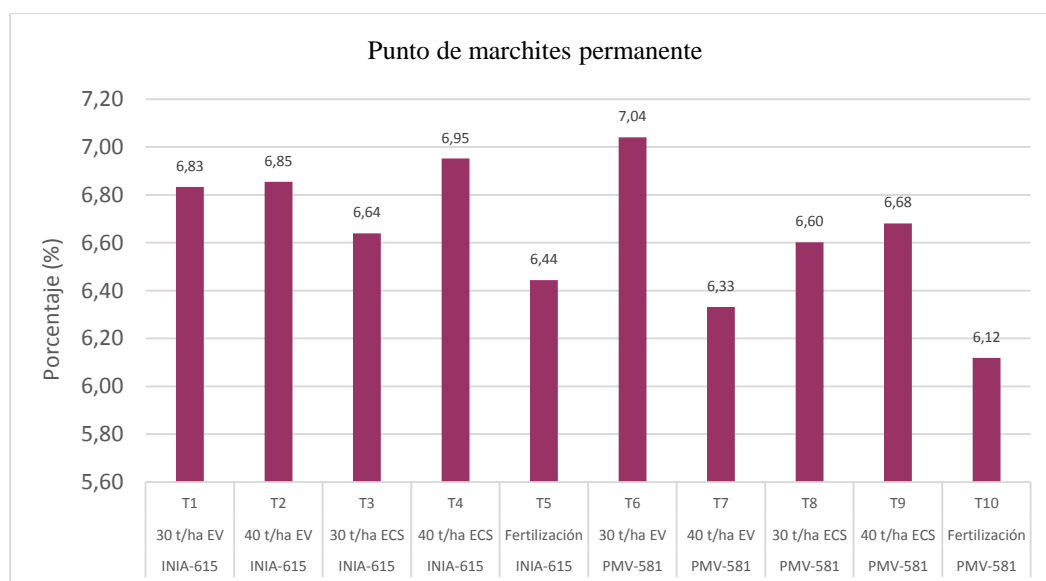
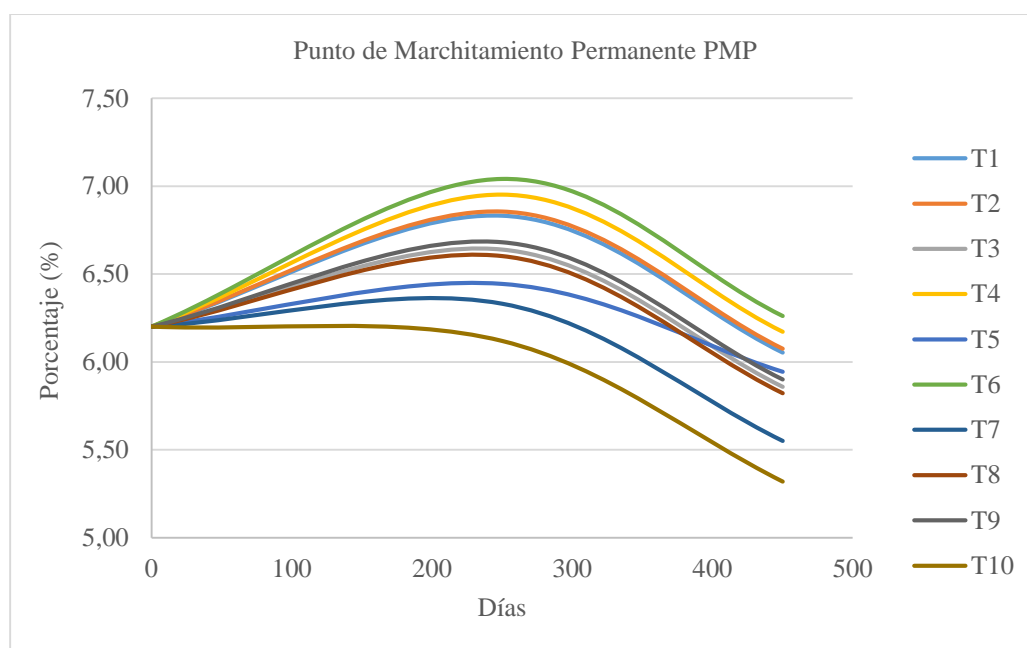


Figura 12

Efecto de la aplicación de materia orgánica en el punto de marchites permanente (%) del suelo con cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019



Según la figura 11, se puede observar la comparación de las medias del porcentaje del punto de marchites permanente del suelo T6 (7,04 %) con el híbrido PMV-581 y con aplicaciones de 30 t/ha de estiércol de vacuno es superior a los demás tratamientos.

Así mismo, se presenta la figura 12, donde se observa el efecto de la aplicación de la materia orgánica y fertilizante químico en el porcentaje de la capacidad de campo en el suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días.

4.1.4. Densidad aparente D_a ($g\ cm^{-3}$)

En la tabla 24 del análisis de varianza de los resultados de la densidad aparente ($g\ cm^{-3}$) del suelo, no se encontró significación estadística para bloques [$F_{c(g1:9/27)} = 1,28 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,96$], es decir, hay homogeneidad entre bloques. Sin embargo, se observa que hay significancia estadística para tratamientos [$F_{c(g1:9/27)} = 2,64 > F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,25$] con materia orgánica, es señal de la existencia de diferencias entre los promedios de los

tratamientos. El coeficiente de variabilidad es de 2,50 %, significa que es aceptable y confiable para las condiciones de campo.

Para calcular las diferencias entre las medias entre los tratamientos, se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 %.

Tabla 24

Análisis de varianza para la densidad aparente (g cm^{-3}) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

F/V	GL	SC	CM	Fc	F α		Sign.
					0,05	0,01	
Tratamiento	9	0,033	0,004	2,639	2,25	3,15	*
Bloques	3	0,005	0,002	1,279	2,96	4,60	NS
Error	27	0,038	0,001				
Total	39	0,007					

C.V. = 2,50 %

Nota. F/V: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, SM: Suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, Fc: F calculada, F α : F tabular, NS: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

Tabla 25

Test de Duncan al 5 % para la densidad aparente (g/cm^3) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

Nivel de abonamiento (t/ha) Híbrido	Tratamientos	Orden de mérito	Media (g/cm^3)	Significancia		
40 EV, PMV-581	T7	1	1,56	A		
40 EV, INIA-615	T2	2	1,54	A	B	
Fertilización, INIA-615	T5	3	1,53	A	B	
30 EV, INIA-615	T1	4	1,51	A	B	C
40 ECS, INIA-615	T4	5	1,50	A	B	C
Fertilización, PMV-581	T10	6	1,49		B	C
30 ECS, INIA-615	T3	7	1,48		B	C
30 ECS, PMV-581	T8	8	1,48		B	C
30 EV, PMV-581	T6	9	1,48		B	C
40 ECS, PMV-581	T9	10	1,46			C

Nota. Fertilización: 200 N - 150 P₂O₅ - 120 K₂O, EV: Estiércol de vacuno, ECS: Estiércol de camélido sudamericano

El test de Duncan, al 5 %, en la tabla 25, muestra que no existe diferencias estadísticas entre los cinco primeros tratamientos T7, T2, T5, T1 y T4, los que alcanzaron los siguientes valores 1,56; 1,54; 1,53; 1,51 y 1,50 g cm⁻³; sin embargo, el tratamiento T7 (1,56 g cm⁻³) con el híbrido PMV-581 y con aplicaciones de 40 t/ha de estiércol de vacuno supera a los tratamientos T5, T7 y T10; además, no hay diferencias entre estos tratamientos T10, T3, T8, T6 y T9. Finalmente, decimos que no hay diferencias estadísticas entre los siete últimos tratamientos.

Según la figura 13, se puede observar la comparación de las medias de las densidades aparentes del suelo, donde el T7 (1,56 g cm⁻³) con el híbrido PMV-581 y con aplicaciones de 40 t/ha de estiércol de vacuno es superior a los demás tratamientos.

Así mismo, se presenta la figura 14, donde se observa el efecto de la aplicación de la materia orgánica y fertilizante químico sobre la densidad aparente en el suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días.

Figura 13

Densidad aparente (g cm⁻³) del suelo con aplicado de diferentes abonos orgánicos con cultivó de dos híbridos de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

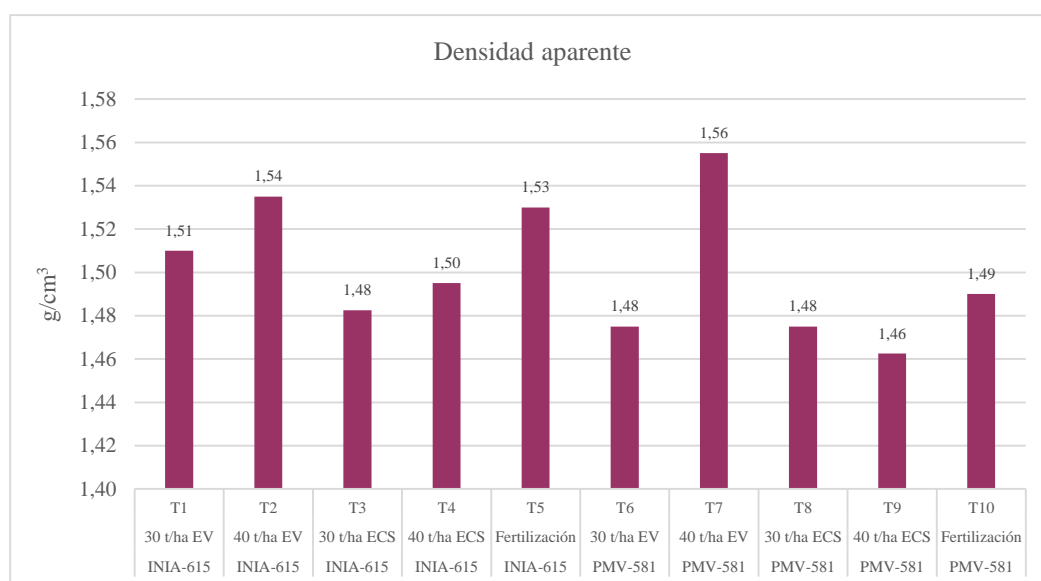
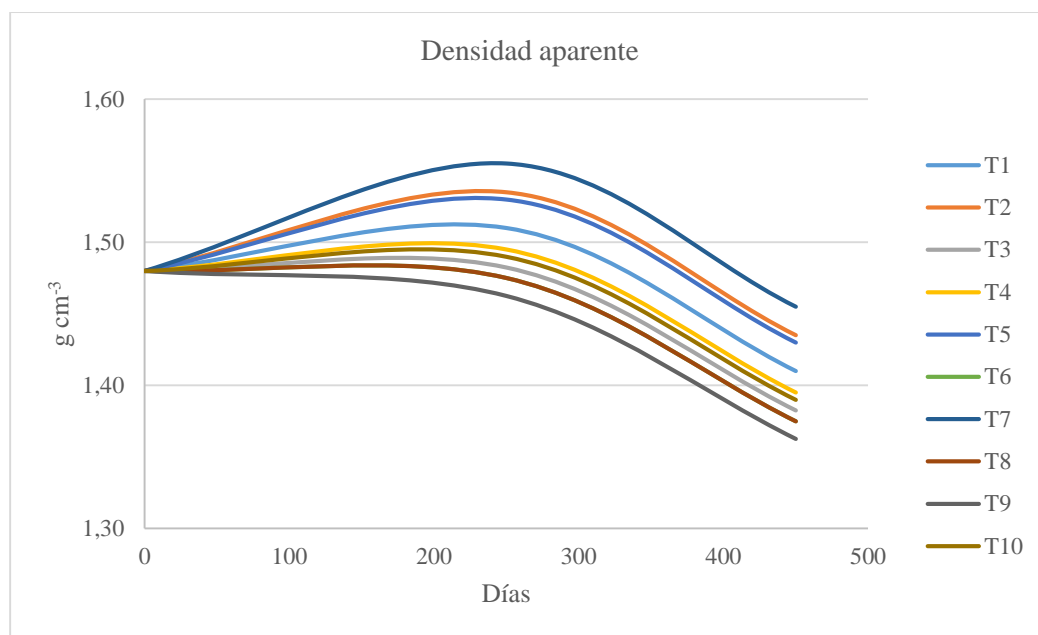


Figura 14

Efecto de la aplicación de diferentes abonos orgánicos en la densidad aparente, donde se cultivó dos híbridos de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019



4.2. EFECTO DE LA APLICACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SUELO CON CULTIVO DE MAÍZ MORADO (*Zea mays L.*)

4.2.1. pH del suelo

La tabla 26 del análisis de varianza de los resultados del pH del suelo no se encontró significación estadística para bloques [$F_{C(g1:9/27)} = 1,91 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,96$], es decir, hay homogeneidad entre bloques. Sin embargo, se observa que hay significancia estadística para tratamientos [$F_{C(g1:9/27)} = 2,99 > F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,25$] con materia orgánica, es señal de la existencia de diferencias entre los promedios de los tratamientos. El coeficiente de variabilidad es de 13,43 % significa que es aceptable y confiable para las condiciones de campo.

Para calcular las diferencias entre las medias entre los tratamientos, se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 %.

Tabla 26

Análisis de varianza para el pH del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz. Fundo los Pichones - Tacna 2019

F/V	GL	SC	CM	Fc	F α		Sign.
					0,05	0,01	
Tratamiento	9	12,926	1,436	2,997	2,25	3,15	*
Bloques	3	2,742	0,914	1,907	2,96	4,60	NS
Error	27	12,939	0,479				
Total	39	28,607					

C.V. = 13,43 %

Nota. F/V: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, SM: Suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, Fc: F calculada, F α : F tabular, NS: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

El test de Duncan, al 5 %, en la tabla 27, muestra que no existe diferencias estadísticas entre los cinco primeros tratamientos T1, T3, T6, T9 y T2, los que alcanzaron los siguientes valores 6,36; 5,68; 5,49; 5,33 y 5,26; sin embargo, el tratamiento T7 (6,36), con el híbrido INIA-615 y con aplicaciones de 30 t/ha de estiércol de vacuno supera a los tratamientos T4, T7, T8, T5 y T10; además, no hay diferencias entre estos tratamientos T3, T6, T9, T2, T4, T7, T8 y T5. Finalmente, decimos que no hay diferencias estadísticas entre los ocho últimos tratamientos.

Tabla 27

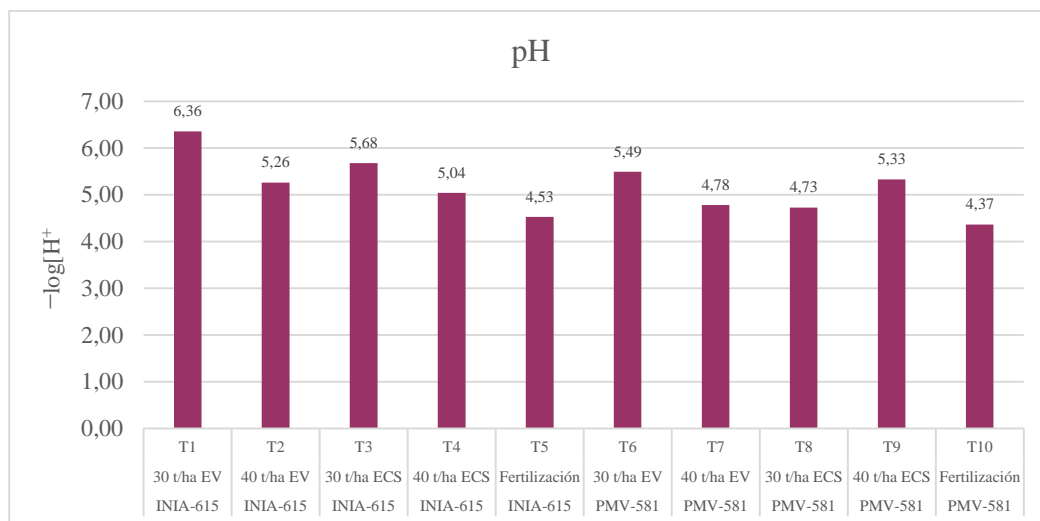
Test de Duncan al 5 % para el pH del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones - Tacna 2019

Nivel de abonamiento (t/ha) Híbrido	Tratamientos	Orden de mérito	Media	Significancia		
30 EV, INIA-615	T1	9	6,36	A		
30 ECS, INIA-615	T3	6	5,68	A	B	
30 EV, PMV-581	T6	10	5,49	A	B	C
40 ECS, PMV-581	T9	5	5,33	A	B	C
40 EV, INIA-615	T2	4	5,26	A	B	C
40 ECS, INIA-615	T4	1	5,04		B	C
40 EV, PMV-581	T7	8	4,78		B	C
30 ECS, PMV-581	T8	2	4,73		B	C
Fertilización, INIA-615	T5	7	4,53		B	C
Fertilización, PMV-581	T10	3	4,37			C

Nota. Fertilización: 200 N - 150 P₂O₅ - 120 K₂O, EV: Estiércol de vacuno, ECS: Estiércol de camélido sudamericano

Figura 15

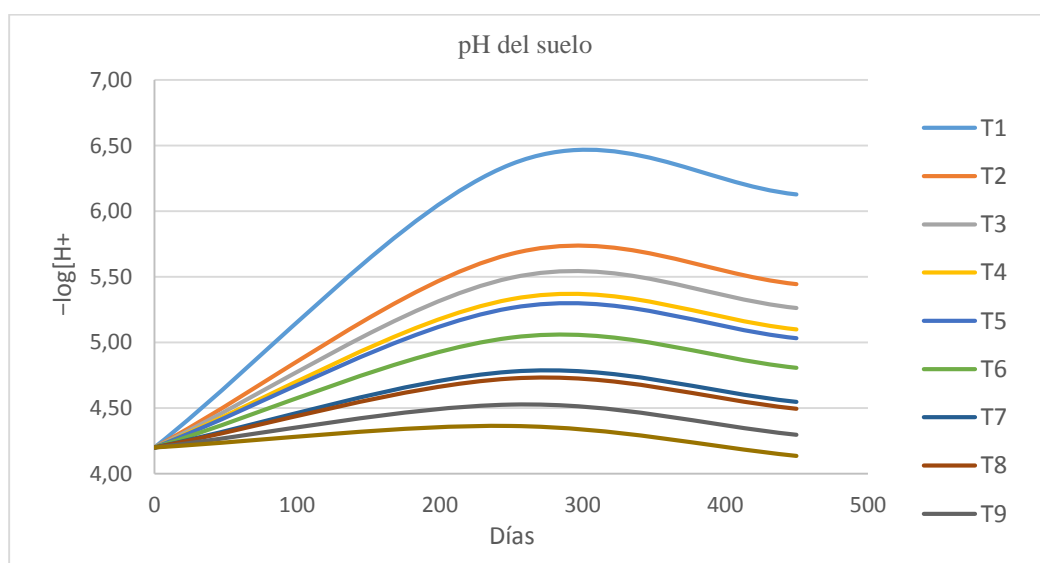
pH del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019



Según la figura 15, se puede observar la comparación de las medias del pH del suelo, donde el T1 (6,36) con el híbrido INIA-615 y con aplicaciones de 30 t/ha de estiércol de vacuno es superior a los demás tratamientos.

Figura 16

Efecto de la aplicación de materia orgánica sobre el pH del suelo en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019



Así mismo, se presenta la figura 16, donde se observa el efecto de la aplicación de la materia orgánica y fertilizante químico en el pH del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días.

4.2.2. *Materia orgánica (%)*

La tabla 28 del análisis de varianza de los resultados para la materia orgánica (%) del suelo del suelo no se encontró significación estadística para bloques [$F_{c(g1:9/27)} = 0,22 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,96$], es decir, hay homogeneidad entre bloques. Sin embargo, se observa que hay significancia estadística para tratamientos [$F_{c(g1:9/27)} = 2,32 > F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,25$] con materia orgánica, es señal de la existencia de diferencias estadísticas entre los promedios de los tratamientos. El coeficiente de variabilidad es de 28,59 %, significa que es aceptable y confiable para las condiciones de campo.

Para calcular las diferencias entre las medias entre los tratamientos, se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 %.

Tabla 28

Análisis de varianza para la materia orgánica (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

F/V	GL	SC	CM	Fc	F α		Sign.
					0,05	0,01	
Tratamiento	9	20,052	2,228	2,317	2,25	3,15	*
Bloques	3	0,633	0,211	0,219	2,96	4,60	NS
Error	27	25,958	0,961				
Total	39	46,643					

C.V. = 28,59 %

Nota. F/V: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, SM: Suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, Fc: F calculada, F α : F tabular, NS: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

El test de Duncan, al 5 %, en la tabla 29, muestra que no existe diferencias estadísticas entre los cinco primeros tratamientos T2, T7, T3, T4, T8, T9, T1 y T6, los que alcanzaron los siguientes valores 4,61; 3,94; 3,88; 3,74; 3,56; 3,53; 3,39 y 3,21 %; sin embargo, el tratamiento T2 (4,61 %), con el híbrido INIA-615 y con aplicaciones de 40 t/ha de estiércol de vacuno supera a los tratamientos T5 y T10. Además, no hay

diferencias entre estos tratamientos T7, T3, T4, T8, T9, T1, T6 y T5. Finalmente, decimos que no hay diferencias estadísticas entre los seis últimos tratamientos.

Tabla 29

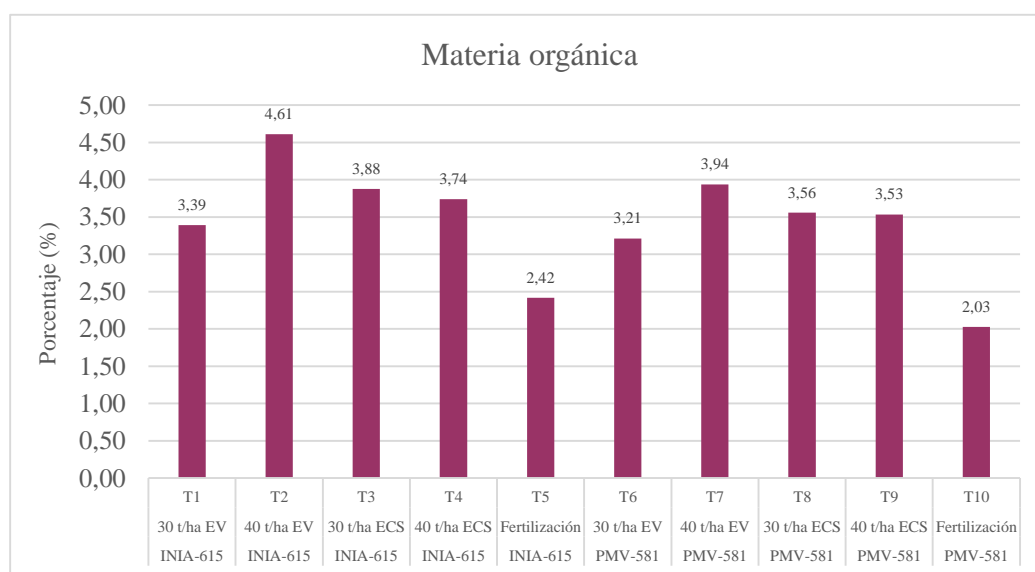
Test de Duncan al 5 % para la materia orgánica (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

Nivel de abonamiento (t/ha) Híbrido	Tratamientos	Orden de mérito	Media (%)	Significancia		
40 EV, INIA-615	T2	4	4,61	A		
40 EV, PMV-581	T7	8	3,94	A	B	
30 ECS, INIA-615	T3	6	3,88	A	B	
40 ECS, INIA-615	T4	1	3,74	A	B	
30 ECS, PMV-581	T8	2	3,56	A	B	C
40 ECS, PMV-581	T9	5	3,53	A	B	C
30 EV, INIA-615	T1	9	3,39	A	B	C
30 EV, PMV-581	T6	10	3,21	A	B	C
Fertilización, INIA-615	T5	7	2,42		B	C
Fertilización, PMV-581	T10	3	2,03			C

Nota. Fertilización: 200 N - 150 P₂O₅ - 120 K₂O, EV: Estiércol de vacuno, ECS: Estiércol de camélido sudamericano

Figura 17

Porcentaje de materia orgánica (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

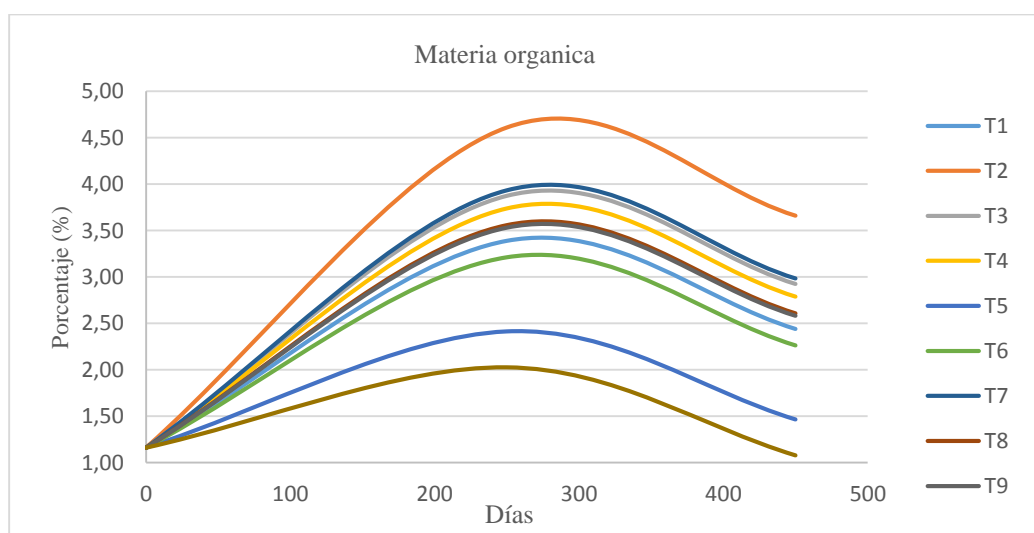


Según la figura 17, se puede observar la comparación de las medias del porcentaje de materia orgánica del suelo, donde el T2 (4,61 %) con el híbrido INIA-615 y con aplicaciones de 40 t/ha de estiércol de vacuno es superior a los demás tratamientos.

Así mismo, se presenta la figura 18, donde se observa el efecto de la aplicación de la materia orgánica y fertilizante químico en la materia orgánica del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días.

Figura 18

Efecto de la aplicación de materia orgánica en el porcentaje de materia orgánica (%) del suelo en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019



4.2.3. Conductividad eléctrica (mS/cm)

En la tabla 30 del análisis de varianza de los resultados de la conductividad eléctrica del suelo, no se encontró significación estadística para bloques [$F_{c(g1:9/27)} = 0,25 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,96$], es decir, hay homogeneidad entre bloques. Sin embargo, se observa que hay significancia estadística para tratamientos [$F_{c(g1:9/27)} = 2,74 > F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,25$] con materia orgánica, es señal de la existencia de diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos. El coeficiente de variabilidad es de 6,33 % significa que es aceptable y confiable para las condiciones de campo. Para calcular las diferencias entre las medias entre los tratamientos, se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 %.

Tabla 30

Análisis de varianza para la conductividad eléctrica (mS/cm) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

F/V	GL	SC	CM	Fc	F α		Sign.
					0,05	0,01	
Tratamiento	9	0,712	0,079	2,740	2,25	3,15	*
Bloques	3	0,022	0,007	0,248	2,96	4,60	NS
Error	27	0,780	0,029				
Total	39	1,514					

C.V. = 6,33 %

Nota. F/V: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, SM: Suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, Fc: F calculada, F α : F tabular, NS: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

Tabla 31

Test de Duncan al 5 % para la conductividad eléctrica (mS/cm) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

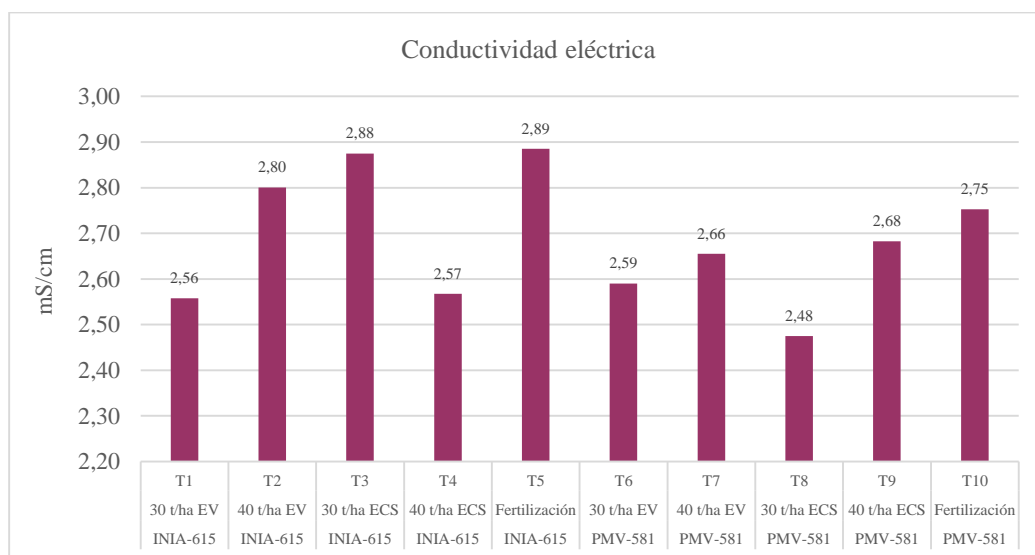
Nivel de abonamiento (t/ha) Híbrido	Tratamientos	Orden de mérito	Media (mS/cm)	Significancia		
Fertilización, INIA-615	T5	1	2,89	A		
30 ECS, INIA-615	T3	2	2,88	A		
40 ECS, INIA-615	T2	3	2,80	A	B	
Fertilización, PMV-581	T10	4	2,75	A	B	C
40 ECS, PMV-581	T9	5	2,68	A	B	C
40 EV, PMV-581	T7	6	2,66		B	C
30 EV, PMV-581	T6	7	2,59		B	C
40 EV, INIA-615	T4	8	2,57		B	C
30 EV, INIA-615	T1	9	2,56		B	C
30 ECS, PMV-581	T8	10	2,48			C

Nota. Fertilización: 200 N - 150 P₂O₅ - 120 K₂O, EV: Estiércol de vacuno, ECS: Estiércol de camélido sudamericano

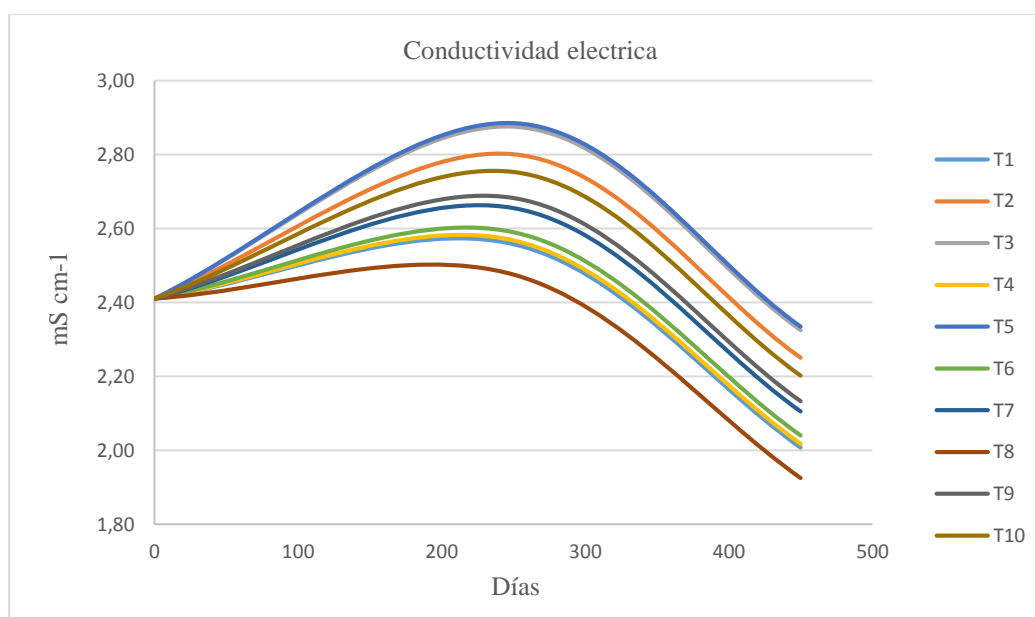
El test de Duncan, al 5 %, en la tabla 31, muestra que no existe diferencias estadísticas entre los cinco primeros tratamientos T5, T3, T2, T10 y T9, los que alcanzaron los siguientes valores 2,89; 2,88; 2,80; 2,75 y 2,68 mS/cm; sin embargo, el tratamiento T5 (2,89 mS/cm), con el híbrido INIA-615 y con aplicaciones de fertilizantes químicos (200 N - 150 P₂O₅ - 120 K₂O) supera a los tratamientos T7 T6, T4, T1 y T8; además, no hay diferencias entre estos tratamientos T2, T10, T9, T7, T6, T4, y T1. Finalmente, decimos que no hay diferencias estadísticas entre los siete últimos tratamientos.

Figura 19

Porcentaje de la conductividad eléctrica (mS/cm) en el suelo aplicado con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

**Figura 20**

Efecto de la aplicación de materia orgánica sobre la conductividad eléctrica (mS/cm) del suelo en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019



Según la figura 19, se puede observar la comparación de las medias de la conductividad eléctrica del suelo, donde el T5 (2,89 mS/cm), con el híbrido INIA-615 y con aplicaciones de fertilizantes químicos (200 N - 150 P₂O₅ - 120 K₂O) es superior a los demás tratamientos.

Así mismo, en la figura 20, donde se observa el efecto de la aplicación de la materia orgánica y fertilizante químico en la conductividad eléctrica del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días.

4.2.4. Capacidad de intercambio catiónico CIC (meq/100gs)

En la tabla 32 del análisis de varianza de los resultados de la capacidad de intercambio catiónico del suelo, no se encontró significación estadística para bloques [$F_{c(g1:9/27)} = 1,12 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,96$], es decir, hay homogeneidad entre bloques. Sin embargo, se observa que hay significancia estadística para tratamientos [$F_{c(g1:9/27)} = 2,37 > F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,25$] con materia orgánica, es señal de la existencia de diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos. El coeficiente de variabilidad es de 9,28 % significa que es aceptable y confiable para las condiciones de campo.

Para calcular las diferencias entre las medias entre los tratamientos, se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 %.

Tabla 32

Análisis de varianza para la capacidad de intercambio catiónico (meq/100gs) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

F/V	GL	SC	CM	Fc	F α		Sign.
					0,05	0,01	
Tratamiento	9	17,862	1,895	2,368	2,25	3,15	*
Bloques	3	2,807	0,936	1,116	2,96	4,60	NS
Error	27	22,632	0,838				
Total	39	43,301					
C.V. = 9,28 %							

Nota. F/V: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, SM: Suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, Fc: F calculada, F α : F tabular, NS: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

El test de Duncan, al 5 %, en la tabla 31, muestra que no existe diferencias estadísticas entre los seis primeros tratamientos T9, T5, T4, T1, T2 y T7, los que alcanzaron los siguientes valores 11,07; 10,94; 10,16; 9,95; 9,85 y 9,65 meq/100gs; sin embargo, el tratamiento T9 (11,07 meq/100gs), con el híbrido PMV-581 y con aplicaciones de estiércol de camélido sudamericano supera a los tratamientos T3 T6, T10, y T8; además, no hay diferencias entre estos tratamientos T5, T4, T1, T2, T7 y T3. Finalmente, decimos que no hay diferencias estadísticas entre los ocho últimos tratamientos.

Tabla 33

Test de Duncan al 5 % para la capacidad de intercambio catiónico (meq/100gs) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

Nivel de abonamiento (t/ha) Híbrido	Tratamientos	Orden de mérito	Media (meq/100g)	Significancia		
40 ECS, PMV-581	T9	1	11,07	A		
Fertilización, INIA-615	T5	2	10,94	A	B	
40 ECS, INIA-615	T4	3	10,16	A	B	C
30 EV, INIA-615	T1	4	9,95	A	B	C
40 EV, INIA-615	T2	5	9,85	A	B	C
40 EV, PMV-581	T7	6	9,65	A	B	C
30 ECS, INIA-615	T3	7	9,53		B	C
30 EV, PMV-581	T6	8	9,33			C
Fertilización, PMV-581	T10	9	9,25			C
30 ECS, PMV-581	T8	10	8,90			C

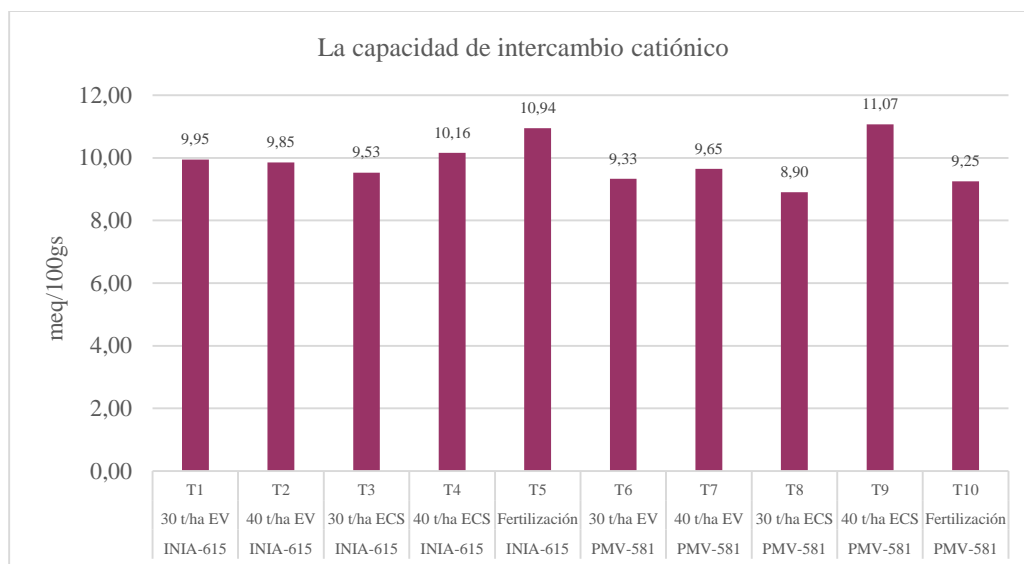
Nota. Fertilización: 200 N - 150 P₂O₅ - 120 K₂O, EV: Estiércol de vacuno, ECS: Estiércol de camélido sudamericano

Según la figura 21, se puede observar la comparación de las medias de la capacidad de intercambio catiónico del suelo, donde el T9 (11,07 meq/100gs), con el híbrido PMV-581 y con aplicaciones de estiércol de camélido sudamericano es superior a los demás tratamientos.

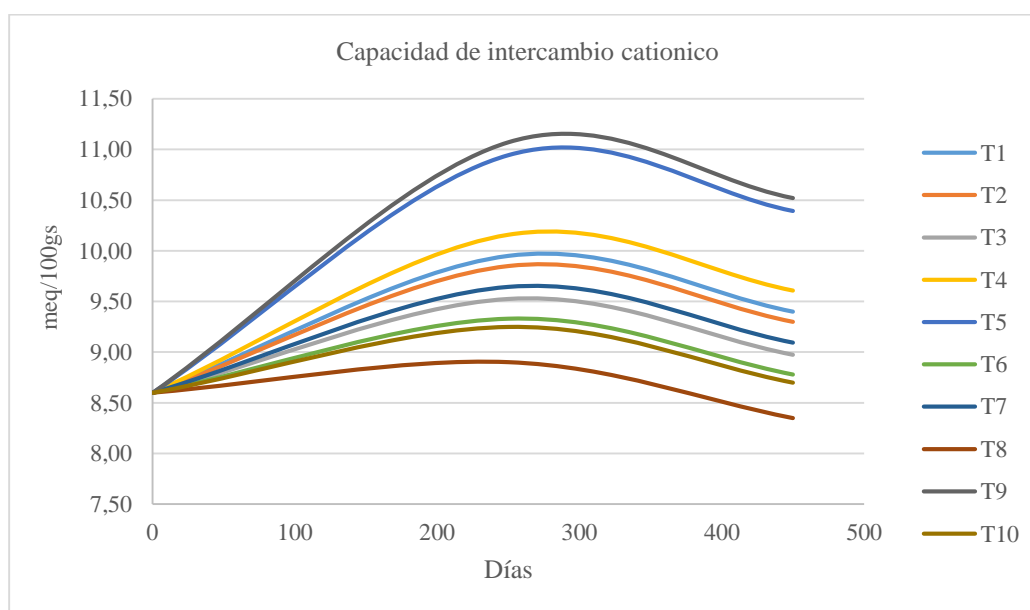
Así mismo, la figura 22 muestra el efecto de la aplicación de la materia orgánica en la capacidad de intercambio catiónico del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días.

Figura 21

La capacidad de intercambio catiónico (meq/100gs) en el suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

**Figura 22**

Efecto de la aplicación de materia orgánica en la capacidad de intercambio catiónico (meq/100gs) del suelo en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019



4.2.5. Nitrógeno orgánico (%)

La tabla 34 del análisis de varianza de los resultados de la concentración de nitrógeno orgánico en el suelo no se encontró significancia estadística para bloques [$F_{c(g1:9/27)} = 1,32 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,96$], es decir, hay homogeneidad entre bloques. Sin embargo, se observa que hay significancia estadística para tratamientos [$F_{c(g1:9/27)} = 2,39 > F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,25$] con materia orgánica, es señal de la existencia de diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos. El coeficiente de variabilidad es de 26,77 % significa que es aceptable y confiable para las condiciones de campo.

Para calcular las diferencias entre las medias entre los tratamientos, se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 %.

Tabla 34

Análisis de varianza para el nitrógeno orgánico (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

F/V	GL	SC	CM	Fc	F α		Sign.
					0,05	0,01	
Tratamiento	9	0,051	0,006	3,390	2,25	3,15	*
Bloques	3	0,007	0,002	1,321	2,96	4,60	NS
Error	27	0,045	0,002				
Total	39	0,103					

C.V. = 26,77 %

Nota. F/V: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, SM: Suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, Fc: F calculada, F α : F tabular, NS: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

El test de Duncan, al 5 %, en la tabla 35, muestra que no existe diferencias estadísticas entre los siete primeros tratamientos T9, T7, T2, T3, T1, T6 y T8, los que alcanzaron los siguientes valores 0,20; 0,20; 0,18; 0,17; 0,17; 0,16 y ,14 % %; sin embargo, el tratamiento T9 (0,20%), con el híbrido PMV-581 y con aplicaciones de estiércol de camélido sudamericano supera a los tratamientos T4 T5 y T10; además, no hay diferencias entre estos tratamientos T2, T3, T1, T6, T8, T4 y T5. Finalmente, decimos que no hay diferencias estadísticas entre los cuatro últimos tratamientos.

Tabla 35

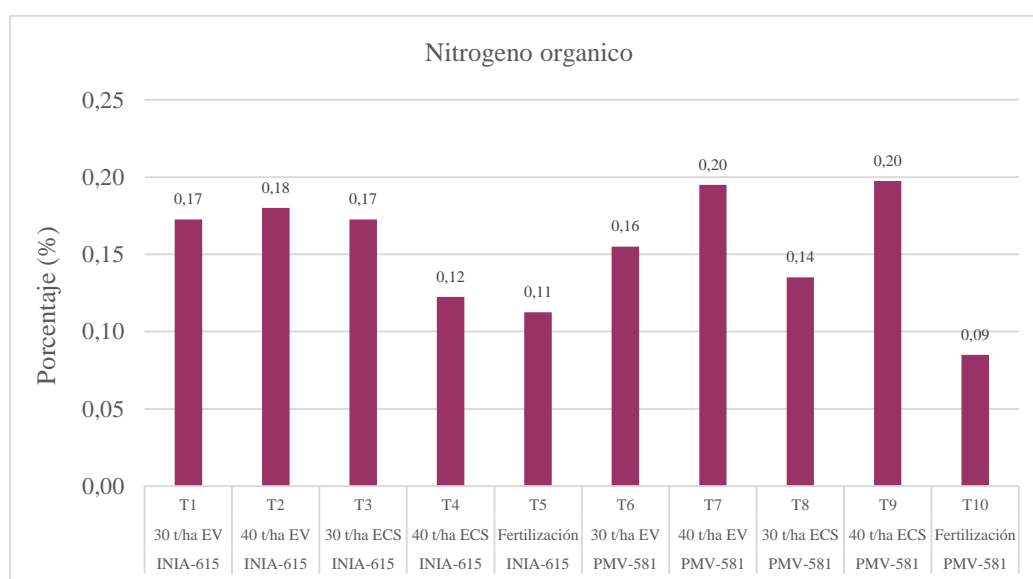
Test de Duncan al 5 % para el nitrógeno orgánico (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

Nivel de abonamiento (t/ha) Híbrido	Tratamientos	Orden de mérito	Media %	Significancia		
40 ECS, PMV-581	T9	9	0,20	A		
40 EV, PMV-581	T7	7	0,20	A		
40 ECS, INIA-615	T2	2	0,18	A	B	
30 ECS, INIA-615	T3	3	0,17	A	B	
30 EV, INIA-615	T1	1	0,17	A	B	
30 EV, PMV-581	T6	6	0,16	A	B	
30 ECS, PMV-581	T8	8	0,14	A	B	C
40 EV, INIA-615	T4	4	0,12	B	C	
Fertilización, INIA-615	T5	5	0,11	B	C	
Fertilización, PMV-581	T10	10	0,09		C	

Nota. Fertilización: 200 N - 150 P₂O₅ - 120 K₂O, EV: Estiércol de vacuno, ECS: Estiércol de camélido sudamericano

Figura 23

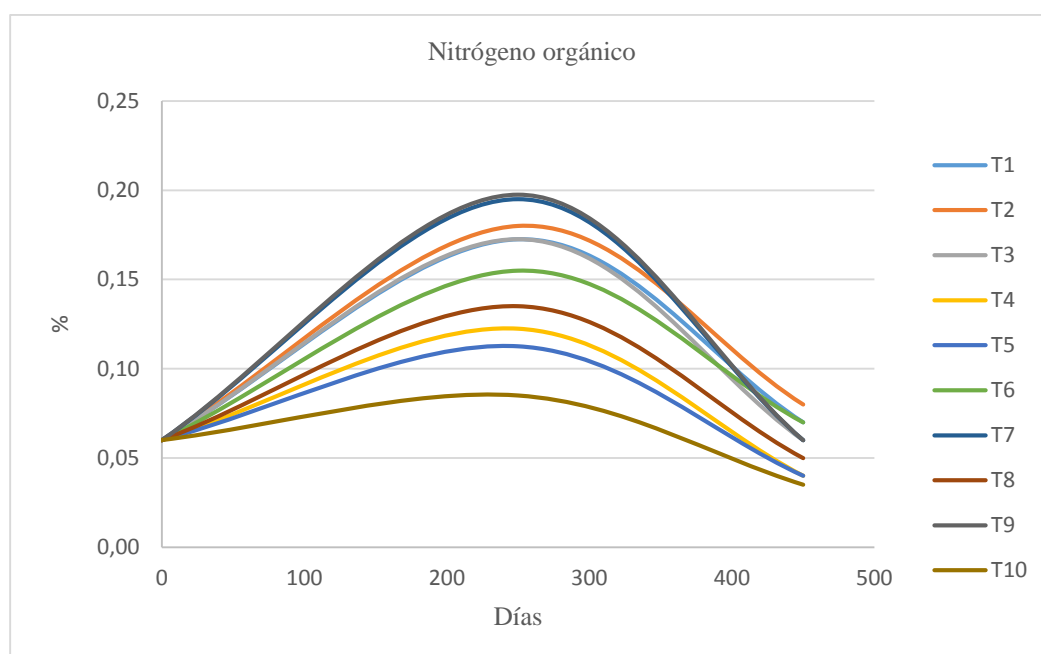
El porcentaje de nitrógeno orgánico (%) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019



Según la figura 23, se puede observar la comparación de las medias el nitrógeno orgánico (%) del suelo, donde el T9 (0,20 %), con el híbrido PMV-581 y con aplicaciones de estiércol de camélido sudamericano es superior a los demás tratamientos.

Figura 24

Efecto de la aplicación de materia orgánica en el porcentaje de nitrógeno del suelo en el cultivo de maíz morado (Zea mays L.). Fundo los Pichones, Tacna 2019



Así mismo, se presenta la figura 24, donde se observa el efecto de la aplicación de la materia orgánica y fertilizante químico en el porcentaje de nitrógeno orgánico del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días.

4.2.6. Fósforo (ppm)

La tabla 36 del análisis de varianza de los resultados del contenido de fósforo en el suelo, donde no se encontró significancia estadística para bloques [$F_{C(g1:9/27)} = 2,78 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,96$], es decir, hay homogeneidad entre bloques. Sin embargo, se observa que hay significancia estadística para tratamientos [$F_{C(g1:9/27)} = 3,45 > F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,25$] con materia orgánica, es señal de la existencia de diferencias estadísticas entre las medias

de los tratamientos. El coeficiente de variabilidad es de 7,52 %, significa que es aceptable y confiable para las condiciones de campo.

Para calcular las diferencias entre las medias entre los tratamientos, se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 %.

Tabla 36

Análisis de varianza para el contenido de fósforo (ppm) del suelo, con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

F/V	GL	SC	CM	Fc	F α		Sign.
					0,05	0,01	
Tratamiento	9	174,499	19,389	3,449	2,25	3,15	*
Bloques	3	47,194	15,731	2,798	2,96	4,60	NS
Error	27	151,783	5,622				
Total	39	373,476					

C.V. = 7,52 %

Nota. F/V: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, SM: Suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, Fc: F calculada, F α : F tabular, NS: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

Tabla 37

Test de Duncan al 5 % para el contenido de fósforo del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

Nivel de abonamiento (t/ha) Híbrido	Tratamientos	Orden de mérito	Media (ppm)	Significancia		
30 ECS, INIA-615	T3	1	35,02	A		
30 ECS, PMV-581	T8	2	34,12	A		
40 EV, INIA-615	T2	3	32,79	A	B	
30 EV, INIA-615	T1	4	32,59	A	B	
40 ECS, PMV-581	T9	5	32,49	A	B	
Fertilización, INIA-615	T5	6	31,18	A	B	C
40 EV, PMV-581	T7	7	29,80		B	C
30 EV, PMV-581	T6	8	29,68		B	C
40 ECS, INIA-615	T4	9	29,63		B	C
Fertilización, PMV-581	T10	10	28,22			C

Nota. Fertilización: 200 N - 150 P₂O₅ - 120 K₂O, EV: Estiércol de vacuno, ECS: Estiércol de camélido sudamericano

El test de Duncan, al 5 %, en la tabla 37, muestra que no existe diferencias estadísticas entre los seis primeros tratamientos T3, T8, T2, T1, T9 y T5, los que alcanzaron los siguientes valores 35,02; 34,12; 32,79; 32,59; 32,49 y 31,18 ppm, sin embargo el tratamiento T3 (35,02 ppm), con el híbrido INIA-615 y con aplicaciones de 30 t/ha de estiércol de camélido sudamericano supera a los tratamientos T7, T6, T4 y T10; además, no hay diferencias entre estos tratamientos T2, T1, T9, T5, T7, T6 y T4. Finalmente, decimos que no hay diferencias estadísticas entre los cinco últimos tratamientos.

Figura 25

El contenido de fósforo (ppm) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

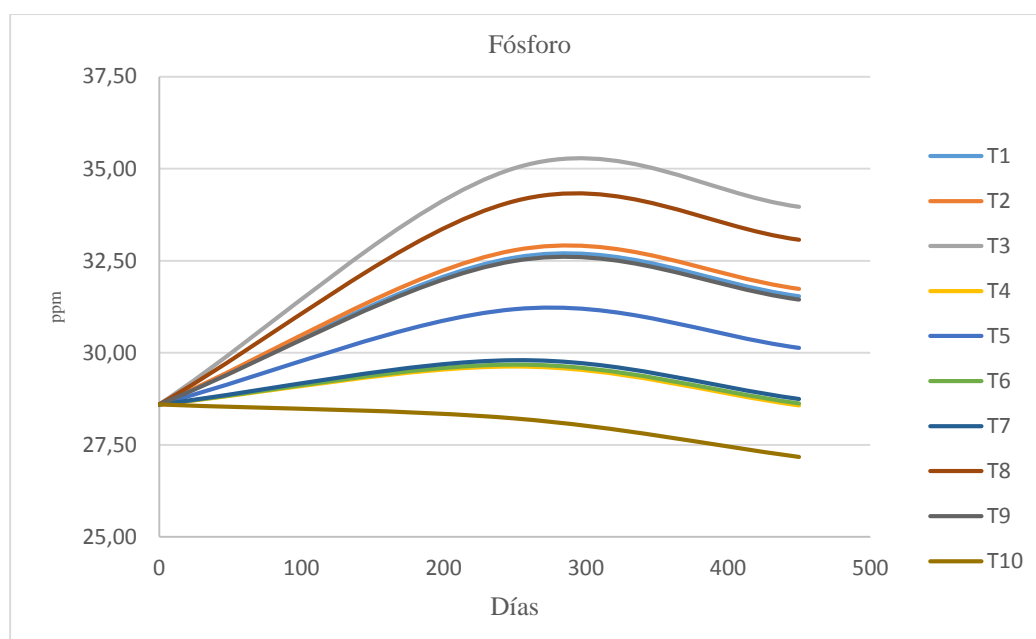


Según la figura 25, se puede observar la comparación de las medias del fósforo (ppm) del suelo, donde el T3 (35,02 ppm), con el híbrido INIA-615 y con aplicaciones de 30 t/ha de estiércol de camélido sudamericano es superior a los demás tratamientos.

Así mismo, se presenta la figura 26, donde se observa el efecto de la aplicación de la materia orgánica y fertilizante químico en el contenido de fósforo del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días.

Figura 26

Efecto de la aplicación de materia orgánica en el contenido de fósforo del suelo en el cultivo de maíz morado (Zea mays L.) en el Fundo los Pichones, Tacna 2019



4.2.7. Potasio (ppm)

La tabla 36 del análisis de varianza de los resultados del contenido de potasio en el suelo, donde no se encontró significancia estadística para bloques [$F_{C(g1:9/27)} = 1,27 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,96$], es decir, hay homogeneidad entre bloques. Sin embargo, se observa que hay significancia estadística para tratamientos [$F_{C(g1:9/27)} = 2,31 > F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,25$] con materia orgánica, es señal de la existencia de diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos.

El coeficiente de variabilidad es de 6,45 % significa que es aceptable y confiable para las condiciones de campo.

Para calcular las diferencias entre las medias y los tratamientos, se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 %.

Tabla 38

Análisis de varianza para el contenido de potasio (ppm) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

F/V	GL	SC	CM	Fc	F α		Sign.
					0,05	0,01	
Tratamiento	9	14008,071	1556,452	2,307	2,25	3,15	*
Bloques	3	2565,677	855,226	1,268	2,96	4,60	NS
Error	27	18216,223	674,675				
Total	39	34789,971					

C.V. = 6,45 %

Nota. F/V: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, SM: Suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, Fc: F calculada, F α : F tabular, NS: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

El test de Duncan, al 5 %, en la tabla 39, muestra que no existe diferencias estadísticas entre los ocho primeros tratamientos T5, T6, T9, T8, T4, T2, T7 y T10, los que alcanzaron los siguientes valores 423,01; 422,61; 422,12; 411,32; 406,96; 405,29; 404,50 y 392,30 ppm; sin embargo, el tratamiento T5 (423,01 ppm) con el híbrido INIA-615 y con aplicaciones de fertilizantes químicos (200 N - 150 P₂O₅ - 120 K₂O) supera a los tratamientos T3 y T1. Finalmente, decimos que no hay diferencias estadísticas entre los seis últimos tratamientos.

Tabla 39

Test de Duncan al 5 % para el contenido de potasio (ppm) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

Nivel de abonamiento (t/ha) Híbrido	Tratamientos	Orden de mérito	Media (ppm)	Significancia	
Fertilización, INIA-615	T5	1	423,01	A	
30 EV, PMV-581	T6	2	422,61	A	
40 ECS, PMV-581	T9	3	422,12	A	
30 ECS, PMV-581	T8	4	411,32	A	
40 ECS, INIA-615	T4	5	406,96	A	B
40 EV, INIA-615	T2	6	405,29	A	B
40 EV, PMV-581	T7	7	404,50	A	B
Fertilización, PMV-581	T10	8	392,30	A	B
30 ECS, INIA-615	T3	9	372,06		B
30 EV, INIA-615	T1	10	368,54		B

Nota. Fertilización: 200 N - 150 P₂O₅ - 120 K₂O, EV: Estiércol de vacuno, ECS: Estiércol de camélido sudamericano

Figura 27

El contenido de potasio (ppm) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado (Zea mays L.). Fundo los Pichones, Tacna 2019

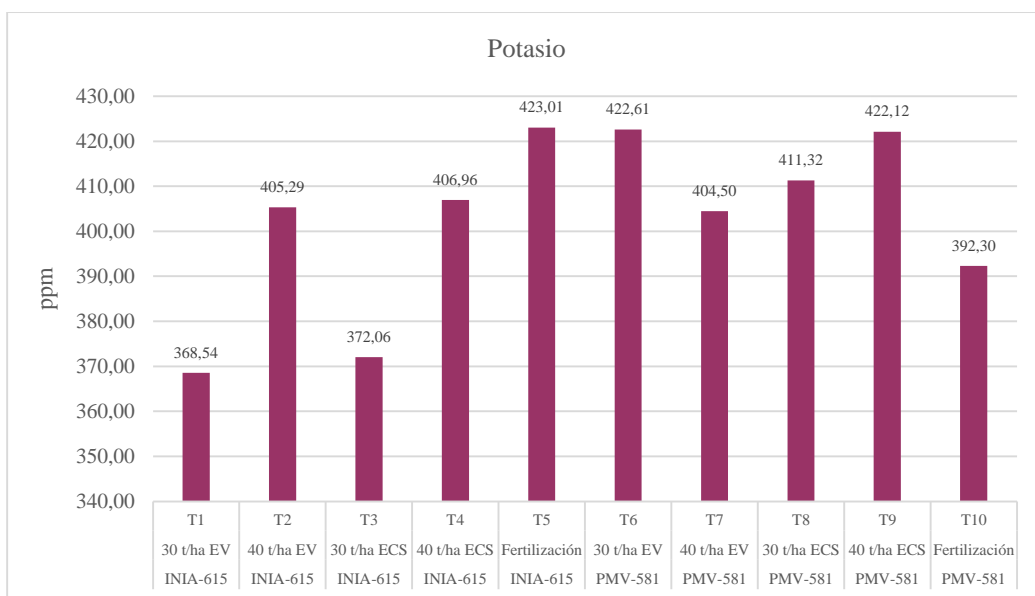
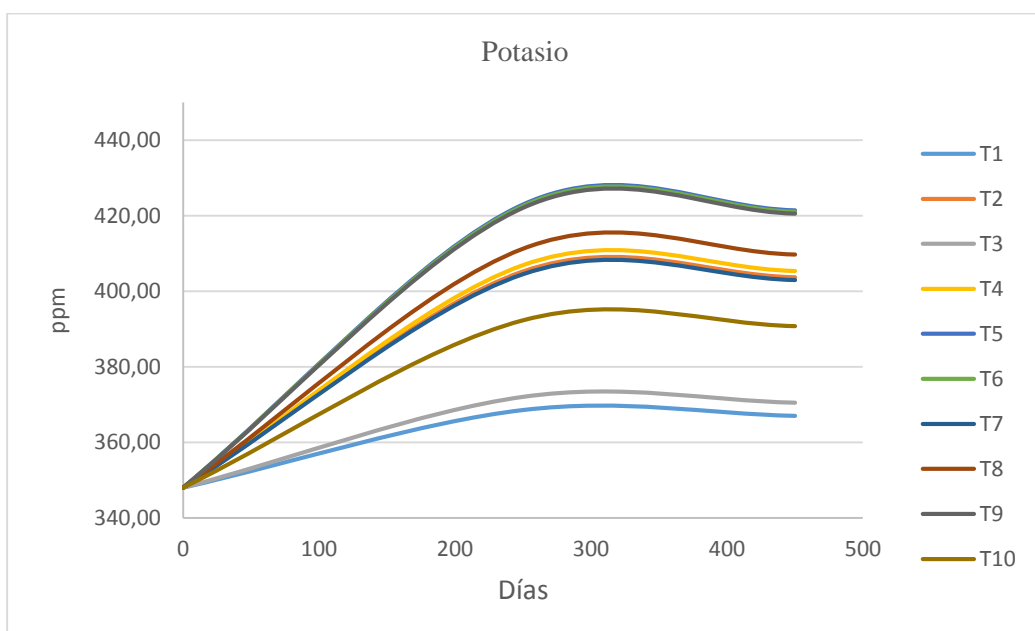


Figura 28

Efecto de la aplicación de la materia orgánica sobre el contenido de potasio del suelo en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019



Según la figura 27, se puede observar la comparación de las medias del potasio (ppm) del suelo, donde T5 (423,01 ppm) con el híbrido INIA-615 y con aplicaciones de fertilizantes químicos (200 N - 150 P₂O₅ - 120 K₂O) es superior a los demás tratamientos.

Así mismo, se presenta la figura 28, donde se observa el efecto de la aplicación de la materia orgánica y fertilizante químico en el contenido de potasio del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días.

4.2.8. Calcio (me/100gs)

La tabla 40 del análisis de varianza de los resultados del contenido de calcio en el suelo, donde no se encontró significancia estadística para bloques [$F_{c(gl:9/27)} = 1,58 < F_{0,05; (gl:9/27)} = 2,96$], es decir, hay homogeneidad entre bloques. Sin embargo, se observa que hay significancia estadística para tratamientos [$F_{c(gl:9/27)} = 2,35 > F_{0,05; (gl:9/27)} = 2,25$] con materia orgánica, es señal de la existencia de diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos. El coeficiente de variabilidad es de 12,57 % significa que es aceptable y confiable para las condiciones de campo. Para calcular las diferencias entre las medias entre los tratamientos, se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 %.

Tabla 40

Análisis de varianza para el contenido de calcio (me/100gs) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

F/V	GL	SC	CM	Fc	F α		Sign.
					0,05	0,01	
Tratamiento	9	28,495	3,166	2,351	2,25	3,15	*
Bloques	3	6,391	2,130	1,582	2,96	4,60	NS
Error	27	36,355	1,346				
Total	39	71,242					

C.V. = 12,57 %

Nota. F/V: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, SM: Suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, Fc: F calculada, F α : F tabular, NS: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

El test de Duncan, al 5 %, en la tabla 41, muestra que no existe diferencias estadísticas entre los seis primeros tratamientos T1, T8, T5, T7, T9 y T3, los que alcanzaron los siguientes valores 10,96; 10,16; 9,84; 9,48; 9,14 y 9,10 me/100gs; sin

embargo, el tratamiento T1 (10,96 ppm) con el híbrido INIA-615 y con aplicaciones de 30 t/ha de estiércol de vacuno supera a los tratamientos T2, T6, T10 y T4. Finalmente, decimos que no hay diferencias estadísticas entre los ocho últimos tratamientos.

Tabla 41

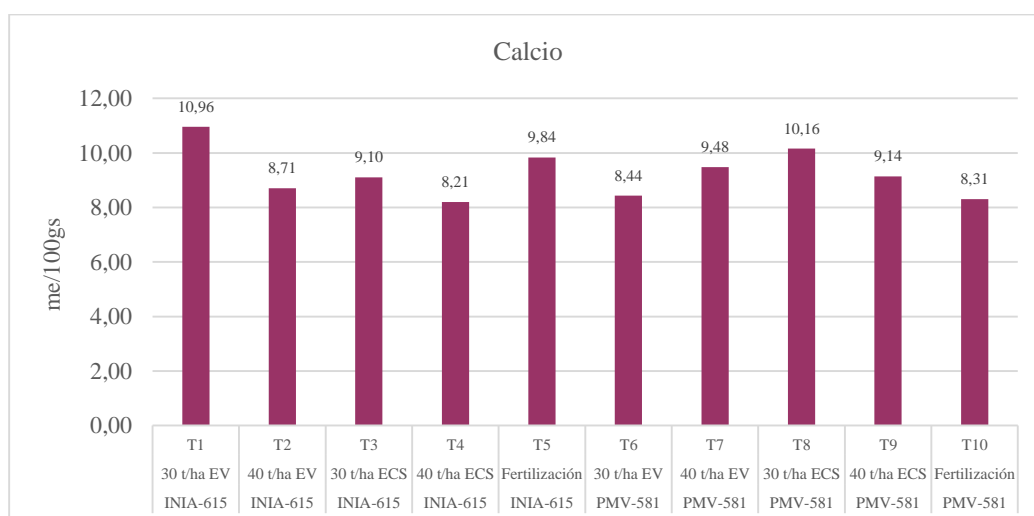
Test de Duncan al 5 % para el contenido de calcio (me/100gs) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Los Pichones, Tacna 2019

Nivel de abonamiento (t/ha) Híbrido	Tratamientos	Orden de mérito	Media (me/100gs)	Significancia		
30 EV, INIA-615	T1	1	10,96	A		
30 ECS, PMV-581	T8	2	10,16	A	B	
Fertilización, INIA-615	T5	3	9,84	A	B	C
40 EV, PMV-581	T7	4	9,48	A	B	C
40 ECS, PMV-581	T9	5	9,14	A	B	C
30 ECS, INIA-615	T3	6	9,10	A	B	C
40 EV, INIA-615	T2	7	8,71		B	C
30 EV, PMV-581	T6	8	8,44		B	C
Fertilización, PMV-581	T10	9	8,31		B	C
40 ECS, INIA-615	T4	10	8,21			C

Nota. Fertilización: 200 N - 150 P₂O₅ - 120 K₂O, EV: Estiércol de vacuno, ECS: Estiércol de camélido sudamericano

Figura 29

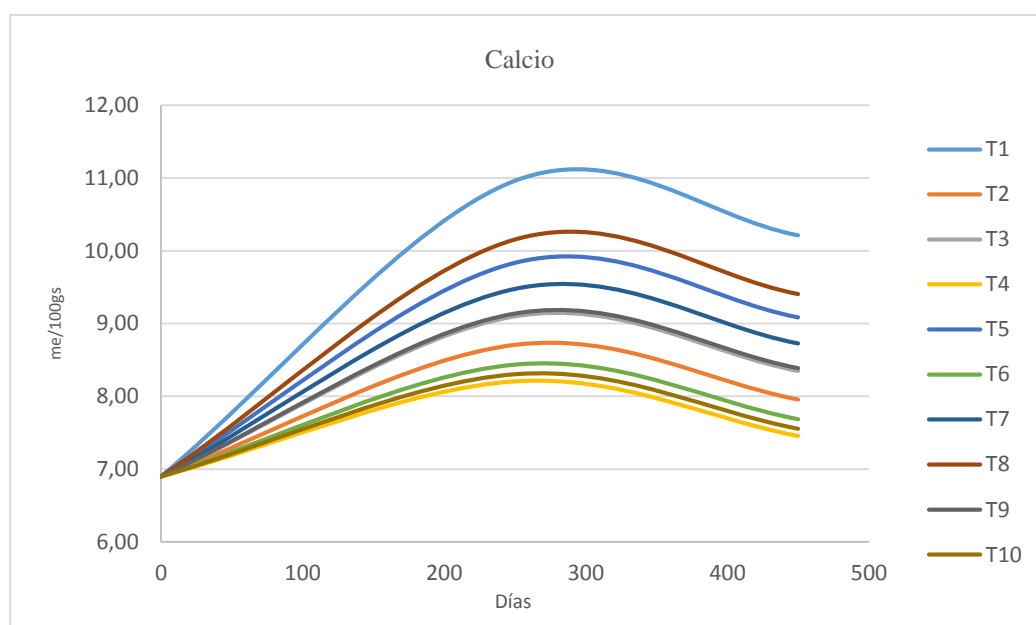
El contenido de calcio (me/100gs) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019



Según la figura 29, se puede observar la comparación de las medias del contenido de calcio del suelo, donde T1 (10,96 me/100gs) con el híbrido INIA-615 y con aplicaciones de 30 t/ha de estiércol de vacuno es superior a los demás tratamientos.

Figura 30

Efecto de la aplicación de materia orgánica sobre el contenido de calcio (me/100gs) del suelo en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019



Así mismo, se presenta la figura 30, donde se observa el efecto de la aplicación de la materia orgánica y fertilizante químico en el contenido de calcio en el suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días.

4.2.9. Magnesio (me/100gs)

La tabla 42 del análisis de varianza de los resultados del contenido de magnesio en el suelo, donde no se encontró significancia estadística para bloques [$F_{C(g1:9/27)} = 2,29 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,96$], es decir, hay homogeneidad entre bloques. Sin embargo, se observa que hay significancia estadística para tratamientos [$F_{C(g1:9/27)} = 2,41 > F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,25$] con materia orgánica, es señal de la existencia de diferencias estadísticas entre las medias

de los tratamientos. El coeficiente de variabilidad es de 19,01 % significa que es aceptable y confiable para las condiciones de campo.

Para calcular las diferencias entre las medias entre los tratamientos, se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 %.

Tabla 42

Análisis de varianza para el contenido de magnesio (me/100gs) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

F/V	GL	SC	CM	Fc	F α		Sign.
					0,05	0,01	
Tratamiento	9	3,596	0,400	2,408	2,25	3,15	*
Bloques	3	1,140	0,380	2,291	2,96	4,60	NS
Error	27	4,480	0,166				
Total	39	9,216					

C.V. = 19,01 %

Nota. F/V: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, SM: Suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, Fc: F calculada, F α : F tabular, NS: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

Tabla 43

Test de Duncan al 5 % para el contenido de magnesio (me/100gs) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

Nivel de abonamiento (t/ha) Híbrido	Tratamientos	Orden de mérito	Media (me/100gs)	Significancia		
Fertilización, PMV-581	T10	1	2,63	A		
Fertilización, INIA-615	T5	2	2,46	A	B	
30 ECS, PMV-581	T8	3	2,42	A	B	
40 ECS, PMV-581	T9	4	2,23	A	B	C
30 EV, INIA-615	T1	5	2,21	A	B	C
30 EV, PMV-581	T6	6	2,11	A	B	C
40 EV, INIA-615	T2	7	2,09	A	B	C
30 ECS, INIA-615	T3	8	1,93		B	C
40 EV, PMV-581	T7	9	1,70			C
40 ECS, INIA-615	T4	10	1,67			C

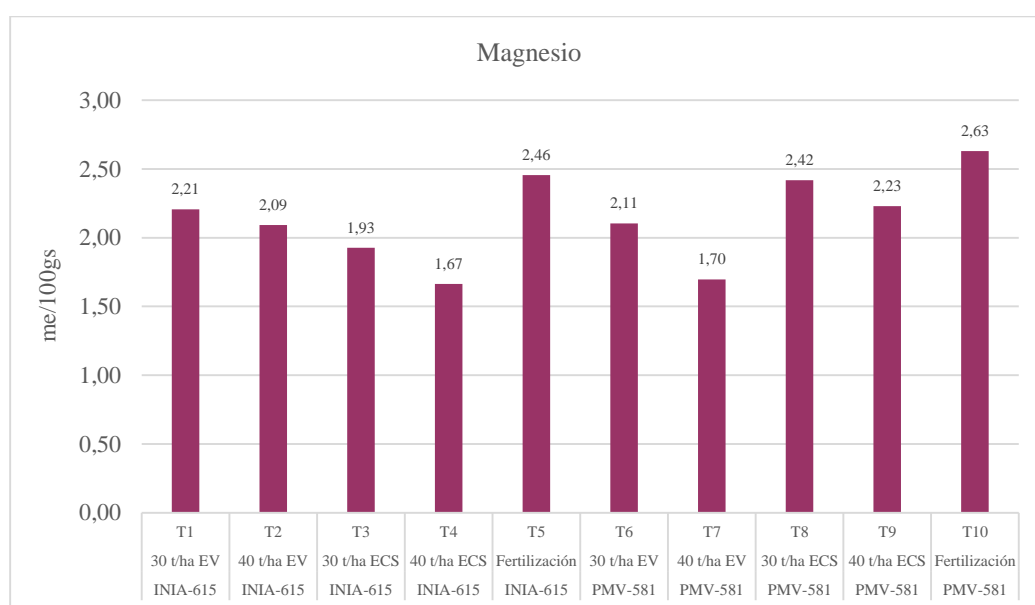
Nota. Fertilización: 200 N - 150 P₂O₅ - 120 K₂O, EV: Estiércol de vacuno, ECS: Estiércol de camélido sudamericano

El test de Duncan, al 5 %, en la tabla 43, muestra que no existe diferencias estadísticas entre los siete primeros tratamientos T10, T5, T8, T9, T1, T6 y T2, los que

alcanzaron los siguientes valores 2,63; 2,46; 2,42; 2,23; 2,21; 2,11 y 2,09 me/100gs; sin embargo, el tratamiento T10 (2,63 me/100gs) con el híbrido PMV-581 con aplicaciones de fertilizantes químicos (200 N - 150 P₂O₅ - 120 K₂O) supera a los tratamientos T3, T7 y T4, son estadísticamente similares los tratamientos T5, T8, T9, T1, T2 y T3. Finalmente, decimos que no hay diferencias estadísticas entre los siete últimos tratamientos.

Figura 31

El contenido de magnesio (me/100gs) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

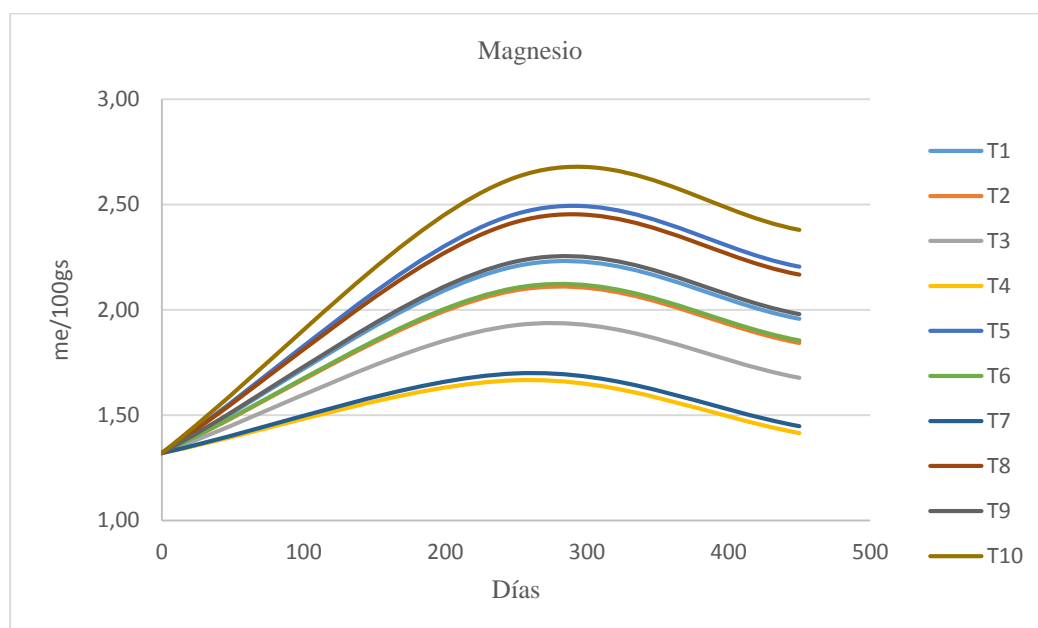


Según la figura 31, se puede observar la comparación de las medias del contenido de magnesio del suelo, donde T10 (2,63 me/100gs) con el híbrido PMV-581 con aplicaciones de fertilizantes químicos (200 N - 150 P₂O₅ - 120 K₂O) es superior a los demás tratamientos.

Así mismo, se presenta la figura 32, donde se observa el efecto de la aplicación de la materia orgánica y fertilizante químico en el contenido de magnesio en el suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días.

Figura 32

Efecto de la aplicación de materia orgánica sobre el contenido de magnesio (me/100gs) del suelo en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019



4.2.10. Sodio (me/100gs)

La tabla 44 del análisis de varianza de los resultados del contenido de sodio en el suelo, donde no se encontró significancia estadística para bloques [$F_{c(g1:9/27)} = 2,48 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,96$], es decir, hay homogeneidad entre bloques. Sin embargo, se observa que hay significancia estadística para tratamientos [$F_{c(g1:9/27)} = 2,31 > F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,25$] con materia orgánica, es señal de la existencia de diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos. El coeficiente de variabilidad es de 28,22 % significa que es aceptable y confiable para las condiciones de campo.

Para calcular las diferencias entre las medias entre los tratamientos, se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 %.

Tabla 44

Análisis de varianza para el contenido de sodio (me/100gs) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

F/V	GL	SC	CM	Fc	F α		Sign.
					0,05	0,01	
Tratamiento	9	0,300	0,033	2,308	2,25	3,15	*
Bloques	3	0,107	0,036	2,477	2,96	4,60	NS
Error	27	0,390	0,014				
Total	39	0,797					

C.V. = 28,22 %

Nota. F/V: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, SM: Suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, Fc: F calculada, F α : F tabular, NS: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

El test de Duncan, al 5 %, en la tabla 45, muestra que no existe diferencias estadísticas entre los seis primeros tratamientos T2, T7, T10, T1, T6 y T8, los que alcanzaron los siguientes valores 0,59; 0,53; 0,48; 0,47; 0,43 y 0,41 me/100gs; sin embargo, el tratamiento T2 (0,59 me/100gs) con el híbrido INIA-615 con aplicaciones de 40 t/ha de estiércol de vacuno supera a los tratamientos T4, T5, T3 y T9, son estadísticamente similares los tratamientos T7, T10, T1, T6, T8, T4, T5 y T3; finalmente, decimos que no hay diferencias estadísticas entre los ocho últimos tratamientos.

Tabla 45

Test de Duncan al 5 % para el contenido de sodio (me/100gs) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

Nivel de abonamiento (t/ha) Híbrido	Tratamientos	Orden de mérito	Media (me/100gs)	Significancia		
40 EV, INIA-615	T2	1	0,59	A		
40 EV, PMV-581	T7	2	0,53	A	B	
Fertilización, PMV-581	T10	3	0,48	A	B	C
30 EV, INIA-615	T1	4	0,47	A	B	C
30 EV, PMV-581	T6	5	0,43	A	B	C
30 ECS, PMV-581	T8	6	0,41	A	B	C
40 ECS, INIA-615	T4	7	0,37		B	C
Fertilización, INIA-615	T5	8	0,34		B	C
30 ECS, INIA-615	T3	9	0,33		B	C
40 ECS, PMV-581	T9	10	0,31			C

Nota. Fertilización: 200 N - 150 P₂O₅ - 120 K₂O, EV: Estiércol de vacuno, ECS: Estiércol de camélido sudamericano

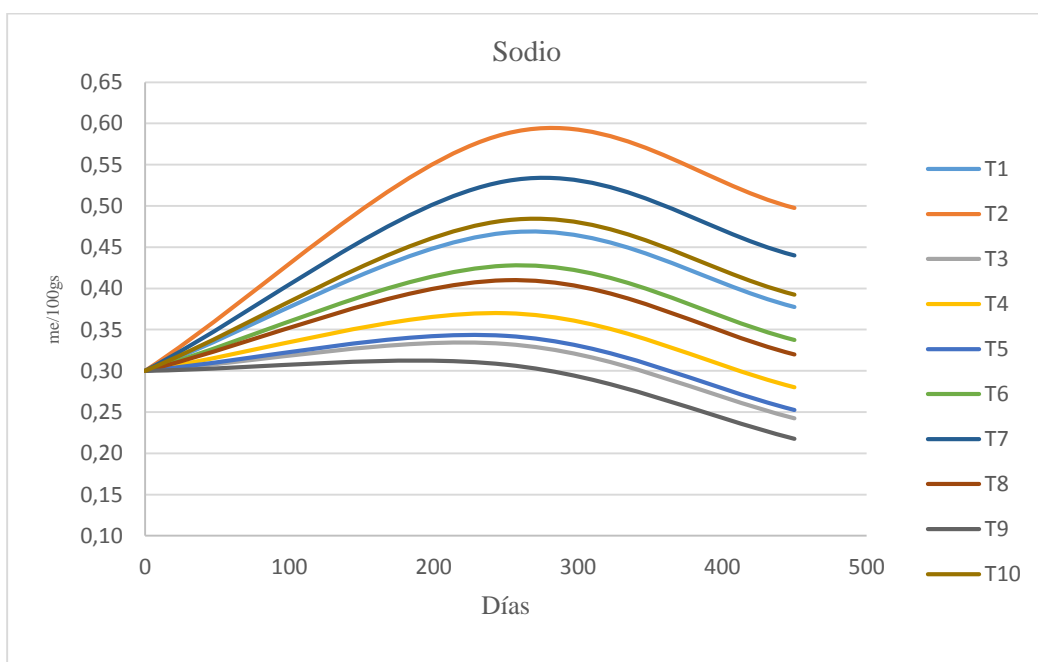
Figura 33

El contenido de sodio (me/100gs) del suelo con aplicación de materia orgánica en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019



Figura 34

Efecto de la aplicación de materia orgánica en el contenido de sodio (me/100gs) del suelo en el cultivo de maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019



Según la figura 33, se puede observar la comparación de las medias del contenido de sodio del suelo, donde T2 (0,59 me/100gs) con el híbrido INIA-615 con aplicaciones de 40 t/ha de estiércol de vacuno es superior a los demás tratamientos.

Así mismo, se presenta la figura 34, donde se observa el efecto de la aplicación de la materia orgánica y fertilizante químico en el contenido de sodio en el suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días.

4.3. EFECTO DE LA APLICACIÓN DE MATERIA ORGÁNICOS EN LOS COMPONENTES DEL CULTIVO DE MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.)

4.3.1. Fenología

Días de emergencia. En esta etapa, el coleóptilo se aproximó al ras del suelo en más del cincuenta por ciento. En promedio, esta fase se alcanzó a los 6,97 días posterior de la siembra (DPS).

Tabla 46

Análisis de varianza para días de emergencia del maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

F/V	GL	SC	CM	Fc	F α		Sign.
					0,05	0,01	
Tratamiento	9	1,126	0,125	0,545	2,25	3,15	NS
Bloques	3	1,844	0,615	2,678	2,96	4,60	NS
Error	27	6,197	0,230				
Total	39	9,167					

C.V. = 6,97 %

Nota. F/V: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, SM: Suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, Fc: F calculada, F α : F tabular, NS: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

En el análisis de varianza tabla 46, para la emergencia, donde no se encontró significancia estadística para bloques [$F_{c(g1:9/27)} = 2,68 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,96$], es decir, hay homogeneidad entre bloques. De manera similar, no hay diferencias significancia para tratamientos [$F_{c(g1:9/27)} = 0,55 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,25$]; en consecuencia, la aplicación de materia orgánica no incidió en el tiempo de emergencia y que no son significativamente diferentes los tratamientos; por esta razón, no es necesario realizar el test de Duncan.

Días a la floración masculina. En esta etapa, en el campo, la población de plantas presentó de la panoja, en más del cincuenta por ciento. En promedio, esta fase se alcanzó a los 92,86 días después de la siembra.

Tabla 47

Análisis de varianza para días de floración masculina del maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

F/V	GL	SC	CM	Fc	F α		Sign.
					0,05	0,01	
Tratamiento	9	6,322	0,702	0,380	2,25	3,15	NS
Bloques	3	3,884	1,295	0,700	2,96	4,60	NS
Error	27	49,923	1,849				
Total	39	60,129					

C.V. = 1,46 %

Nota. F/V: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, SM: Suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, Fc: F calculada, F α : F tabular, NS: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

En el análisis de varianza, tabla 47, días de la floración masculina, donde no se encontró significancia estadística para bloques [$F_{c(g1:9/27)} = 0,70 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,96$], es decir, hay homogeneidad entre bloques. De manera similar, no hay diferencias significancia para tratamientos [$F_{c(g1:9/27)} = 0,38 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,25$]; en consecuencia, la aplicación de materia orgánica no incidió en el tiempo de la floración masculina y que no son significativamente diferentes los tratamientos; por esta razón, no es necesario realizar el test de Duncan.

Días a la floración femenina. En esta etapa, en el campo, se observa en la población de plantas la presencia de la espiga, en más del cincuenta por ciento. En el análisis de varianza tabla 48, días de la floración femenina, donde no se encontró significancia estadística para bloques [$F_{c(g1:9/27)} = 1,15 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,96$], es decir, hay homogeneidad entre bloques. De manera similar, no hay diferencias significativas para tratamientos [$F_{c(g1:9/27)} = 1,19 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,25$]; en consecuencia, la aplicación de materia orgánica no incidió en el tiempo de la floración femenina y que no son significativamente diferentes los tratamientos; por esta razón, no es necesario realizar el test de Duncan. La floración femenina en promedio se presentó a los 98,36 días.

Tabla 48

Análisis de varianza para días de floración femenina del maíz morado. Fundo los Pichones, Tacna 2019

F/V	GL	SC	CM	Fc	F α		Sign.
					0,05	0,01	
Tratamiento	9	37,370	4,152	1,192	2,25	3,15	NS
Bloques	3	12,064	4,021	1,154	2,96	4,60	NS
Error	27	94,061	3,484				
Total	39	143,495					

C.V. = 1,90 %

Nota. F/V: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, SM: Suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, Fc: F calculada, F α : F tabular, NS: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

En la figura 35, se observa el desarrollo fenológico del maíz, en promedio, en las plantas, el ritmo vegetativo y reproductivo está en función de las transformaciones morfológicas y fisiológicas; en promedio, la madurez fisiológica de todos los tratamientos está en un rango de 166,30 y 168,20 días.

La fenología del maíz morado, tabla 49, donde se observa el desarrollo vegetativo y, en la tabla 50, el desarrollo reproductivo de la variedad INIA – 615; de igual forma, en las tablas 51 y 52, para la variedad PMV – 581. La etapa de desarrollo vegetativo comenzó con la germinación, aumentando gradualmente la parte foliar hasta alcanzar la floración masculina; en este momento, es lento el ritmo de crecimiento y, a partir del estado, V6 se acelera su crecimiento y, finalmente, se aminora en el estado V14.

El crecimiento reproductivo comenzó con la floración femenina R1 en promedio a los 98,36 días después de la siembra (DPS). El estado R2, en promedio, se dio a los 111,94 DPS acumulándose almidón en el endospermo; en promedio, R3 se presentó a los 125,24 DPS en estado lechosa. R4 se presentó en promedio a los 131,86 DPS los granos están ocupadas por una pasta blanca de consistencia masosa. R5 tuvo lugar a los 144,80 DDS el grano tiene en las puntas consistencia sólida y duras de aspecto dentado; culminando con R6 la madurez fisiológica a los 167,42 DPS promedio, donde el grano es de color morado intenso debido a la presencia de la capa de abscisión.

Figura 35

Etapas de desarrollo fenológico en días del maíz morado con aplicación de materia orgánica y fertilizante químico

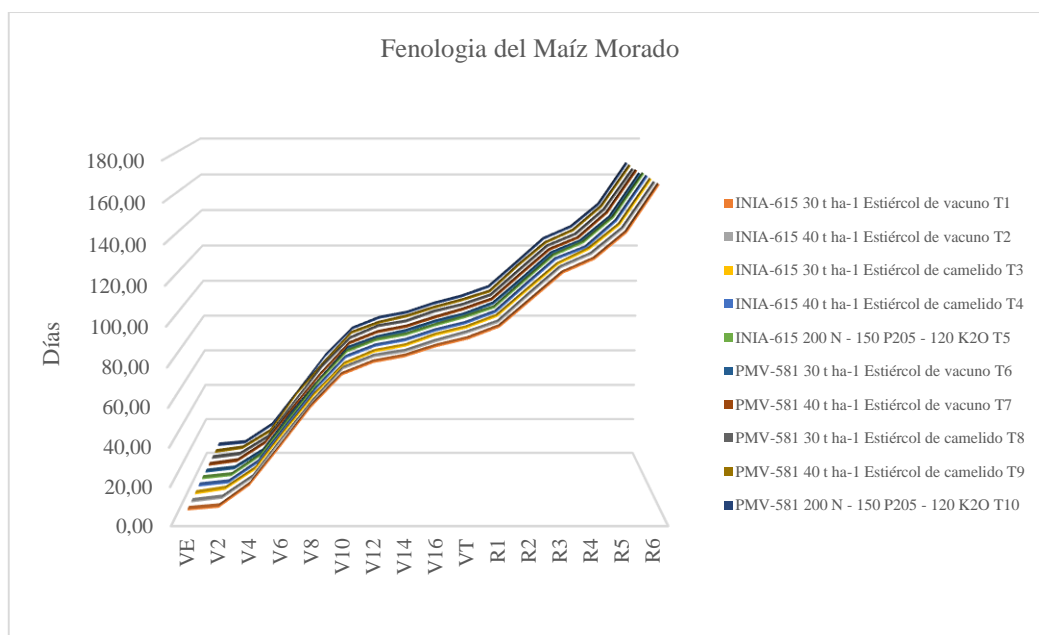


Tabla 49

Desarrollo vegetativo de la variedad INIA – 615











DESARROLLO VEGETATIVO DEL MAÍZ MORADO INIA - 615				
Estado de desarrollo vegetativo: Se evaluó cuando la población de plantas en campo, presentaron las características de cada etapa después de la siembra.				
VE	V2	V4	V6	V8
				
Emergencia (VE): Plantas con el coleoptilo al ras del suelo, estadio que en promedio ocurrió a los 7,10 días posterior a la siembra (DPS).	2 hojas desplegadas (V2): Empieza una vez que las dos hojas primarias en la planta se muestran plenamente desplegadas. En promedio, este estadio sucedió a los 8,92 DPS.	4 hojas desplegadas (V4): Se observa en las plantas cuatro folios verdaderos íntegramente extendida y alternado, en promedio ocurrió a los 19,65 DPS.	6 hojas desplegadas (V6): Este estadio ocurrió una vez que las seis hojas de las plantas estén totalmente alargadas, estadio que en promedio sucedió a los 39,50 DPS.	8 hojas desplegadas (V8): Estadio en el que la octava hoja está plenamente extendidas. En promedio sucedió a los 58,97 DPS.
V10	V12	V14	V16	VT
				
10 hojas desplegadas (V10): Comienza una vez que la décima hoja en la planta está íntegramente extendida. Este estadio ocurre en promedio a los 75,21 DPS.	12 hojas desplegadas (V12): Empieza cuando la duodécima hoja se encuentra totalmente extendida. Este estadio en promedio ocurrió a los 81,37 DPS.	14 hojas desplegadas (V14): Comienza en el momento en que la catorceava hoja se encuentra plenamente extendida. Esta fase en promedio ocurrió a los 84,13 DPS.	16 hojas desplegadas (V16): Esta etapa sucede en el tiempo en que la rama terminal de la planta empieza a desprenderse, sucedió a los 89,25 DPS.	Floración Masculina (VT): Empieza en la ocasión en que la rama terminal de la floración masculina es totalmente notable y los estigmas de la floración femenina todavía no han salido. esta fase ocurrió a los 93,21 DPS.

Tabla 50

Desarrollo reproductivo de la variedad INIA - 615
















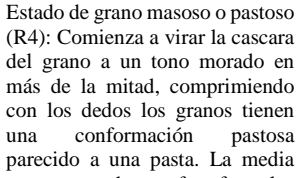
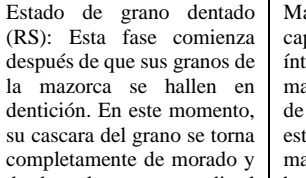










DESARROLLO REPRODUCTIVO DEL MAÍZ MORADO INIA - 615					
R1	R2	R3	R4	R5	R6
					
					
					
<p>Floración femenina (R1): Este estado empieza siempre que la floración femenina este plenamente en la parte externa de las mazorcas. Esta fase ocurrió en promedio a los 98,84 DPS.</p>	<p>Estado de grano perlita (R2): Comienza después de que el raquis de la espiga y el pedúnculo se encuentran bien constituidos, simultáneamente se observa que el estigma o floración femenina se torna de un tono marrón. Esta fase sucedió más o menos a los 112,38 DPS.</p>	<p>Estado de grano lechoso (R3): Comienza en el momento en que los granos de la mazorca se tornan de morado en la parte distal y blanco lechoso en la parte basal a causa de la aglutinación de almidón en la planta. En esta etapa, se observa el crecimiento del embrión. esta fase ocurrió a los 125,67 DPS.</p>	<p>Estado de grano masoso o pastoso (R4): Comienza a virar la cascara del grano a un tono morado en más de la mitad, comprimiendo con los dedos los granos tienen una conformación pastosa parecido a una pasta. La media este suceso de esta fase fue a los 132,39 DPS.</p>	<p>Estado de grano dentado (RS): Esta fase comienza después de que sus granos de la mazorca se hallen en dentición. En este momento, su cascara del grano se torna completamente de morado y desde la parte distal empiezan a secarse constituyendo una capadura. Esta fase ocurrió a los 145,23 DPS.</p>	<p>Madurez fisiológica (R6): La capa dura del almidón recubre íntegramente sus granos de la mazorca, la membrana externa de abscisión en todo su contorno está totalmente de tono negro marrón tanto en la parte distal y basal del grano. Esta fase se observó a los 167,99 DPS.</p>















Tabla 51*Desarrollo vegetativo de la variedad PMV - 581*

DESARROLLO VEGETATIVO DEL MAÍZ MORADO PMV – 581				
Estado de desarrollo vegetativo: Se evaluó cuando la población de plantas en campo, presentaron las características de cada etapa después de la siembra.				
VE	V2	V4	V6	V8
 <p>Emergencia (VE): Las plantas muestran el coleoptilo al ras del suelo. Esta fase se logró en promedio a los 6,83 días posterior a la siembra (DPS).</p>	 <p>2 hojas desplegadas (V2): Comienza en la planta una vez que las dos hojas primarias están totalmente extendidas. Esta fase en promedio sucedió a los 8,77 DPS.</p>	 <p>4 hojas extendidas (V4): Esta fase sucede cuando en la planta se observa los cuatro folios alargados definitivos y alternada. Esto ocurrió en promedio a los 18,62 días DPS.</p>	 <p>6 hojas desplegadas (V6): Fase de la planta en que las seis hojas presentan totalmente extendidas. Esta fase alcanzó a los 38,95 DPS.</p>	 <p>8 hojas desplegadas (V8): Esta etapa comienza en el tiempo en que la octava hoja se halla completamente extendida. Esta fase en promedio sucedió a los 57,89 DPS.</p>
V10	V12	V14	V16	VT
 <p>10 hojas extendidas (V10): En esta fase, ocurre cuando en la planta se observa cuando los diez folios largos estén totalmente extendidos. En promedio, sucede a los 74,24 DPS.</p>	 <p>12 hojas desplegadas (V12): En esta fase, comenzó una vez que la duodécima hoja esta íntegramente extendida. En promedio, ocurrió a los 80,30 DPS.</p>	 <p>14 hojas desplegadas (V14): En esta fase, se observó una vez que las plantas presentaron la catorceava hoja completamente desplegada, sucedió en promedio a los 83,38 DPS.</p>	 <p>16 hojas desplegadas (V16): En esta fase, se presentan las ramas finales de la planta, empezó a extenderse totalmente, ocurrió en promedio a los 88,46 DPS.</p>	 <p>Floración masculina (VT): Comienza en el momento en que la rama distal de la floración masculina se muestra totalmente y aún no han salido los estigmas de la floración femenina. Esta fase ocurrió a los 92,51 DPS.</p>

DPS: Días posterior a la siembra

Tabla 52

Desarrollo reproductivo de la variedad PMV - 581

DESARROLLO REPRODUCTIVO DEL MAÍZ MORADO PMV - 581					
R4	R2	R3	R4	R5	R6
					
					
 <p>Floración femenina (R1): En esta fase, la planta comenzó en la ocasión en que la floración femenina se pudo observar fuera de las mazorcas. Ocurrió en promedio a los 97,89 DPS.</p>	 <p>Estado de grano perlita (R2): Empezó en la planta en el momento en que el raquis de la espiga y el pedúnculo estuvo íntegramente constituido. Así mismo, se observó una coloración de color marrón el estigma o floración femenina. Ocurrió en promedio a los 111,51 DPS.</p>	<p>Grano Lechoso (R3): Este estado se caracteriza, porque el grano muestra en su parte distal tono morado y, en su parte basal, es de apariencia blanco lechoso, debido a que la planta aglutina almidón. En este momento, hay crecimiento del embrión. En promedio, ocurrió a los 124,81 DPS.</p>	<p>Grano Pastoso (R4): Ocurrió luego de que la cáscara del grano a más de la mitad se mostró de un color morado. Así mismo, se determinó preciado con la mano, se observó una formación pastosa. Esta fase ocurrió en promedio a los 131,33 DPS.</p>	<p>Estado de Grano Dentado (R5): En esta fase de dentición, todos los granos de las mazorcas son de tono morado. En este estado, los granos se comienzan a resecarse a partir de la parte distal, en la cual se forma una membrana dura. En promedio, esta fase ocurrió a los 144,37 DPS.</p>	<p>Madurez Fisiológica (R6): En esta fase, se observó el pericarpio de color morado, la cubierta externa dura y fibrosa, aparece en la parte basal del grano el punto negro de un tono marrón o negro. La aparición de la capa de abscisión de los granos comienza desde el extremo distal de la mazorca paulatinamente hasta el extremo basal de la mazorca. Esta fase en promedio ocurrió a los 166,85 DPS.</p>

4.3.2. *Atura de planta*

En el análisis de varianza, tabla 53, de la altura de planta, donde no se encontró significancia estadística para bloques [$F_{c(g1:9/27)} = 2,52 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,96$], es decir, hay homogeneidad entre bloques. De manera similar, no hay diferencias significativas para tratamientos [$F_{c(g1:9/27)} = 2,2 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,25$]; en consecuencia, la aplicación de materia orgánica no incidió en la altura de planta y que no son significativamente diferentes los tratamientos; por esta razón, no es necesario realizar el test de Duncan. La media de la altura de la planta fue 276,53 cm, y con un coeficiente de variabilidad de 2,32 %.

Tabla 53

Análisis de varianza para la altura de planta de maíz morado con aplicación de materia orgánica. Fundo los Pichones, Tacna 2019

F/V	GL	SC	CM	Fc	F α		Sign.
					0,05	0,01	
Tratamiento	9	815,621	90,625	2.201	2,25	3,15	NS
Bloques	3	310,832	103,611	2.516	2,96	4,60	NS
Error	27	1111,709	41,174				
Total	39	2238,162					
C.V. = 2,23 %							

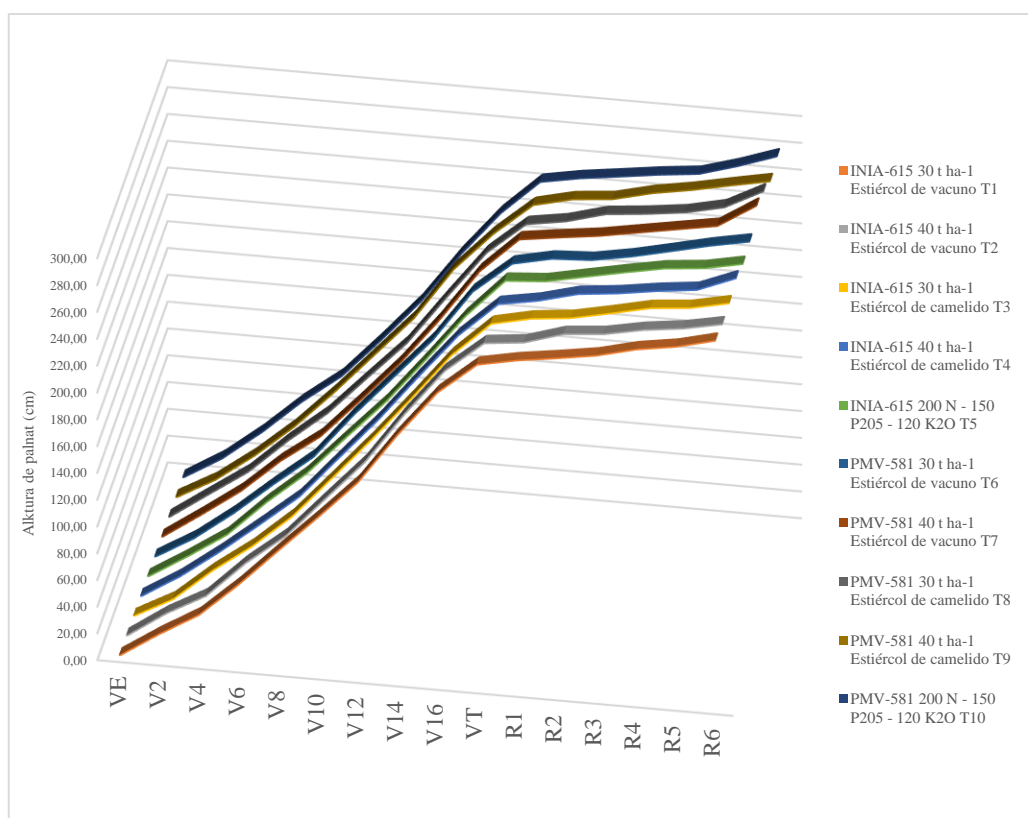
Nota. F/V: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, SM: Suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, Fc: F calculada, F α : F tabular, NS: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

En la figura 36, se puede observar el crecimiento del maíz morado variedades INIA-615 y PMV-581 con aplicaciones de materia orgánica y fertilizante químico, cuyos valores promedios fue de 279,46 cm para el híbrido PMV-581 y 273,60 cm para el híbrido INIA-615. Ambos valores son estadísticamente similares.

Así mismo, se observó el crecimiento del cultivo que transcurre a través de diversos procesos que inicia en la germinación, continúa con el desarrollo vegetativo y reproductivo como la floración masculina y femenina y llega a la formación del fruto. Durante la inflorescencia masculina, la planta alcanza su altura definitiva (Fassio et al.,1998).

Figura 36

Crecimiento por etapas de dos híbridos de maíz morado abonado con materia orgánica y fertilizante química



4.3.3. Longitud de mazorca

En el análisis de varianza, tabla 54, de la longitud de mazorca, donde no se encontró significancia estadística para bloques [$F_{c(g1:9/27)} = 0,47 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,96$], es decir, hay homogeneidad entre bloques. De manera similar, no hay diferencias significativas para tratamientos [$F_{c(g1:9/27)} = 1,89 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,25$]; en consecuencia, la aplicación de materia orgánica no incidió en la longitud de mazorca, y que no son significativamente diferentes los tratamientos; por esta razón, no es necesario realizar el test de Duncan.

La media de la longitud de mazorca fue 16,46 cm, con un coeficiente de variabilidad de 8,95 %.

Tabla 54

Análisis de varianza para longitud de mazorca del maíz morado (Zea mays L.) con aplicación de materia orgánica. Fundo los Pichones, Tacna 2019

F/V	GL	SC	CM	Fc	F α		Sign.
					0,05	0,01	
Tratamiento	9	36,813	4,090	1,887	2,25	3,15	NS
Bloques	3	3,027	1,009	0,465	2,96	4,60	NS
Error	27	58,519	2,167				
Total	39	98,358					

C.V. = 8,95 %

Nota. F/V: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, SM: Suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, Fc: F calculada, F α : F tabular, NS: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

4.3.4. Diámetro de mazorca

En el análisis de varianza, tabla 55, para los resultados del diámetro de mazorca, no se encontró significancia estadística para bloques [$F_{c(g1:9/27)} = 0,47 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 1,12$], es decir, hay homogeneidad entre bloques. De manera similar, no hay diferencias significativas para tratamientos [$F_{c(g1:9/27)} = 0,75 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,25$]; en consecuencia, la aplicación de materia orgánica no incidió en el diámetro de mazorca, y que no son significativamente diferentes los tratamientos; por esta razón, no es necesario realizar el test de Duncan.

La media del diámetro de mazorca es 6,63 cm, y con el siguiente de coeficiente de variabilidad de 2,80 %.

Tabla 55

Análisis de varianza para diámetro de mazorca de maíz morado con aplicación de materia orgánica. Fundo los Pichones, Tacna 2019

F/V	GL	SC	CM	Fc	F α		Sign.
					0,05	0,01	
Tratamiento	9	0,234	0,026	0,753	2,25	3,15	NS
Bloques	3	0,116	0,039	1,122	2,96	4,60	NS
Error	27	0,933	0,035				
Total	39	1,284					

C.V. = 2,80 %

Nota. F/V: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, SM: Suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, Fc: F calculada, F α : F tabular, NS: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

4.3.5. Número de granos por hilera

En el análisis de varianza, tabla 56, para los resultados el número de granos por hilera, donde no se encontró significancia estadística para bloques [$F_{c(g1:9/27)} = 0,47 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 0,94$], es decir, hay homogeneidad entre bloques. De manera similar, no hay diferencias significativas para tratamientos [$F_{c(g1:9/27)} = 0,97 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,25$]; en consecuencia, la aplicación de materia orgánica no incidió en el número de granos por hilera, y que no son significativamente diferentes los tratamientos; por esta razón, no es necesario realizar el test de Duncan. El término medio del número de granos por hilera de la mazorca es 27,81 cm, y el coeficiente de variabilidad fue de 9,74 %.

Tabla 56

Análisis de varianza para el número de granos por hilera de maíz morado con aplicación de materia orgánica. Fundo los Pichones, Tacna 2019

F/V	GL	SC	CM	Fc	F α		Sign.
					0,05	0,01	
Tratamiento	9	63,989	7,110	0,968	2,25	3,15	NS
Bloques	3	20,797	6,932	0,944	2,96	4,60	NS
Error	27	198,293	7,344				
Total	39	283,078					
C.V. = 9,74 %							

Nota. F/V: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, SM: Suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, Fc: F calculada, F α : F tabular, NS: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

4.3.6. Número de hileras por mazorca

En el análisis de varianza, tabla 57, para los resultados el número de hileras por mazorca, no se encontró significancia estadística para bloques [$F_{c(g1:9/27)} = 1,29 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,96$], es decir, hay homogeneidad entre bloques. De manera similar, no hay diferencias significativas para tratamientos [$F_{c(g1:9/27)} = 1,66 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,25$]; en consecuencia, la aplicación de materia orgánica no incidió en el número de hileras por mazorca, y que no son significativamente diferentes los tratamientos, por esta razón no es necesario realizar el test de Duncan. La media del número de hileras por mazorca es de 11,36 unidades, y el coeficiente de variabilidad fue de 3,18 por ciento.

Tabla 57

Análisis de varianza de hileras por mazorca del maíz morado con aplicación de materia orgánica. Fundo los Pichones, Tacna 2019

F/V	GL	SC	CM	Fc	F α		Sign.
					0,05	0,01	
Tratamiento	9	1,952	0,217	1,659	2,25	3,15	NS
Bloques	3	0,508	0,169	1,297	2,96	4,60	NS
Error	27	3,529	0,131				
Total	39	5,989					

C.V. = 3,18 %

Nota. F/V: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, SM: Suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, Fc: F calculada, F α : F tabular, NS: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

4.3.7. *Peso de mazorca*

En el análisis de varianza tabla 58, para los resultados de pesos de mazorcas, donde no se encontró significancia estadística para bloques [$F_{c(g1:9/27)} = 2,14 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,96$], es decir, hay homogeneidad entre bloques. De manera similar, no hay diferencias significativas para tratamientos [$F_{c(g1:9/27)} = 0,74 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,25$]; en consecuencia, la aplicación de materia orgánica no incidió en los pesos de mazorcas, y que no son significativamente diferentes los tratamientos; por esta razón, no es necesario realizar el test de Duncan.

El término medio del peso de mazorca es 136,61 días, y el valor del coeficiente de variabilidad es 14,98 %.

Tabla 58

Análisis de varianza para peso de mazorca del maíz morado con aplicación de materia orgánica. Fundo los Pichones, Tacna 2019

F/V	GL	SC	CM	Fc	F α		Sign.
					0,05	0,01	
Tratamiento	9	2795,238	310,582	0,741	2,25	3,15	NS
Bloques	3	2714,257	904,752	2,159	2,96	4,60	NS
Error	27	11312,460	418,980				
Total	39	16821,955					

C.V. = 14,98 %

Nota. F/V: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, SM: Suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, Fc: F calculada, F α : F tabular, NS: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

4.3.8. *Peso de grano*

En el análisis de varianza tabla 59, para los resultados de pesos de grano, no se encontró significancia estadística para bloques [$F_{c(g1:9/27)} = 1,52 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,96$], es decir, hay homogeneidad entre bloques. De manera similar, no hay diferencias significativas para tratamientos [$F_{c(g1:9/27)} = 1,09 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,25$]; en consecuencia, la aplicación de materia orgánica no incidió en los pesos de grano, y que no son significativamente diferentes los tratamientos; por esta razón, no es necesario realizar el test de Duncan.

La media del peso de grano de mazorca es 123,48 gramos, y al calcular el coeficiente de variación resultó 21,14 %.

Tabla 59

Análisis de varianza para peso de grano de maíz morado con aplicación de materia orgánica. Fundo los Pichones, Tacna 2019

F/V	GL	SC	CM	Fc	F α		Sign.
					0,05	0,01	
Tratamiento	9	6669,267	741,030	1,088	2,25	3,15	NS
Bloques	3	3104,656	1034,885	1,519	2,96	4,60	NS
Error	27	18397,622	681,393				
Total	39	28171,544					

C.V. = 21,14 %

Nota. F/V: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, SM: Suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, Fc: F calculada, F α : F tabular, NS: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

4.3.9. *Peso de tusa o coronta*

En el análisis de varianza, tabla 60, para los resultados de pesos de coronta, no se encontró significancia estadística para bloques [$F_{c(g1:9/27)} = 0,29 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,96$], es decir, hay homogeneidad entre bloques. De manera similar, no hay diferencias significativas para tratamientos [$F_{c(g1:9/27)} = 0,53 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,25$]; en consecuencia, la aplicación de materia orgánica no incidió en los pesos de coronta, y que no son significativamente diferentes los tratamientos, por esta razón no es necesario realizar el test de Duncan.

El término medio del peso de tusa es 33,81 gramos, y el valor de 15,32 % es coeficiente de variación.

Tabla 60

Análisis de varianza para tusa o coronta de maíz morado con aplicación de materia orgánica. Fundo los Pichones, Tacna 2019

F/V	GL	SC	CM	Fc	F α		Sign.
					0,05	0,01	
Tratamiento	9	128,558	14,284	0,532	2,25	3,15	NS
Bloques	3	23,097	7,699	0,287	2,96	4,60	NS
Error	27	724,319	26,827				
Total	39	875,975					

C.V. = 15,32 %

Nota. F/V: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, SM: Suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, Fc: F calculada, F α: F tabular, NS: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

4.3.10. Rendimiento

En la tabla 61 del análisis de varianza de los resultados del rendimiento, no se encontró significancia estadística para bloques [$F_{c(g1:9/27)} = 2,48 < F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,96$], es decir, hay homogeneidad entre bloques. Sin embargo, se observa que hay significancia estadística para tratamientos [$F_{c(g1:9/27)} = 2,31 > F_{0,05; (g1:9/27)} = 2,25$] con materia orgánica, es señal de la existencia de diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos. El coeficiente de variabilidad es de 14,23 % significa que es aceptable y confiable para las condiciones de campo.

Tabla 61

Análisis de varianza para rendimiento (Kg) de maíz morado con aplicación de materia orgánica. Fundo los Pichones, Tacna 2019

F/V	GL	SC	CM	Fc	F α		Sign.
					0,05	0,01	
Tratamiento	9	31226249,111	3469583,235	3,203	2,25	3,15	*
Bloques	3	3371389,664	1123796,555	1,037	2,96	4,60	NS
Error	27	29250153,036	1083339,001				
Total	39	63847791,811					

C.V. = 14,23 %

Nota. F/V: Fuente de variación, GL: Grados de libertad, SM: Suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, Fc: F calculada, F α: F tabular, NS: No significativo, *: Significativo, **: Altamente significativo

Para calcular las diferencias entre las medias entre los tratamientos, se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 %.

Tabla 62

Test de Duncan al 5 % para el rendimiento (Kg/ha) del cultivo de maíz morado con aplicación de materia orgánica. Fundo los Pichones, Tacna 2019

Nivel de abonamiento (t/ha) Híbrido	Tratamientos	Orden de mérito	Media (kg/ha)	Significancia	
40 EV, PMV-581	T7	1	8678,62	A	
Fertilización, PMV-581	T10	2	8169,37	A	B
30 ECS, PMV-581	T8	3	8046,52	A	B
40 ECS, PMV-581	T9	4	7929,36	A	B
30 EV, PMV-581	T6	5	7464,69	A	B
40 EV, INIA-615	T2	6	6874,38		B C
30 ECS, INIA-615	T3	7	6847,52		B C
Fertilización, INIA-615	T5	8	6847,44		B C
40 ECS, INIA-615	T4	9	6847,39		B C
30 EV, INIA-615	T1	10	5462,37		C

Nota. Fertilización: 200 N - 150 P₂O₅ - 120 K₂O, EV: Estiércol de vacuno, ECS: Estiércol de camélido sudamericano

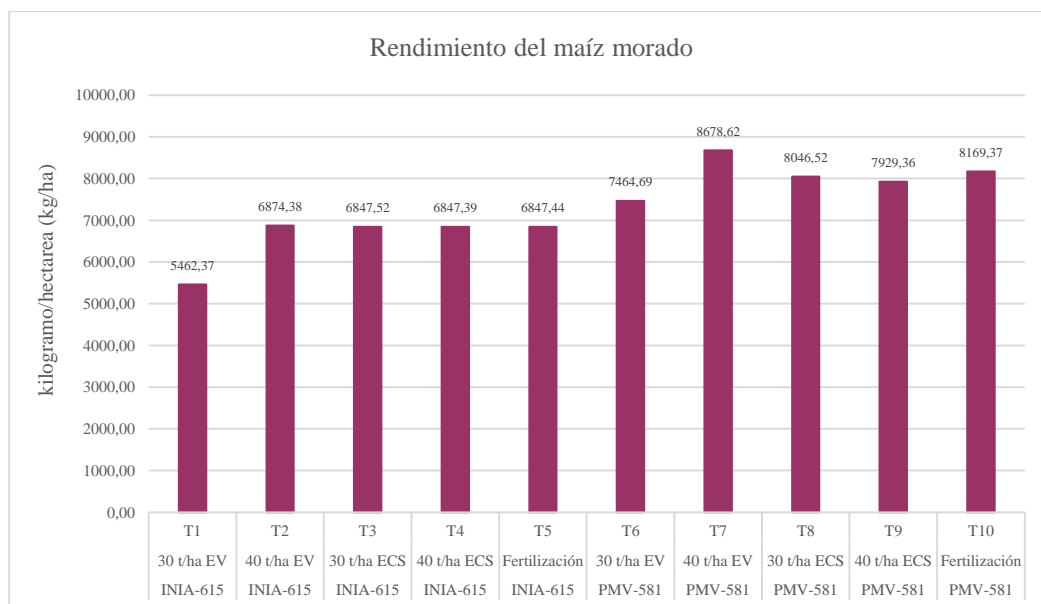
El test de Duncan, al 5 %, en la tabla 62, muestra que no existe diferencias estadísticas entre los cinco primeros tratamientos T7, T10, T8, T9 y T6, los que alcanzaron los siguientes valores 8 678,62; 8 169,37; 8 046,52; 7 929,36 y 7 464,69 kilogramo por hectárea.

Sin embargo, el tratamiento T7 (8 678,62 kg/ha) con el híbrido PMV-581 con aplicaciones de 40 t/ha de estiércol de vacuno supera a los tratamientos T2, T3, T5, T4 y T1, son estadísticamente similares los tratamientos T10, T8, T9, T6, T2, T3, T5 y T4. Finalmente, decimos que no hay diferencias estadísticas entre los cinco últimos tratamientos.

Se puede observar que, en la figura 37, las diferencias de las medias del rendimiento del maíz morado donde el tratamiento T7 (8 678,62 kg/ha) con el híbrido PMV-581 con aplicaciones de 40 t/ha de estiércol de vacuno fue superior a los demás tratamientos.

Figura 37

*Rendimiento ($Kg\ ha^{-1}$) de maíz morado (*Zea mays L.*) con aplicación de materia orgánicos en el Fundo los Pichones Tacna 2019*



DISCUSIÓN

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO CULTIVADO CON MAÍZ MORADO (*Zea mays L.*)

Textura del suelo (%)

El manejo intensivo de los cultivos afecta a la calidad del suelo, incorporando materia orgánica e inorgánica se observan cambios en las propiedades físicas; sin embargo, se mantiene la clase textural (franco arenoso). Se observó que las partículas de arena en la línea base que fue de 75 % a los 250 días, los tratamientos disminuyeron sus porcentajes, presentando con el más alto porcentaje al tratamiento T10 con 67,38 % y con el más bajo porcentaje al T9 con 52,70 %.

Con respecto a la arcilla donde el porcentaje de la línea base fue 20,00 %, con la aplicación de materia orgánica e inorgánica a los 250 días decrece entre 19,18 % en el T3 y 11,38 en el T2; al contrario, con la línea base del limo 5,00 % donde el porcentaje a los 250 días se incrementa entre T1 con 22,73 % y T10 con 20,99 %; no obstante, estos resultados no modificaron la clase textural del suelo.

Vankeirsbilck, Barraco y Maekawa (2014) mencionan que suelos arenosos o franco arenosos, retienen menos materia orgánica que con más proporción de limo y arcilla. Por otra parte, Herrera (2015) manifiesta que los suelos franco arenoso contienen arcilla (0 a 20 %), limo (0 a 50 %) y arena (43 a 80 %). Las características agrícolas de este suelo son generalmente propicias para el crecimiento de varios cultivos y son suelos muy productivos si se manejan adecuadamente. De igual manera, Arévalo (2014) indica que aplicando materias inorgánicas y orgánicas no modifica la clase textural del suelo, al contrario, afectan positivamente las características químicas y físicas, del suelo.

Capacidad de campo CC (%)

La capacidad de campo CC (%) es la cantidad de humedad o agua retenida en un suelo después que el excedente de agua se haya drenado y que la tasa de drenaje sea prácticamente nula (Ojeda, Mc Leod, Águila y Pino, 2018). La capacidad de campo registrado en la línea base es de 14,00 %, después de aplicar abonos orgánicos y fertilizantes químicos, a los 250 días se observa incrementa en el promedio de los tratamientos ente 15,33 y 16,53 % y a los 450 de la línea base ligeramente disminuye en el promedio de los tratamientos a 14,90 y 15,95 %.

Según la tabla orientativa de Garrido (1994), los niveles que se obtuvieron están en el rango de 12 a 20 % que indica que la capacidad de campo es media baja. Según Silva (2020), en sus evaluaciones de la CC de los suelos del transecto Huaura con textura franco arenosos, varía desde 28,49 % hasta 13,00; además, contienen bajos niveles de materia orgánica, lo que permite asumir que los suelos no almacenan agua en un nivel óptimo para el desarrollo normal de los cultivos, haciéndose necesaria de una aplicación eficiente de los riegos.

Punto de marchitamiento permanente PMP (%)

El punto de marchitamiento permanente (PMP) es la cantidad de agua del suelo donde las hojas de las plantas que crecen en él se marchitan y no podrán regenerarse (Flores, 2010). Se determinó el valor de 6,20 % en la línea base. Al aplicar abonos orgánicos e inorgánicos a los 250 días, se incrementó en los tratamientos entre 6,12 y 7,04 %, luego de la siembra de dos variedades de maíz morado, a los 450 días decrece en los tratamientos entre 5,32 y 6,26 %.

Los resultados obtenidos están dentro del rango establecidos (6,00 a 7,50 %) por Guerrero (1998) para suelos franco. Cuando la humedad disminuye acercándose al PMP, las plantas se afectan, se obstaculiza su desarrollo y al final disminuye mucho el rendimiento. Por ello, si se desea que las plantas se desarrollen normalmente, se debe tener lo antes mencionado en cuenta y mantener la humedad del suelo muy por encima del PMP (Roblero y Mejía, 2016).

Densidad aparente (g cm⁻³)

La densidad aparente del suelo (DA) es el cociente que resulta de dividir el peso de suelo seco entre el volumen total, incluyendo los poros (Cisneros, 2013). En el análisis de suelo, la línea base mostró 1,48 g cm⁻³; a los 250 días después de la aplicación de abonos orgánicos e inorgánicos, aumentó la DA en los tratamientos, cuyos datos están entre 1,49 y 1,51 g cm⁻³; después, se cultivó dos híbridos de maíz morado y, a los 450 días, la DA disminuyó en los tratamientos. Estos datos están entre 1,36 y 1,46 g cm⁻³. García, Rodríguez, Arias, Barrera y Kearney (2015) obtuvieron similares resultados: el suelo varió entre franco arenoso y franco arcillo arenoso; densidad entre 1,19 g/cm³ a 1,57 g/cm³. Salamanca y Siavosh (2005) determinaron que la DA aumentó con la profundidad y presenta una relación alta con los contenidos de materia orgánica y humedad del suelo. Además, Domínguez, Ressa, Jorajuria, Balbuena y Mendivil (2005) confirman que, a medida que se incrementa el contenido de materia orgánica, el valor de la densidad aparente disminuye; mientras que, si la materia orgánica desciende, aumenta la densidad aparente. Lo anterior se debe a que la materia orgánica favorece la estructura del suelo y hace que aumente la porosidad; por ende, el volumen del suelo, dando como resultado una disminución en la densidad aparente.

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO CULTIVADO CON MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.)

pH del suelo

El pH, o la cantidad de iones de hidrógeno libres presentes en el suelo, también conocido como acidez del suelo, se interpreta usando la escala de pH, va desde 0 hasta 14. Los suelos con pH sobre 7 son básicos o dulces, con pH bajo 7 son ácidos o amargos y con pH de valor 7 no es ni ácido ni básico, sino es neutro (Rivera, Sánchez y Domínguez, 2018). En la línea base del suelo el valor del pH fue 4,20; después de aplicar abonos orgánicos e inorgánicos a los 250 días el pH se incrementó en los tratamientos, estos valores están entre 4,37 y 6,36 es decir tiene pH ácidos. Posteriormente, se cultivó dos híbridos de maíz morado y, a los 450 días, se observa un ligero descenso del pH en

los tratamientos, estos valores se encontraron entre 4,14 y 6,13. En efecto Espinosa y Molina (1999) afirman que la acumulación de sales afecta las mediciones de pH. Esto puede ocurrir por procesos naturales como la degradación de la materia orgánica a través de los microorganismos del suelo o por el suministro de fertilizantes. Razones por la que las lecturas de pH cambian cuando se toma una muestra de un mismo sitio en diferentes épocas del año. Bernal et al. (2015) refieren que el valor del pH de los suelos es una característica muy importante, ya que, de esta propiedad, dependen una serie de funciones que tienen relación con los cultivos, como por ejemplo la asimilación de nutrientes por los cultivos, el desarrollo de la microflora y la generación de iones que pueden resultar tóxicos para las plantas, como el aluminio.

Materia orgánica (%)

La fracción de materia orgánica (MO) del suelo excluyendo residuos vegetales y animales sin descomponer y, entre sus componentes, se incluyen los residuos vegetales y animales en descomposición (10- 20 %), la biomasa microbiana (1-5 %) y el humus (50- 85 %) (García, 2003). La evaluación se inició con la línea base según el análisis de suelo muestra 1,16 %, luego se realizó la aplicación de abonos orgánicos e inorgánicos y a los 250 días, se incrementó el valor de la MO de los tratamientos. Estos valores están entre 2,03 y 4,61 %; posteriormente, después de cultivar dos híbridos de maíz morado, a los 450 días, se apreció que la MO disminuyó ligeramente de los tratamientos. Estos valores están entre 1,08 y 3,66 %.

Según Milian (2015), todo material orgánico acabará siendo mineralizado, la diferencia es el tiempo que puede tardar en hacerlo. Sin embargo, Unger y Stewart (1974); Mathers y Stewart (1980) afirman que la MO en el suelo aumentó de 1,4 % a 2,8 % con la incorporación de 134 t/año de boñiga de vacuno fresco por hectárea en el transcurso cuatro años, lo que representa un incremento de 200 %, Por consiguiente, Trinidad y Velasco (2016) refieren que los abonos orgánicos tienen diferentes efectos benéficos en las características físicas del suelo, mejoran la estructura, disminuye la densidad aparente, aumenta la porosidad, aireación e infiltración y detención de agua; disminuye el escurrimiento superficial del agua, aumenta la firmeza de los agregados y evita la degradación del suelo (Trinidad y Velasco, 2016).

Conductividad eléctrica (mS/cm)

La posibilidad del suelo para la conducción corriente eléctrica al aprovechar la propiedad de las sales en la conducir de esta (INTAGRI, 2017); entonces la conductividad eléctrica (CE) del suelo es una medida indirecta de la concentración de sales. El suelo naturalmente tiene disueltas sales, por lo que la conductividad eléctrica puede ser muy baja pero nunca nula (Cremona y Enriquez, 2020). La evaluación se inició realizando el análisis del suelo de la línea base como donde la CE es de 2,41 mS/cm, luego de aplicar abonos orgánicos e inorgánicos se realizó el análisis de suelos a los 250 días incrementándose el valor de la CE en todos los tratamientos. Estos valores están entre 2,48 y 2,89 mS/cm. Se cultivó dos híbridos de maíz morado y, a los 450 días, disminuyó la CE en todos los tratamientos, cuyos valores están entre 1,93 y 2,34 mS/cm. En consecuencia, Lutens y Salazar (1999) sostienen en particular la conductividad eléctrica (Ce), los valores entre 0 - 0,8 dS/m (0 - 800 μ S/cm) son aceptables para el crecimiento de los cultivos. En cambio, Cremona y Enriquez (2020) mencionan que, en el caso de una elevada conductividad eléctrica, será entonces perjudicial para el crecimiento de las plantas, en función de la tolerancia de cada especie, así también el excesivo uso de fertilizantes o algunos abonos con elevada conductividad eléctrica, también puede incrementar la salinidad en el suelo. Por otro lado, Corwin et al. (1999) mencionan que la CE se ve influenciada por el contenido de agua, el de arcilla y la presencia de iones intercambiables en el suelo. Así mismo, Allaire et al. (2012) afirman que son capaces de conducir la corriente eléctrica y que inciden en las características nutritivas del suelo. Estas propiedades están claramente asociadas con la salinidad del suelo y su estimación y predicción espacial representan un especial interés científico, para nuevas aplicaciones agrícolas o ambientales.

Capacidad de intercambio catiónico CIC (meq/100gs)

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo es la cuantía del integro de cargas negativas disponibles en la superficie de las moléculas del suelo, principalmente en las caolinitas y en la MO. (Mora, Alcalá y González, s.f). Al inicio del experimento, el nivel de la CIC fue 8,60 meq/100gs, al incorporar los fertilizantes químicos y abonos orgánicos, la CIC a los 280 días aumento en los tratamientos. Estos niveles están entre

8,90 y 11,07 meq/100gs. Después de cultivar dos híbridos de maíz morado, los niveles de CIC ligeramente disminuyeron en los tratamientos. Estos niveles se encuentran entre 8,35 y 10,52 meq/100gs. Según Ramírez (1997), los procesos más importantes en la planta son la fotosíntesis y el intercambio catiónico en el suelo. Así mismo, Mora, Alcalá y González (s.f.) dicen que el CIC y la MO son parámetros que indican la fertilidad en los suelos, razón por la que es relevante determinar si se encuentran en cantidades y a la profundidad idónea para las plantas. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es un indicador indirecto de la aptitud amortiguadora de los suelos (Pérez et al., 2017).

Nitrógeno orgánico (%)

Los altos requerimientos de nitrógeno de las plantas lo convierten en un factor limitante en todos los suelos, es un nutrimento importante para el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Quiroga y Bono, 2012). Al inicio del período de estudio, se fijó una línea base donde 0,06 % fue el porcentaje de nitrógeno orgánico (NO). Después se aplicó abonos orgánicos y fertilizantes químicos en los tratamientos y, a los 250 días, se incrementó el NO. Este intervalo fluctuó entre 0,09 y 0,20 %. Posteriormente, se sembró dos híbridos de maíz morado y, a los 450 días, se observó una ligera disminución de los valores del NO en los tratamientos. Estos valores fluctúan 0,04 y 0,15 %. Según Quiroga y Bono (2012), los altos niveles de NO posibilitan liberar mayores cantidades de nitratos en el suelo. En los suelos de la región semiárida y subhúmeda pampeana las concentraciones de NO, para los niveles más bajos, son de 4 000 kg ha⁻¹; mientras que, para niveles altos, son de 12 000 kg ha⁻¹ para todo el perfil del suelo. Broadbent (1984) afirma que la mayor cantidad de N orgánico se encuentra en las primeras capas del suelo. Cuando se agregan volúmenes importantes de materiales orgánicos, la mineralización provee de 0,5 a 2 kg/ha por día, lo que equivale a 20 -80 % de los requerimientos por las plantas, dependiendo del tipo de cultivo y las clases de los suelos. Además, Acevedo et al. (2011) indican ventajas del sistema orgánico después de ocho ciclos de cultivo de maíz fueron, un mejoramiento de las condiciones del suelo en la capa superficial (0 - 30 cm), al aumentar la concentración de materia orgánica de 1,66 a 1,83 %, una mayor concentración de N orgánico y de N total, debido a que las reservas de N total se incrementaron 40 %, de las cuales más del 95 % correspondieron a las reservas de N

orgánico. La ventaja del sistema convencional después del mismo periodo en el cultivo de maíz fue una mayor disponibilidad de nitrato, amonio y N mineral en la capa arable (0-30 cm) (Acevedo et al., 2011).

Fósforo (ppm)

El fósforo (P) es elemento principal para el desarrollo de las plantas. Sus funciones no pueden ser ejecutadas por ningún otro nutriente, se requiere un adecuado suplemento de P para que la planta crezca y se reproduzca en forma óptima. La conglomeración total de P en las plantas fluctúa entre 0,1 a 0,5 % (Munera y Meza, 2012). Determinando la línea base, el contenido de P fue de 28,60 ppm; luego, se suministró la materia orgánicos y fertilización química y, a los 250 días, se ha evaluado la cantidad de P en el suelo, se ve el aumento en todos los tratamientos. Estos valores están entre 28,22 y 32,59 ppm. En el experimento, se cultivó dos híbridos de maíz morado y, a los 450 días, decreció el contenido de P en los análisis de los tratamientos, cuyos valores están entre 27,17 y 33,97 ppm. De acuerdo con lo reportado por Vivas, Vera y Albrecht (2009), en los sistemas de siembra directa, el P es incorporado en cantidades variables, según necesidad. Cuando los niveles de P están próximos a los 15 ppm en la capa superficial (0-20 cm), pequeñas cantidades como arrancador pueden ser suficientes. Según Giuffré et al. (1998), las prácticas agrícolas provocaron una disminución de todas las formas de P del suelo; pero, el P orgánico se comporta como una fracción bastante estable. Silva, Rollán y Bachmeier (2006) mencionan respecto a las cantidades de fósforo en el suelo, varían con la dosis y fuente utilizada. La aplicación de fosfato monoamónico aumenta significativamente las cantidades del nutriente en el suelo.

Potasio (ppm)

El potasio se sitúa en la solución del suelo entre 1 y 10 ppm; potasio intercambiable entre 40 y 600 ppm, fijado en las arcillas entre 50 y 750 ppm y en la estructura de los minerales entre 5 000 y 25 000 ppm. Tanto el potasio en solución del suelo como el intercambiable son las formas de “K disponible” y sirve para evaluar la fertilidad potásica del suelo. Las formas disponibles representan menos del 10 % del potasio total del suelo. En este estudio, se consideró una línea base donde el contenido de

K fue de 348 ppm. Luego, se realizó aplicaciones de abonos orgánicos e inorgánicos y, después de 250 días, se midió el contenido de K disponible, se observó el incremento en todos los tratamientos, cuyos valores se encuentran entre 368,54 y 423,01 ppm; después, se cultivó dos híbridos de maíz morado y, a los 450 días, se observó ligero descenso en la cantidad de K en todos los tratamientos. Estos valores están entre 366,99 y 421,46 ppm. Juaréz (2018), en su estudio, sostiene que el contenido de K está entre 100 a 220 ppm calificando como suelos con un nivel medio de potasio. Según Molina (s.f.), el P es un elemento de gran importancia en la nutrición de las plantas el contenido de P disponible en el suelo se expresa en mg/l o ppm, siendo el nivel crítico de 10 mg/l, lo que significa que existe 10 kg de P por cada millón de kg de suelo. La importancia del P es mayor para las plantas anuales de rápido crecimiento, como la papa (50 mg/l) o el melón (30 mg/l). en fertirriego valor mínimo debe ser de 20 mg/l.

Calcio (me/100gs)

El Calcio (Ca) es un elemento químico que convierte un suelo estéril en fértil. Su contenido en el suelo es muy variable, siendo la media estimada de 1,37 %. La carencia de calcio en los cultivos no solo es un problema de disponibilidad en el suelo, sino que también es debida a una deficiente distribución en la planta (Agricultura, 2017).

De acuerdo a la línea base, el contenido de Ca fue de 6,90 me/100gs. Se realizaron aplicaciones de abonos orgánicos e inorgánicos y, a los 250 días, se incrementó el contenido de Ca en los tratamientos. Estos valores están entre 8,21 y 10,96 me/100gs. Luego, se cultivó dos híbridos de maíz morado y, a los 450 días, el contenido de Ca en el suelo descendió ligeramente, cuyos valores están entre 7,56 y 10,21 me/100gs.

Según Monge et al. (1994), el contenido de calcio en las plantas varía entre el 0,1 y el 5 % de su peso seco, en función de la especie, del órgano y del estado de crecimiento. Barber et al. (1963) refieren que la concentración de iones totales en la disolución del suelo varía según el tipo del mismo, pero, en la mayoría de los casos, el 60-80 % del total de estos iones se encuentra como Ca^{++} y, aunque las raíces aprovechan menos del 3 % del calcio disponible. Esta cantidad es suficiente para satisfacer las demandas que tienen los frutales.

Magnesio (me/100gs)

El magnesio (Mg) disponible en el suelo corresponde al Mg^{2+} en la solución del suelo y al Mg^{2+} intercambiable, ambas formas son asimilables por las raíces de las plantas y están en equilibrio con el Mg^{2+} no intercambiable adsorbido en la fase sólida (coloides como arcillas y materia orgánica y, minerales primarios y secundarios) del suelo (Vistoso y Martínez, 2020). Con la línea base, se determinó el contenido de magnesio en 1,32 meq/100gs. Se realizó aplicaciones de abonos orgánicos e inorgánicas y, a los 250 días, se determinó en el suelo aumento la concentración de Mg en todos los tratamientos. Estos valores están entre 1,67 y 2,46 meq/100gs. Posteriormente, se cultivó dos híbridos de maíz morado y, a los 450 días, se analizó el suelo donde decreció el contenido de Ca en todos los tratamientos. Estos valores están entre 1,42 y 2,38 meq/100 gs. Bolda (2016) menciona que la mayoría de los suelos no se considera insuficiente a menos que el Mg intercambiable sea menos de 25-50 ppm. Li et al. (2001) dicen que el Ca es de lenta asimilación, tanto en la planta como en el suelo, es decir, en lo posible debe encontrarse soluble en el suelo y aprovechable por las plantas, aunque estudios recientes, según Dayod et al. (2010), han demostrado que puede entrar en pequeñas cantidades vía apoplasto, cantidad insuficiente para satisfacer las necesidades de las plantas. Mikkelsen (2010) refiere que existe un amplio rango de datos sobre remoción de Mg en los cultivos, dependiendo del suplemento de Mg del suelo, las condiciones de crecimiento, la especie de planta cultivada y los niveles de rendimiento. Un cultivo de remolacha azucarera de alto rendimiento puede tomar hasta 90 kg de Mg ha⁻¹, las pasturas y el maíz de ensilaje pueden remover hasta 56 kg de Mg ha⁻¹. En general, los cereales remueven cantidades menores de Mg a la cosecha comparado con tubérculos y muchos frutales. De todas las formas de pérdida de Mg, la remoción en cosechas abundantes es la condición deseada. Por otra parte, INTAGRI (2015) dice que la mayoría del Mg contenido en el suelo proviene de la descomposición de minerales, los suelos ubicados en climas templados presentan rangos de concentración de 5 a 50 ppm y en suelos de climas áridos oscila entre 120 a 2400 ppm. Las pérdidas por lixiviación dependen de la concentración del elemento en el suelo y del régimen de lluvias, los valores reportados van desde 5 hasta 68 kg/ha/año de pérdidas, siendo los suelos de textura arenosa los más afectados. Las fertilizaciones excesivas de potasio pueden disminuir la disponibilidad de Mg, al igual que un exceso de

Ca inhibe la absorción del elemento y también se puede perder por efecto de la erosión. El magnesio intercambiable que generalmente llega hasta el 5 % del magnesio total es absorbido por superficies de minerales de arcilla y materia orgánica y, por tanto, fácilmente liberado por otros cationes como K^+ y Ca^{2+} . La liberación de magnesio por esta fracción, generalmente, es muy lenta e insuficiente para suplir la demanda de cultivos en rápido crecimiento. Un alto porcentaje de la tierra apta para palma de aceite consta de suelos ácidos, generalmente con contenido de magnesio intercambiable por debajo de $40 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ($0,16 \text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$), donde la saturación con aluminio es alta (60 % de la CIC). (Ross, 2004).

Sodio (me/100gs)

El sodio (Na) es el elemento más problemático para el manejo de la salinidad de los suelos, ya que incrementa el pH, deflocula la estructura del suelo que favorece la compactación, lo cual afecta el crecimiento de las plantas (Aceves, 1979). Se estableció la línea base, donde el contenido Na registro $0,30 \text{ me}/100\text{gs}$. se realizó aplicaciones se abonos orgánicos e inorgánicos. Se evaluó el suelo a los 250 días, reportando efectos positivos aumentando el contenido de Na para todos los tratamientos, valores que se encuentran entre $0,31$ y $0,59 \text{ me}/100\text{gs}$. Se siembran dos híbridos de maíz morado y a los 450 días los análisis muestran ligera disminución de Na en todos los tratamientos, valores que espantan entre $0,22$ y $0,50 \text{ me}/100\text{gs}$. Según Rodríguez et al. (2009), al igual que los iones cloro y boro, cada cultivo tiene un grado de tolerancia diferente al ión sodio, cultivos como el aguacate, maíz, frijol, cítricos, durazno, chícharo, lentejas, cacahuete, entre otros, son muy sensibles a la presencia de sodio, mientras que cultivos como alfalfa (más importante cultivo en la zona), cebada, betabel, remolacha, pasto rhodees, algodón son considerados tolerantes al sodio. Grageda et al. (2012) refieren que la mayor acumulación de sales está relacionado con el incremento de la profundidad, lo cual puede indicar un manejo adecuado del riego para el lavado de sales, es decir, riegos pesados, que reducen la concentración en el área importante de raíces absorbentes, aunque en algunos sitios ya existe el problema, debido a que se supera el nivel crítico de 486 mg kg^{-1} medidas en el extracto de saturación, que, de acuerdo a Miyamoto (2006), es cuando se inician los efectos negativos en el crecimiento del árbol.

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA SOBRE LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.)

Fenología del cultivo

La escala fenológica describe el ritmo cronológico del desarrollo vegetativo y reproductivo del maíz. En esta escala, se pueden visualizar la etapa vegetativa (V) que corresponde al número de hojas totalmente expandidas y las fases de reproducción que empieza con el surgimiento del estigma (R1) y finaliza en madurez fisiológica (R6) (Ritchie y Hanway, 1982). En esta investigación, no mostró significancia estadística en los híbridos PMV-581 e INIA-615; sin embargo, para el maíz morado INIA – 615, el tiempo que duró desde la siembra hasta la cosecha en promedio fue de 167,99; algo semejante ocurre con el maíz morado PMV – 58, cuya duración del ciclo productivo en promedio fue 166,85 días. Mientras que Justiniano (2010) comienza con la etapa VE cuando el coleoptilo alcanza el ras del suelo o conocido como la emergencia, ocurre aproximadamente siete DPS y finalizando con la etapa de la panoja o VT sucede a los 96 DPS. La época reproductiva del maíz comenzó con R1 o cuando afloran los estigmas ocurre a los 102 DPS y culminó con R6 o madurez fisiológica después de 179 DPS.

Emergencia

En efecto, la emergencia inicia cuando aparece la radícula y culmina cuando se visibiliza el coleóptilo al ras del suelo (Bewley y Black, 1994). Las plantas presentaron el coleóptilo en más del 50 por ciento; sin embargo, no existió diferencias significativas para los híbridos PMV-581 e INIA-615. Los promedios de esta fase alcanzaron a los 7,10 DPS en el híbrido INIA – 615 y a los 6,83 DPS en el híbrido PMV - 581. Estos resultados son similares a lo que reportó Justiniano (2010) en sus evaluaciones, donde reporta el inicio de este estado VE (emergencia) está a los 7 DPS.

Floración masculina

En siembras tempranas y tardías, se determinaron ciclos más largos a floración mientras que en las siembras de diciembre y enero, los ciclos fueron más cortos (Fassio et al., 1998). El análisis de varianza para los híbridos PMV-581 e INIA-615 en esta etapa

estadísticamente no existió diferencias significativas, lo que muestra que la floración masculina no estuvo influenciada por la incorporación de MO y fertilizantes químicos. Las plantas presentaron la panoja en campo, en más del 50 por ciento. En promedio, esta fase se alcanzó para los híbridos INIA-615 a los 93,21 DPS y PMV-581 a los 92,51 DPS. Pinedo (2015), al analizar en su trabajo de investigación, no halló significancia estadística entre variedades, es decir, son similares. La floración masculina en el híbrido PMV-581 sucedió a los 90,31 DPS y en el híbrido INIA-615 Negro Canaán a los 90,81 DPS. Ambos resultados son estadísticamente similares.

Floración femenina

La inflorescencia femenina es una espiga llamada también mazorcas, consta de su eje central o coronta, en ellas se implantan las flores que originan a los granos (Tapia y Fries, 2007). En esta etapa se observa en las plantas la presencia de la espiga en más del 50 por ciento. En las evaluaciones realizadas en esta etapa, no existió diferencias estadísticas significativas en consecuencia los abonos orgánicos y fertilizante químicos no tuvieron efecto en la floración femenina.

En promedio, esta fase se alcanzó para los híbridos INIA - 615 a los 98,84 DPS y PMV - 581 a los 97,89 DPS. De la misma forma, estos resultados son estadísticamente similares a los obtenidos por Pinedo (2015) que sembró el ejemplar PMV-581 e INIA-615 donde a los 98,06 y 97,69 DPS respectivamente ocurrió la floración femenina. Al no ser significativa, demuestra que los abonos orgánicos y fertilizante químico, no influyeron en la floración femenina cuya media es 98,14 días, y el valor del CV es 1,90 %.

Atura de planta

El análisis de varianza indica que no hay evidencias significativas, en consecuencia, los abonos orgánicos y fertilizante químico no influenciaron en la altura de la planta, cuya media fue 276,53 cm. Según Pinedo (2015), los resultados obtenidos son estadísticamente similares. De las cuatro fórmulas de abonamiento (f), con la f (18-46-30) y f(120-120-100), se alcanzó la mayor y menor altura con 2,09 y 2,01m respectivamente. Se puede señalar que Paucarima (2007) registró con la f (290-140-240) la mayor altura (2,84 m).

Manrique (1999), en la sierra central, cultivó el ejemplar PMV-581 y las plantas alcanzaron alturas de hasta 2 metros. Cruzado (2008), con la fórmula de abonamiento 180 N -120 P- 60 K, registró la altura promedio en 1,95 m; en consecuencia, se puede obtener mejores alturas de planta. Esto se debe al incremento paulatino de la dosis de fósforo en la fertilización.

Longitud de mazorca

En el ANOVA, no existió diferencias estadísticas significativas, lo que demuestra que los abonos orgánicos y fertilizante químico no influenciaron en la longitud de la mazorca. En promedio, la longitud de mazorca fue 16,46 cm y el coeficiente de variabilidad fue de 8,95 %. Por otra parte, Pinedo (2015), en sus evaluaciones, no encontró diferencias significativas entre niveles de fertilización.

La mejor media de longitud de mazorca encontrado fue de 13,81 cm con el nivel f3 (120- 110- 80) y la menor media presentó el nivel f2 (120 - 90 - 60) con 12,99 cm. Cabe destacar que Paucarima (2007), para la PMV-581, obtuvo el mayor promedio de longitud de mazorca con el nivel (290-140-240). Mientras que Roca (1992), refiere que el ecotipo local de maíz morado asociado con frejol alcanzó una longitud de 14,9 y 15,20 cm y en monocultivo 15,20 cm. Asimismo, Huamán (2001) menciona que la línea de maíz morado INIA en monocultivo alcanzó 11,92 cm.

Diámetro de mazorca

El ANOVA mostró la no existencia de diferencias estadísticas significativas. por consiguiente, la incorporación de materia orgánicos y fertilización química no influyo en el diámetro de la mazorca. El término medio del diámetro de mazorca fue 6,63 cm. Mientas que Pinedo (2015) de modo similar no se encontró diferencias significativas entre las cuatro fórmulas de fertilización.

Con las siguientes fórmulas de fertilización f(120.110.80) y f (120-90-60), se han obtenido la mayor (4,20 cm) y el menor (4,01 cm) diámetro de mazorca. Sin embargo, Poma (2007), al cultivar el ejemplar PMV-581, las mazorcas obtuvieron 4,6 cm de diámetro. Cruzado (2009), de modo similar, registró en 4,82 cm el diámetro de mazorca.

Estas diferencias se deben a que son sembradas en diversas condiciones, también al proceso de adaptación de las semillas, a la particularidad de los fertilizantes y al cambio climático.

Número de granos por hilera

En el análisis de varianza, no hay evidencias significativas, indicándonos que los abonos orgánicos y fertilizante químico no afectaron a la cantidad de granos en cada hilera de la mazorca, cuya media fue 27,81 cm y el CV es de 9,74 %. De hecho, Pinedo (2015), al efectuar la prueba, todos los niveles resultaron estadísticamente iguales, después de usar estas dosis de fertilización f3 (120-11 0-80) y f2 (120-90-60) los granos en cada hilera de la mazorca las mayor y menor medias fueron 22,16 y 20,44 respectivamente. Por otra parte, Cruzado (2008), en Canaán, un pueblo de Ayacucho, experimentó con el ejemplar Negro Canaán o INIA 615 registrando 28,73 el mayor número de granos/hilera. Luego, Fernández (2009), empleando roca fosfórica (RF) de 500 a 400 kg/ha y Diatomita, la mayor media resultó 26,40 granos/hilera. En cambio, con el tratamiento sin fertilizante, resultó 21,28 menor granos/hilera. Además, Enciso (2005) registró la mayor (24,7) y menor (25,7) media de granos/hilera.

Número de hileras por mazorca

El ANOVA resulto no significativo, demostrando que los abonos orgánicos y fertilizante químico no influenciaron en la cantidad de hileras/mazorca, cuya media fue 11,36 unidades, y el coeficiente de variabilidad fue de 3,18 %. Sin embargo, Pinedo (2015) al efectuar la comparación de dosis de fertilizantes donde los efectos esperados fueron similares, utilizando la dosis: 180 N – 460 P – 300 K alcanzó la media de 10,48 de la cantidad de hileras/mazorca y a dosis de 120 N – 120 P – 100 K resulto la media de 10,18 la cantidad de hileras/mazorca.

Sin embargo, Fernández (2009) experimento en con el ejemplar INIA-615 Negro Canaán con dosis de 500 a 300 kg/ha de RF más Diatomita la cantidad de 10,0 hileras/mazorca y con dosis de 1000 a 200 kg/ha de RF más Diatomita la cantidad resulto en 10,58 hileras/mazorca. Bajo las condiciones similares, Huamán (2007), incorporando guano se isla al suelo y sembrando el ejemplar Negro INIA, alcanzó la cantidad de 9,76

hileras/mazorca. De manera similar, con el mismo ejemplar, Pinto (2001) registró una media de 10,45 hileras/mazorca. Para finalizar, De La Cruz (2009) obtuvo una media de 10,96 hileras/mazorca que resultó con el ejemplar PMV-581.

Peso de mazorca

Los resultados del análisis de varianza exponen que estadísticamente no hay significancia, lo que significa que los pesos de la mazorca no fueron influidos por la incorporación de abonos orgánicos y fertilizante químico, el valor de la media es 136,61 g, con un coeficiente de variación de 14,98 %. Estos valores son superiores a los reportados por Pinedo (2015), en sus investigaciones con los ejemplares INIA615 y PMV- 581 obtuvo el mayor con 100,18 g y menor con 81,06 g peso de mazorca respectivamente.

Peso de grano

La evaluación de los resultados del análisis de varianza expresa que no se halló significancia estadística, lo que nos indica que la materia orgánica y fertilizante químico no influyó en el peso de grano de mazorca, cuya media 123,48 gramos, y el coeficiente de variabilidad es de 21,14 % estos valores son superiores a los observados por Pinedo (2015), de la misma forma en su análisis no hay diferencias estadísticas para los resultados de la dosis de fertilizante, sin embargo la mayor media 78,38 g se produce con la fórmula de abonamiento 120 N - 110 P – 80 K y la menor media 67,13 g ocurrió con el uso de la fórmula de abonamiento 120 N – 90 P – 60 K. Por otro lado, Mayorga (2011) en su experimento sembró a diferentes marcos de plantación aplicando fertilizante con nitrógeno para ver su efecto de diferentes variables biométricas, por otro lado, con la dosis de 240, 120 y 0 kg/ha de nitrógeno, las medias de pesos resultaron 84,32; 82,50 y 77,60 g respectivamente.

Peso de tusa o coronta

Al incorporar al suelo abonos orgánicos o fertilizante químico, luego cultivar maíz morado no produjo ningún efecto significativo en los pesos de tusas, sin embargo, su media se estimó en 33,81 gramos con un CV de 15,32 %, estos datos son superiores a los

hallados por Pinedo (2015) además, la mayor media de 18,00 g resultó con la aplicación de la fórmula de fertilización 180 N – 460 P – 300 K y la menor media 15,38 g se obtuvo con la dosis de abonamiento 120 N – 90 P – 60 K.

Rendimiento

Las aplicaciones de materia orgánica y abonos químico luego del cultivo dos híbridos del maíz morado hay diferencias estadísticas significativas, luego de hacer las comparaciones, con la incorporación de 40 y 30 t ha⁻¹ de estiércol de vacuno al suelo y cultivados ejemplares de maíz morado PMV-581 e INIA-615 se obtuvo el mayor y menor rendimiento con 8 678,62 y 5 462,37 Kg/ha.

Por otra parte, Pinedo (2015), en sus resultados, sí existió diferencia estadística para las dosis de fertilizantes. Al aplicar la fórmula 120 N - 110 P – 80 K, se produjo 3,69 t ha⁻¹ el más alto rendimiento y al suministrar la fórmula 18 N - 46 P – 30 K se obtuvo 2,78 t ha⁻¹ el rendimiento más bajo, por otro lado, Solano (1999) evaluó la aplicación de NPK por fertirriego en el cultivo de los ejemplares Morado (Canteño), PMV581 (Huánuco) y PMV-581 (Cañete), resultando PMV-581 con el mejor rendimiento con 4,96 t ha⁻¹ fertilizado con la dosis 120 N-180 P -120 K. sin embargo Paucarima (2007) aplicando cuatro dosis de fertilización alcanzó a producir 10,08 t/ha, de la misma forma Fernández (2009) con el cultivo del ejemplar Negro Canaán (INIA - 615) logro producir 8,84 t/ha. Piña (2018) destaca que la variedad INIA 601 resultaron obtener cosechar de 1,30 a 3,36 t/ha, por otro lado, la producción del ejemplar UNC – 47 está entre 1,12 t/ha y 2,83 t/ha; estas cantidades cosechadas difieren con los valores que registró IEPARC (2016) cosechando alrededor de 5,5 t/ha.

Los valores de este trabajo de investigación son superiores respecto a los datos registrados por Solano (1999), porque, en su indagación al sembrar los ejemplares PMV-581 de Cañete, PMV 581 de Huánuco y Morado Canteño, bajo condiciones de fertirriego usó la fórmula de fertilización 120 N -180 P - 120 K; luego de la cosecha, encontró 4,96 t/ha el mayor rendimiento. Esto sucedió debido al empleo del fertirriego, el cual favoreció íntegramente en el riego y nutrición del cultivo, a diferencia de esta investigación donde se empleó riego por goteo. Por otra parte, Rabanal y Medina (2021) cultivaron el híbrido

INIA-601, alcanzando cosechas de 5,3 Mg/ha la mayor producción; sin embargo, los ejemplares MMM e INIA-615 en las dos el rendimiento fue de 4,6 Mg/ha; por el contrario, con el ejemplar UNC-47 produjo 4 Mg/ha y, con el híbrido PMV-581, se cosechó 3,5 Mg/ha. Finalmente, según Carbonelli (2020), al emplear microorganismos eficientes, es posible duplicar la producción; en su experimento, registró rendimientos entre $3,54 \pm 0,77$ t/ha y $6,53 \pm 0,77$ t/ha.

CONCLUSIONES

1. El uso de abonos orgánicos afecta a la calidad el suelo, incorporando materia orgánica e inorgánico se observan cambios en las propiedades físicas; sin embargo, en este estudio, se mantiene la textura franco arenoso. En la línea base en 0, 250 y 450 días después de la siembra (DPS), se observó incrementos y decrecimiento de las propiedades físicas. Esto ocurre debido a los procesos, reacciones que ocurren en el ecosistema del suelo, además a la extracción de nutrientes por los cultivos y diversos ciclos de vida que ocurren en la capa arable del suelo. La media de la capacidad de campo al inicio es de 14,70 %, a los 250 DPS fue 16,30 % y a los 450 DPS es de 15,54 %. La media del punto de marchitamiento permanente presentó al inicio 6,20 %, a los 250 DPS 6,65 % y a los 450 DPS 5,90. La densidad aparente en el análisis de suelo, los promedios en la línea base mostró $1,48 \text{ g cm}^{-3}$, a los 250 días posterior a la incorporación de la materia orgánica aumentó a $1,50 \text{ g cm}^{-3}$ y, a los 450 días, disminuyó el valor de la media a $1,40 \text{ g cm}^{-3}$. Lo precedente es posible, debido a que los abonos orgánicos mejoran la estructura del suelo.
2. Al realizar la evaluación de las características químicas de la capa arable del suelo sembrado con dos híbridos de maíz morado donde el valor del potencial de hidrogeno, materia orgánica, conductividad eléctrica, la capacidad de intercambio catiónico, el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y sodio, se incrementó posterior a la incorporación de materia orgánica a los 250 días, luego del cultivo del maíz morado decreció los valores a los 450 días.
3. En la escala fenológica, en la investigación, no existe significancia estadística en los híbridos INIA – 615 y PMV – 581; sin embargo, para el maíz morado INIA – 615, el promedio del periodo que transcurrió desde la siembra hasta la cosecha fue de 167,99. Algo semejante ocurre con el maíz morado PMV – 581, donde la media del ciclo productivo en promedio fue 166,85 días. La fase de la emergencia sucedió a los 6,97 días posteriores a la siembra (DPS), la media de la inflorescencia masculina fue

92,86 DPS, la floración femenina se presentó a los 98,36 DPS. y concluye con la madurez fisiológica a los 167,42 DPS.

Las aplicaciones de materia orgánica no tuvieron efecto en el comportamiento agronómico, debido a que estadísticamente no existen diferencia significativa, los híbridos INIA – 615 y PMV – 581 el promedio 276,53 cm de la altura de planta, la longitud/mazorca es de 16,46 cm, para diámetro/mazorca 6,63 cm; así mismo, se obtuvo la media de la cantidad de granos/hilera reportando 27,81 unidades y se registró 11,36 unidades para el promedio de la cantidad de hileras por mazorca.

Finalmente, respecto al comportamiento productivo del maíz morado sí fue ligeramente afectado con las aplicaciones de abonos orgánicos, los híbridos INIA – 615 y PMV – 581 respecto al peso de mazorca, tusa y grano estadísticamente son similares, porque, en las evaluaciones, no existe diferencias significativas; pero, el promedio del peso de mazorca fue de 136,61 gramos, la tusa en promedio registro 33,81 gramos y la media del peso del grano fue 123,48 gramos. Los híbridos INIA – 615 y PMV – 581 reportan buenos rendimientos. Las aplicaciones de abonos orgánicos influyeron en la producción de dos híbridos de maíz morado. En las evaluaciones, existe alta significancia estadística, donde el mayor rendimiento fue 8 678,62 Kg ha⁻¹, se observó con el híbrido PMV – 581 e incorporando 40 t/ha de estiércol de vacuno. El menor rendimiento 5 462,37 Kg ha⁻¹ fue con el híbrido INIA-615 y con aplicaciones de 30 t ha⁻¹ de estiércol de vacuno.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudios con diversos tipos de materia orgánica y con estiércoles previamente tratados, las aplicaciones con dosis superiores a las 40 toneladas por hectárea, para que la materia orgánica brinde efectos en la producción y en el mejoramiento de las características biológicas, físicas y químicas en el ecosistema del suelo.
2. Bajo las condiciones del presente trabajo de investigación y en la región costa, se recomienda sembrar el maíz morado híbrido PMV- 581 con aplicaciones de 40 toneladas estiércol de vacuno, previamente realizar un tratamiento con microorganismo para acelerar la descomposición.
3. De la experiencia de este trabajo, se sugiere realizar pruebas con diferentes sistemas de riego. El uso de una cinta por fila en este trabajo presentó ligeros inconvenientes en el riego. Se recomienda realizar pruebas instalando dos cintas de riego por fila, colocar antes de la siembra, poner lo más cerca de la planta y trabajar en lo posible trabajar sin dañarlas las cintas.
4. Para obtener mayores rendimientos en la producción del maíz morado, se sugiere utilizar el marco de plantación de 0,4 y 0,5 m entre planta y de 0,8 y 1 m entre fila; así mismo, sembrar con 5 semillas por golpe, para que al final queden 4 plantas por golpe.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, W., Medina, A. y Injante, P. (2014). *Boletín Informativo - INIA, maíz INIA 601*. Programa Nacional de Innovación Agraria en maíz. EEA baños del Inca Cajamarca.
- Acevedo, D. C., Álvarez-Sánchez, M. E., Hernández, E. y Améndola, R. (2011). Concentración de nitrógeno en el suelo por efecto de materia orgánica y convencional. *Universidad Autónoma Chapingo*.
<https://www.redalyc.org/pdf/573/57321283011.pdf>
- Acosta, R. (2009). El cultivo del maíz, su origen y clasificación. *Cultivos Tropicales*, 113 - 120.
- Adams, S. N. (1973). *J. Agric. Sci. Camb.* 81: 411.
- Adams, S. N. (1974). *J. Agric. Sci. Camb.* 82: 129.
- Agard et al. (2011). *Maíz crecimiento y desarrollo*.
- Agraria, P. (15 de enero de 2019). Exportaciones de maíz morado se duplicaron en 2018. *Agencia agraria de noticias*. <https://agraria.pe/noticias/exportaciones-de-maiz-morado-se-duplicaron-en-2018-18211>
- Agricultura. (2017). Manejo del calcio en el suelo y en la planta a través de las especialidades de carbotecnia. *Agricultura*.
file:///C:/Users/Windows/Downloads/Carbotecnia_9.Agricultura_Octubre_37.pdf
- Altamirano, F. (2019). *Efecto de la fertilización química en la concentración antocianinas en tres variedades de maíz morado en el distrito Baños del Inca Región Cajamarca* [Tesis Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias - Escuela Académico Profesional de Agronomía].

- Andrade, M. L., Bao, M., Fernández, C. J. y Guitan, F. (1985). *Anales de Edaf. y Agrobiol.* 44: 143.
- Arévalo, N. (2014). *Efecto de la materia orgánica y del Azotobacter sp. en el suelo y el rendimiento del algodón de color Gossypium barbadense L. en el fundo Los Pichones.* Universidad Nacional Jorge basadre Grohmann, Tacna - Perú.
- Arozanea , N., Muñiz, O., Coto, F. y Alfonso, C. A. (1985). *Cienc. Tec. Agric. Serie Suelos y Agroquímica.* 25.
- Arroyo, J., Saez, E., Rodríguez, M., Chumpitaz, V., Burga, J., De la Cruz, W. y Valencia, J. (2010). Reducción del colesterol y aumento de la capacidad antioxidante por el consumo crónico de maíz morado (*Zea mays L.*) en ratas hipercolesterolémicas. *Revista peruana de Medicina Experimental y Salud Publica, Instituto Nacional de Salud, XXIV*, 157-162.
- Azevedo, J. y Stout, P. R. (1974). *Farm animal manures: a review of their role in the agricultural environment.* Manual No. 44, Division of the Agric. Sci. Univ, of California.
- Azqueta, D. (2002). *Introducción a la economía ambiental.* McGraw-Hill.
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos* (cuarta edición). Pearson Educación.
- Balta, R. A., Rodríguez, Á. M., Guerrero, R., Cachique, D., Alva, E., Arévalo, L. y Loli, O. (2015). Absorción y concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en sacha inchi (*Plukenetia volubilis L.*) en suelos ácidos, San Martín, Perú. *Folia Amazónica*. <http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/PUBL1446.pdf>
- Barrios, M. y Pérez, D. (2018). Efecto de la aplicación continua de estiércol bovino sobre el crecimiento y producción de maíz y características químicas del suelo. *Bioagro* 30(2), 117-124.

- Begaso, J. L. (2013). *Marco de siembra en el rendimiento de maíz morado (Zea mays L.) "Ecotipo Arequipeño" en la irrigación Majes 2012-2013*. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.
- Belizario, N. (2012). *Microorganismos eficaces (EM) en la descomposición del estiércol de alpaca para el abonamiento de los bofedales altoandinos* [Tesis Post-Grado, Universidad Nacional del altiplano Puno, Escuela de Post-Grado, Puno].
- Bernal, A., Hernández, A., Mesa, M., Rodríguez, O., González, P. J. y Reyes, R. (2015). Características de los suelos y sus factores limitantes de la región de murgas, provincia la habana. *Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas - INCA*. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193239249005.pdf>
- Bewley, J. D. y Black, M. (1994). *Seeds: germination, structure and composition*. In *Seeds: germination, structure and composition*. In *Seeds: physiology of development and germination* (segunda edición). New York: Plenum.
- Bolda, M. (2016). Pensando profundamente sobre el magnesio. <https://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=20538>
- Bonilla, M. (2009). *Manual de recomendaciones técnicas del cultivo de maíz*. INTA.
- Broadbent, F. F. (1984). Plant use of soil nitrogen. <https://dl.sciencesocieties.org/publications/books/abstracts/acesspublicati/nitrogenincropp/171>
- Burnett, C. (1974). *Empleo de materiales orgánicos y fertilizantes*. Boletín sobre suelos N° 27, FAO, Roma.
- Cabaneiro, A., Leiros, M. C. y Díaz, F. (1983). Biodegradation and humification of cattle slurry in the soil. In: *Studies about Humus*. Transaction of the VIIIth International Symposium Humus et Planta. *Prague, II*, 295.
- Cabos, J., Bardales, C., León, C. y Gil, L. A. (2019). Evaluación de las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio del biol y biosol obtenidos a partir de estiércol de

ganado vacuno en un biodigestor de geomembrana de policloruro de vinilo.
<http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v26n3/a21v26n3.pdf>

Cantarero, R. J. y Martínez, O. A. (2002). *Evaluación de tres tipos de fertilizantes (gallinaza, estiércol vacuno, y un fertilizante mineral) en el cultivo de maíz (Zea mays L.). Variedad NB-6.* tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria. 62p. consultado, Managua. <http://www.una.edu.ni/Tesis/tnf04c229.pdf>

Carbonelli, Z. (2020). *Microorganismos eficientes en la fenología y rendimiento del maíz morado (Zea mays L) En Huaral – Lima.* Tesis de grado, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Abancay, Perú .
file:///C:/Users/Windows/Downloads/T_0582.pdf

Cashin, J. A. y Polimeni, R. R. (2008). *Contabilidad de costos.* Mcgrawhill.

Castellanos, R. J. Z. (1982). *La importancia de las condiciones físicas del suelo y su mejoramiento mediante la aplicación de estiércoles.* *Seminarios Técnicos* 7(8): 32. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Torreón, Coahuila, México.

Castillo, R. (2019). *Selección por intensidad de color en corontas del maíz morado (Zea mays L.) Variedad INIA 601 en el distrito de Monsefú – Lambayeque - 2019* [Tesis pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque – Perú].

Cayra, N. (2017). *Costos de producción y rentabilidad del cultivo de quinua en al provincia de Azangaro, periodo 2014 – 2015.* Universidad Andina Nestor Caceres Velásquez, Facultad de Ciencias contables - Escuela Profesional de Contabilidad, Juliaca - Puno.

Chunhuay, Y. (2017). *Evaluación del rendimiento del maíz amiláceo mediante la aplicación del guano de isla y trébol asociado al maíz en Allpas - Acobamba* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica].

Cisneros, R. (2013). *Apuntes de la materia de riego y drenaje.* Universidad Autónoma de San Luis Potosí. <file:///D:/bibliografia%20Dr/Riego%20y%20Drenaje.pdf>

- Contreras, I. (2005). *Glosario y formulario de administración financiera*. Universidad de Los Andes, Consejo de Publicaciones, Mérida.
- Contreras, I. (2006). Análisis de la rentabilidad económica (ROI) y financiera (ROE) en empresas comerciales y en contexto inflacionario. (U. d. Andes, Ed.) *En Visión Gerencial Revista del Centro de Investigaciones y Desarrollo Empresarial*, Año 5, N° 1, enero - junio.
- Corpas, A. (1996). *Biblioteca práctica agrícola y ganadera* (Vol. 11). EDAGRICOLE .
- Corpoica. (1995). *Manejo Integrado del cultivo de la Papa*. Manual Técnico, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria .
- Cotrina, V. R., Alejos, I. W., Cotrina, G. G., Córdova, P. y Córdova, C. I. (2020). Efecto de abonos orgánicos en suelo agrícola de Purupampa Panao, Perú. *Centro Agrícola, III*(2), 31-40.
- Cremona, M. V. y Enriquez, A. S. (2020). Algunas propiedades del suelo que condicionan su comportamiento: El pH y la conductividad eléctrica. (E. Bariloche, Ed.) *Presencia* XXXI (73).
https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/7709/INTA_CRPatagoniaNorte_EEABariloche_Cremona_MV_Algunas_Propiedades_Del_Suelo_Que_Condicionan_Su_Comportamiento.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Cruz, M. (2002). *Elaboración de EM BOKASHI y su Evaluación en el Cultivo de Maíz Zeamays L., Bajo Riego en Bramaderos* [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Loja, Facultad de Ciencias Agrícolas].
- Cubas. (1977). *Ganado Amazonas. Una solución peruana*. Universo S.A.
- Dayod, M., Donald, S., Allen, R. y Gilliam, M. (2010). Calcium storage in plants and the implications for calcium biofortification. *Protoplasma*. Springer.
- De la Cruz, E. (2009). *Determinación de la madurez fisiológica y calidad de semilla de maíz morado (Zea mays L.) en dos densidades de siembra y dos momentos de*

siembra, Canaán 2750 msnm [Tesis de Pregardo, UNSCH, Huamanga, Ayacucho].

Delgado, J. (2021). *Comparativo de rendimiento y adaptabilidad de tres variedades de maíz morado en el distrito de San Juan – Cajamarca* [Tesis de Grado].

Delgado, F., Jiménez, A., Paredes y López. (2000). Natural Pigments: Carotenoids, Anthocyanins, and Betalains-Characteristics, Biosynthesis, Processing, and Stability. *Crit Rev Food Sci Nutr*(173-289).

Díaz, F., Villar, M. C., Gil, F., Carballas, M., Leiros, M. C., Carballas, T. y Cabaneiro, A. (1986). *Modification of the mineralization of nitrogen in soil by cattle slurry fractions. In: Transaction of XIII Congress of the International Society of Soil Science* (Vol. II.).

Diaz, M. (2015). *La rentabilidad*. Editores García.

Dimas, J., Díaz, A., Martínez, E. y Valdez, R. D. (2000). *Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz*. México.

Dirección General de Políticas Agrarias - DGPA. (2021). *El maíz morado peruano*. Perú: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. <file:///D:/tesis%202022/EI%20Ma%C3%ADz%20Morado%20Peruano.pdf>

Domínguez, J., Ressia, J. M., Jorajuria, D., Balbuena, R. y Mendivil, G. (2005). *Geología del suelo bajo tres diferentes tratamientos mecánicos*. Argentina.

Doran, J. W. y Parkin, B. T. (1994). *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Soil Science Society of America, Inc. Special Publication. Number 35*.

Durst, R. y Wrolstad, R. (2001). *Separation and characterization of anthocyanins by HPLC, Handbook of food analytical Chemistry*. New Jersey, USA.

Echeverri, J. (2018). *Dinámica del fósforo en suelo-planta en regiones tropicales* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia].

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/69611/39456768.2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Enciso, L. (2005). *Influencia de la densidad de plantas en el rendimiento de dos variedades de maíz morado (Zea mays L.) y frijol reventón (Phaseolus vulgaris L.) Canaán a 2760 msnm* [Tesis de Pregrado, UNSCH, Ayacucho, Perú].
- Espinosa, J. y Molina, E. (1999). *Acidez y encalado de los suelos*. International plant Nutrition Institute. <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/libros/Acidez%20y%20encalado%20de%20suelos,%20libro%20por%20%20J%20Espinosa%20y%20E%20Molina.pdf>
- Estrada, M. (2011). *Gestión de la gallinaza*. Universidad de Antioquia, Colombia. <http://www.albeitar.portalveterinaria.com/noticia/10313/.../gestión-gallinaza.htm>
- Fao. (1979). *China: Reciclaje de desechos orgánicos en la agricultura*. Boletín de Suelos No 40, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.
- Fao. (1979). *Organic. Resycling in Asia, Soil Boletín N° 36*. Roma.
- Fassio, A., Carriquiry, I. A., Tojo, C. y Romero, R. (1998). *Maíz: Aspectos sobre fenología*. Montevideo - Uruguay.
- Femández, H. (2009). *Aplicación de roca fosfórica y diatomita incubada en microorganismos en el cultivo de maíz morado (Zea mays L.) en la estación experimental del INIA Canaán Ayacucho*. tesis pregrado, UNSCH, Ayacucho.
- Fennema, O. R. (2000). *Química de los alimentos* (segunda edición). Acribia.
- Fernández, M. T. (2007). Fósforo: amigo o enemigo. *Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar*. <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223114970009.pdf>
- Flores, L. (2010). *Manual de Procedimientos Analíticos*. Universidad Nacional Autónoma de México.

<https://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/edafo/lfs/MANUAL%20DEL%20LABORATORIO%20DE%20FISICA%20DE%20SUELOS1.pdf>

- Flores, D., Flores, L. y Aguilera, N. (1984). *Anales de Edaf. y Agrobiol.* 43:835.
- Flores, M. A. y Fred, B. (1990). *Manual de pastos y forrajes*. Martegraf.
- Galland, E. E., Mallory, A., Alford, F., Drummond, E., Groden, M., Liebman, M. y Porter. (1998). *Comparación de estrategias alternativas de manejo de plagas y el suelo para los sistemas de Maine, en La Producción de papa.*
- Gandarilla, J. E. (1988). *Empleo del estiércol vacuno para mejorar un suelo improductivo de la provincia de Camaguey, cuba* [Tesis doctoral, Instituto de Investigaciones para las Ciencias del Suelo y la Agroquímica de la Academia de Ciencias de Hungría, Budapest].
- García, F. O. (2003). *Agricultura Sustentable y Materia Orgánica del Suelo: Siembra Directa, Rotaciones y Fertilidad. INPOFOS Cono Sur.*
https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Garcia-20/publication/253537931_Agricultura_Sustentable_y_Materia_Organica_del_Suelo_Siembra_Directa_Rotaciones_y_Fertilidad/links/53edf75b0cf2981ada1740a7/Agricultura-Sustentable-y-Materia-Organica-del-Suelo-
- García, B. R., Rodríguez, E. A., Arias, A. Y., Barrera, M. L. y Kearney, S. P. (2015). *Evaluación de propiedades físicas, químicas e hidrológicas en suelos manejados con maíz (Zea mays) y cinco programas de fertilización, La Montañona, Chalatenango, El Salvador. MINERVA.* file:///C:/Users/Windows/Downloads/96-Texto%20del%20art%C3%ADculo-587-6-10-20201219%20(2).pdf
- García, J. (2014). *Contabilidad de costos*. Mcgraw-hill/interamericana editores.
- Garibay, S. V. (2003). *La investigación en la agricultura orgánica y su importancia.* Institutgo de Costa Rica. http://orgprints.org/2683/1/garibay-2003-Encuentro_Costa_Rica.pdf

- Garrido, S. (1994). *Interpretación de análisis de suelos*. Madrid, España.
https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_05.pdf
- Garro, J. E. (2016). *El suelo y los abonos orgánicos*. Costa Rica: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria.
- Giuffré, L., Heredia, O. S., Pascale, C. y Carbajales, M. M. (1998). Formas del fósforo del suelo y su relación con la rotaciones y labranzas.
<http://ri.agro.uba.ar/files/download/revista/facultadagronomia/1997giuffrel.pdf>
- Grageda, J., Sabori, R., Valenzuela, A., Quijada, A., Núñez, J. H. y Rodríguez, J. (2012). Salinidad del suelo en huertas de nogal pecanero *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*.
file:///C:/Users/Windows/Downloads/95-Texto%20del%20art%C3%83_culo-188-1-10-20150721.pdf
- Graham et al. (2004). *Diccionario de economía*. Me Graw Hill.
- Gros, A. (1961). *Abonos, Guía Práctica de la Fertilización*. Mundi Prensa.
- Guardado, E. (2012). *Gallinaza y bocashi: ventajas de su aplicación*. San Salvador, SV. AVES.
- Gueçaimburu, J., Vázquez, J., Tancredi, F., Reposo, G., Rojo, V., Martínez, M. y Introcaso, R. (2019). *Evolución del Fósforo disponible a distintos niveles de comparación por tráfico agrícola en un argiudol típico*. Universidad Nacional de Luján, Argentina.
- Guerrero, B. J. (1998). *Interpretación de analisis de suelos y recomendaciones*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/dgaam/publicaciones/curso_cierr_eminas/02_T%C3%A9cnico/08_Vegetaci%C3%B3n/TecReVeg-L1_An%C3%A1lisis%20de%20Suelos.pdf

- Guillén, J., Mori, S. y Paucar, L. M. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. subnigroviolaceo. *Scientia Agropecuaria*, 211 - 217. <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v5n4/a05v5n4.pdf>
- Hanway, J. (1993). How a corn plant develops? Special Report W 48. *Iowa State University and Science and Technology Cooperative Extension Service*. Ames, Iowa.
- Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L. y Nelson, W. L. (1999). *Soil fertility and fertilizers; an introduction to nutrient management* (Sexta ed.). Prentice Hall.
- Hayami, Y. (1992). *Desarrollo agrícola*.
- Hernandez, J. P., Díaz, E. L. y Cerana, J. (2018). *Estimación del punto de marchitez permanente en suelos de la provincia de Entre ríos*. Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina.
- Herrera, S. E. (2015). *Análisis cualitativo de la Textura de los Suelos del Arboretum "El Huayo" en Puerto Almendra* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/4296/Segundo_Tesis_Titulo_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Horngren, C. (2008). *Contabilidad de costos* (octava edición). Prentice Hall.
- Iglesias, M. L. (1994). *El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio ambiente*. Ministerio de agricultura pesca y alimentación.
- Ignacio, R. D. (2014). *Efecto de la aplicación de diferentes tipos de abonos orgánicos en la fase de establecimiento de *Centrocema macrocarpum* en suelos degradados de Yurimaguas* [Tesis de Pregrado, Universidad nacional de la Amazonia Peruana, facultad de Zootecnia, Loreto].

- Inia. (2007). *Boletín informativo Maíz INIA 615 Negro Canaán*. Instituto Nacional de Investigación Agraria, PE, Dirección de Investigación Agraria. Sub Dirección de Investigación de Cultivos, Programa Nacional de Investigación en Maíz.
- Intagri. (2015). *El magnesio en el suelo y su efecto en las raíces*. <https://www.intagri.com/articulos/suelos/el-magnesio-en-el-suelo-y-su-efecto-en-las-raices>
- Jacob, A. (1966). *Fertilización, nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales*. Hanover-Alemania: Verlagsgesellschaft für Ackerbau und Pflanzenzüchtung.
- Jacob, A. y Uexküll, H. B. (1968). *Fertilización, nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales* (Ediciones Revolucionarias). Instituto del Libro. La Habana.
- Johnston, A. E. (1976). *Additions and removal of nitrogen and phosphorus in long-term experiments at Rothamstead and Woburn, and the effect of the residues on total soil nitrogen and phosphorus*. In: *Agriculture and Water Quality. Technical Bulletin No. 32*. London.
- Juaréz, V. H. (2018). *Correlación existente variables físicas y químicas para la determinación del nivel de fertilización del suelo cultivados con banano en el valle de Chira - Piura* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Piura]. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1295/AGR-VIC-HUG-18.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Justiniano, E. (2010). *Fenología e intensidad de color en corontas del maíz morado (zea mays l.) en sus diferentes estados de desarrollo en la localidad de la molina*. Universidad Nacional Agraria la Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1716/PAG11.139-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Kafka (1985). *Teoría económica*. Lima - Perú: PUC.

- Korschens, M. y Klimanek, E. M. (1980). *Archiv fur acker-und pflanzenban und bodenkunde*.
- Labrador, J. (1996). *Matéria orgánica en los agroecosistemas*. Mundi prensa.
- Lacasta, C., Benítez, M., Maire , N. y Mec, R. (2006). *Efecto de la textura del suelo sobre*.<http://digital.csic.es/bitstream/10261/16622/1/2006%20Bio-suelos.pdf>
- laprade, C. S. y Ruiz, B. (1999). *Comportamiento productivo de los híbridos FHIA-01 (AAAB) y FHIA-02 (AAAB), bajo fertilización orgánica e inorgánica en Producción de Banano orgánico y, o ambientalmente amigable.*.
- Larson, W. E. y Pierce, F. J. (1991). Conservation and Enhancement of Soil Quality. In Evaluation for sustainable land management in the developing world. En Proc. of the Int. Work-shop on Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World, Chiang Ra. *Board of Soil Res. and Manage*.
- Leiros, M. C., Villar, M. C. y Cabaneiro, A. (1983). *Anales de Edaf. y Agrobiol*.
- Li, Y. S. (2001). Effect of electrical conductivity and transpiration on production of greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* L) . *Scientia Horticulturae* 88.
- Llanos, M. (1984). *El maíz su cultivo y aprovechamiento*. Mundi Prensa.
- López, A. (2003). *Abonos verdes*. <http://www.terralia.com/revista8>
- Luters, A. y Salazar, J. C. (1999). *Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo*. USDA. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica.
- Mamani, I. y Bonifacio, A. (2013). *Efecto del estiércol de llama (Lama glama) mejorando en la calidad de grano de quinua (Chenopodium quinua willd)*. Egr.Fac. Agr. UMSA. Fundación PROIMPA. 9.
- Mamani, I. (2014). *Efecto de dos niveles de humus de lombriz, estiércol tratado y estiércol fresco en la producción de semilla de quinua (Chenopodium quinua*

willd) en el centro experimental de Quipaquipani, Viacha [Tesis de Grado , Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia].

Mandujano, Y. D. (2017). *Los abono orgánicos en la producción de maíz morado variedad mejorada pmv-581 (zea mays l.) y las propiedades químicos del suelo en condiciones agroecológicas del Instituto de Investigación Frutícola y Olerícola- Cayhuayna Huánuco - 2016.*

Mankiw, G. (1998). *Principios de microeconomía.* McGraw-Hill.

Manrique, A. (1995). *El maíz morado peruano.* Ministerio de Agricultura INIA, Lima - Perú.

Manrique, A. (1995). *Maíz morado peruano.* Lima, Perú: PPMCT - INIA.

Manrique, A. (1997). *El maíz en el Perú.* Lima, Perú: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC).

Manrique, A. (1999). *El maíz morado peruano INIA - Dirección General de Transferencia de Tecnología. Folleto R. l. N° 2 - 99.* Lima, Perú.

Manrique, A. (2000). *Maíz morado peruano.* Serie Folleto R.1 N 04-00, Instituto Nacional de Investigación Agraria, Lima - Perú.

Marco, D. G. (2011). *Abonos orgánicos.* Honduras. www.pymerural.org/abonos/

Mathers, A. C. y Stewart, B. A. (1980). *The effects of feedlot manure on soil physical and chemical properties. In livestock waste: A Renewable Resources. Proceedings of the 4th International Symposium on Livestock Wastes.* Texas - USA.

Mayorga, A. (2011). *Efecto de la densidad de siembra y de fertilización nitrogenada en el rendimiento de maíz morado (Zea mays L.) cv. PMV-581, bajo riego por goteo [Tesis pregrado, UNALM, Lima, Perú].*

Mc Allister, J. S. (1971). *Nutrient balance on livestock farms. In: 1 st. Colloquium of the Potassium Inst. Ltd.*

- Mikkelsen, R. (2010). Fuentes de magnesio. *Informaciones Agronómicas*.
[file:///D:/bibliografia%20Dr/3.%20Fuentes%20de%20Magnesio%20\(1\).pdf](file:///D:/bibliografia%20Dr/3.%20Fuentes%20de%20Magnesio%20(1).pdf)
- Milian, L. (2015). *Influencia de la materia orgánica del suelo en el secuestro de carbono. Biochar, una estrategia potencial*. Tesis de grado, Universidad Complutense de Madrid.
<http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/LAURA%20MILIAN%20GAY.pdf>
- Millar, C. E. (1967). *Fertilidad del suelo*. (I. d. Habana, Ed.) Revolucionaria.
- Minag. (1998). *Boletín de Información técnica del Ministerio de Agricultura*. Lima Perú.
- Minagri. (2012). Maíz amiláceo, principales aspectos de la cadena agroproductiva. Lima, Perú.
- Miyamoto, S. (2006). Diagnosis and management of salinity problems in irrigated Pecan production.
- Molina, O. R. (2017). Rentabilidad de la producción agrícola desde la perspectiva de los costos reales: municipios Pueblo Llano y Rangel del estado Mérida, Venezuela. *Visión gerencial*, 217 - 232 .
- Molina, E. (s. f.). *Análisis de suelos y su interpretación*. Universidad de Costa Rica.
<http://www.infoagro.go.cr/Info regiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>
- Monge, E., Monge, J., Val, M., Sanz, A., Blanco, A. y Montañes, L. (1994). El calcio nutriente para las plantas. Bitter pit en manzano. *Estación Experimental de Aula Dei (C.S.I.C.)*. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/4021/1/analesv.21n.3-1995-Especial50.pdf#page=80>
- Monsalve C., Ó. I., Gutiérrez D., J. S. y Cardona, W. A. (2017). Factores que intervienen en el proceso de mineralización de nitrógeno cuando son aplicadas enmiendas

orgánicas al suelo. Una revisión. *REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS*.

Montoya, C. (2014). *Economía general*. Universidad Nacional de Colombia.

Mora, J., Alcalá, M., Rosas, M. y González, J. (s. f.). *La capacidad de Intercambio catiónico y materia orgánica en el suelo*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
http://congresos.cio.mx/14_enc_mujer/cd_congreso/archivos/resumenes/S1/S1-BYQ16.pdf

Moreno, C., González, M. I. y Egado, J. A. (2015). Influencia del manejo sobre la calidad del suelo. *Manejo agrícola y calidad del suelo, II(1)*.
<https://doi.org/10.36331/revista.v2i1.8>

Munera, G., y Meza, D. (2012). *El fósforo elemento indispensable para la vida vegetal*. Universidad Tecnológica de Pereira.
<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/7377066a-bac4-4402-a306-eb45caa49d1c/content>

Murillo, T. (1999). *Alternativas de uso para la gallinaza*. Costa Rica.
www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_427.pdf

Nolasco, Y., Gutiérrez, M. B., Palacin, P. S. y Cornejo, A. S. (2022). Enmiendas orgánicas y su efecto en los componentes de rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) en Huánuco, Perú. *Revista Investigación Agraria*. 2022;4(1) 38-45, 38-45. <http://doi.org/10.47840/ReInA.4.1.1314>

Ochse et al. (1965). *Cultivo y mejoramiento de plagas tropicales y sub-tropicales* (Vol. XI). Limusa-Willeysa.

Oenema, O., Oudendag, D. y Velthof, G. L. (2007). *Nutrient losses from manure management in the European Union*. Livestock Science.

- Ojeda, A., Mc Leod, C., Águila, K. y Pino, M. T. (2018). *Bases para la determinación de las necesidades hídricas del cultivo del calafate in situ, para su adaptación al manejo agronómico*. Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias - INIA Kampenaike. https://www.researchgate.net/profile/Claudia-Mc-Leod/publication/334067352_Bases_para_la_determinacion_de_las_necesidades_hidricas_del_cultivo_del_calafate_in_situ_para_su_adaptacion_al_manejo_agronomico_Ministerio_de_Agricultura_Instituto_de_Investigacio
- Olivera, J. (1998). *Guía para formular un plan de manejo agroecológico en un predio*. Quito. CEA (Coordinación Ecuatoriana de Agroecología).
- Oñate, L. (2016). *Duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del cultivo de maíz (Zea mays) var. blanco harinoso criollo, bajo las condiciones climáticas del Cantón Cevallos* [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador].
- Ortiz, K. (2013). *Elaboración de un sorbete a base de harina de maíz morado (Zea mays L) mezclado con bacterias lácteas naturales*. Universidad Dr. José Matías Delgado, El Salvador.
- Osorio, M. y Silveyra, J. S. (2001). Uso de la escoria BOF C2 inerte y materia orgánica en el cultivo de maíz. *AGRARIA UAAAN VOL 17, NUM. 2*, 43-57.
- Palamarczuck, V. (2004). *Cocción experimental de cerámica con estiércol de llama. Interacciones en antropología*.
- Paretas, J. J., Aspiolea, J. L., Ávila, A., Crespo, G., Gonzáles, S., López, M. y Hernández, M. (1983). *Fertilización de pastos y forrajes*. En: *IRA Reunión Nac. de Agroquímica. Ponencias. Acad. de Ciencias de Cuba*.
- Pasolac. (2007). *Estiércol de vaca. Guía técnica de conservación de suelos y agua*.
- Paucarima, E. G. (2007). *2007. Respuesta de maíz morado (Zea mays L.) a cuatro fórmulas de abonamiento y tres densidades de siembra Canaán a 2750 msnm Ayacucho* [Tesis de Pregrado, UNSCH, Ayacucho, Perú].

- Pavón, J. D. y Zapata, O. I. (2012). *Comparación de tres fertilizantes orgánicos y su combinación en el cultivo de maíz (Zea mays), en el campus agropecuario de la UNAN - León en el periodo comprendido de abril a julio del 2011* [Tesis Pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua].
- Pérez, A., Galvis, A., Bugarín, R., Hernández, T., Vázquez, M. A. y Rodríguez, A. (2017). Capacidad de intercambio catiónico: descripción del método de la tiourea de plata (AgTU+). *Mexicana de Ciencias Agrícolas*.
<https://www.redalyc.org/pdf/2631/263149891022.pdf>
- Pinedo, R. E. (2015). *Niveles de fertilización en dos variedades de maíz morado (Zea mays L.) en la localidad de Canaán Ayacucho* [Tesis de Posgrado, Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima]. <file:///D:/TESIS/T007370.pdf>
- Piña, P. C. (2018). *Comparativo de rendimiento y contenido de antocianinas en 6 variedades de maíz morado (Zea mays L.) en el distrito de Ichocán, provincia de San Marcos, Región Cajamarca* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú].
- Pozo, M. R. (2015). *Efecto del guano de isla y trebol (Medicago hispida G.) en el rendimiento del cultivo de maíz morado (Zea mays L.), en condiciones Azangaro ~ Huanta - Ayacucho* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica, Ocobamba].
- Prasad, B. y Snha, N. P. (1981). *Plant and Soil*. 60:187.
- Primavesi, A. (1984). *Manejo ecológico del suelo* (quinta edición). Ateneo.
- Quintero, M. y Molina, O. (2006). *Los costos ambientales en la actividad agrícola*. 109 - 117: *Revista Actualidad Contable*.
- Quiroga, A. y Bono, A. (2012). *Manual de fertilidad y evaluación de suelos*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA.
https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_pt_89_manual_de_fertilidad_1__1_.pdf

- Quispe, J., Arroyo, K. y Gorriti, A. (2007). Características morfológicas y químicas de 3 cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.) en Arequipa- Perú. *proyecto No. 317 - 2007 - CONCYTEC*.
- Quispe, J., Arroyo, K. y Gorriti, A. (2007). *Características morfológicas y químicas de 3 cultivares de maíz morado (Zea mays L.) en Arequipa- Perú, proyecto No. 317-2007-*.
- Quispe, U. (2010). *Microeconomía Práctica*. San Marcos.
- Quittet, E. (1990). *La Cabra. Guía práctica del ganadero*. España, Madrid.
- Rabanal, M. y Medina, A. (2021). Evaluación del rendimiento, características morfológicas y químicas de variedades del maíz morado (*Zea mays* L.) en la región Cajamarca-Perú. *Terra Latinoamericana*.
<http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v39/2395-8030-tl-39-e829.pdf>
- Ramírez, R. (1997). *Propiedades físicas químicas y biológicas del suelo*. Santafé de Bogotá.
- Ramírez, D. N. (2008). *Contabilidad Administrativa* (octava edición). Mc Graw Hill Interamericana Editores.
- Ramirez, D. (2008). *Contabilidad administrativa*. Mc grawhill.
- Requis, F. (2012). *Manejo agronómico del maíz morado en los valles interandinos del Perú*. INIA.
- Requis, F. (2012). *Manejo agronómico del maíz morado en los valles interandinos del Perú*. INIA. Boletín N° 1-12.
- Reyes, P. (1990). "El maíz y su cultivo" A.G.T. Editor S.A. Progreso. México, D.F. : Editor S.A. Progreso 202- Planta alta C.P. 1180.
- Rigau, A. (1965). *Los abonos, su preparación y empleo* (tercera edición). Síntesis.

- Risco, M. (2007). *Conociendo la cadena productiva del maíz morado en Ayacucho. Solid - Perú.*
- Ritchie, H. y Hanway, R. (1982). Jornada de manejo sustentable del cultivo del maíz. (En. <http://www.fps.org.mx/divulgacion/attachments/article/842/Jornada%20de%20manejo%20sustentable>)
- Rivera, E., Sánchez, M. y Domínguez, H. (2018). *pH como factor de crecimiento en plantas.* Universidad Tecnológica de Panamá. <https://core.ac.uk/download/pdf/234019718.pdf>
- Roblero, R. G. y Mejía, C. J. (2016). *Evaluación del sistema de riego por goteo en el cultivo de sandía de exportación (Citrullus lanatus (thunb.)) en la finca “el rodeo”, ubicada en la comunidad de San Benito, municipio de Tipitapa.* Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua. <https://ribuni.uni.edu.ni/1668/1/JM0005.pdf>
- Roca, O. (1992). *Rendimiento de dos variedades de frijol bajo tres densidades de siembra en asociación con maíz morado* [Tesis de grado, UNSCH , Ayacucho - Perú].
- Rodríguez, J. C., García, J. L., Valdez, R. D., Lara, J. L., Rodríguez, H. y Loredó, C. (2009). Calidad agronómica de efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. *Tropical and Subtropical Agroecosystems.* <https://www.redalyc.org/pdf/939/93912996004.pdf>
- Romero, L., María, A., Trinidad, S. R., García, R. y Ferrara, C. (2000). *Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales.* Agrociencia 34.
- Rosas, G., Puentes, J. Y. y Menjivar, C. J. (2017). Relación entre el pH y la disponibilidad de nutrientes para cacao en un entisol de la Amazonia colombiana. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria.* <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v18n3/0122-8706-ccta-18-03-00529.pdf>

- Ross, M. (2004). Importancia del magnesio para altos rendimientos sostenibles en palma de aceite. *Palmas*. file:///C:/Users/Windows/Downloads/1071-Texto-1071-1-10-20120719.pdf
- Salamanca, A. y Siavosh, K. (2005). *La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera colombiana*. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia. file:///C:/Users/Windows/Downloads/densidad%20aparente.pdf
- Santa, A. (s.f.). *Costo teoría y práctica*.
- Santiago, J. (1995). *La economía política. Los sistemas de producción agrícola*. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía, Instituto de Economía Agrícola y Ciencias Sociales, Maracay, Venezuela.
- Sanzo, R., Portal, R. y Farias, C. M. (1985). *Cienc. y Tec. de la Agric. Serie Arroz*.
- Schuba, J., Südekum, K., Pfeffer, E. y Jayanegara, A. (2017). *Excretion of faecal, urinary urea and urinary non-urea nitrogen by four ruminant species as influenced by dietary nitrogen in take: A meta-analysis*. *Livestock Science*.
- Semple, T. (1975). *Avances en pasturas cultivadas y naturales. Centro Regional de Ayuda Técnica*. México- Buenos Aires.
- Sevilla, R. y Valdez, A. (1985). *Estudio de factibilidad del cultivo de maíz morado*. Fondo de Promoción y Exportación (FOPEX), Lima, Perú.
- Sevilla, R. y Valdez, A. (1985). *Estudio de factibilidad del cultivo de maíz morado. Fondo de Promoción y Exportación (FOPEX)*. Lima, Perú.
- Sillanpaa, M. (1984). Micronutrient availability as affected by some soil factors. In: *Proceedings of 9th. World Fertilizer Congress. I*, 253.
- Silva, R. C. (2020). *Capacidad de retención del agua disponible en suelos agrícolas de acuerdo a la textura y al contenido de materia orgánica, transecto Huaura-Mazo*.

[Tesis de Grado, Universidad Católica SEDES SAPIENTIAE, Facultad de Ingeniería Agraria, Lima - Perú].

Silva, M. M., Rollán, A. A. y Bachmeier, O. A. (2006). Biodisponibilidad de fósforo en un suelo del sur de Santa Fe (Argentina). Efectos de dos fuentes fosfatadas y sus mezclas con urea. *AGRISCIENTIA*.
<http://www.scielo.org.ar/pdf/agrisc/v23n2/v23n2a06.pdf>

Simons, D. y Traphagen, F. (1970). *Manual de técnica agrícola*. Ciencia y Técnica. Inst. del libro. La Habana.

Singhamia, R. A., Rietz, E., Sochitg, H. S. y Sanerbeck, D. R. (1983). Plant and Soil. 73:337.

Sinisterra, G. (2006). *Contabilidad de costos*. Ecoe ediciones.

Solano, R. (1999). *Efecto de la fertirrigación de N P K en el rendimiento de y el contenido de antocianina de tres variedades de maíz morado (Zea mays L.) bajo r.l.a.f: goteo*. [Tesis pregrado, UNALM, Lima- Perú].

Solid. (octubre de 2007). *Solid International*. <http://www.solidperu.com>

Somani, L. L. (1983). *Anales de Edaf. y Agrobiol.*

Sosa, B. A., Sánchez, M., García, Y. S., Espinoza, M. D., Rodríguez, J. A. y Sosa, G. M. (2018). Dinámica de nitrógeno del suelo en agroecosistemas bajo el efecto de abonos verdes. *Universidad Nacional de Colombia*.

Sosa, O. (2005). Los estiércoles y su uso como enmiendas orgánicas. *Revista Agromensajes*, 30-34.

Soto, G. (2003). *Abonos orgánicos: el proceso de compostaje*. Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica.

Spencer, M. (1993). *Economía contemporánea*. Reverté.

Stanciuc, V. (2011). *Teñido de fibras sintéticas utilizando colorante extraído*.

- Takhtajan, A. (1980). Outline of classification of flowering plants (Magnoliophyta). *The Botanical Review*, 46: 225-226, 316-318.
- Tapia, M. y Fries, A. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*. Buenos Aires, Argentina.
- Terranova, A. (1995). *"Produccion Agrícola 1"* (Vol. I). Bogota, Colombia.
- Trinidad, A. y Velasco, J. (2016). *Importancia de la materia orgánica en el suelo*. Agroproductividad. file:///C:/Users/Windows/Downloads/document.pdf
- Tunney, H. (1980). *Agricultural wastes as fertilizer*. In: *Handbook of organic waste conversion* (M.W.M. Bewick ed.). New York: Van Nostrand Reinhold Co.
- Ugas, R., y Siura, S. (2000). *Hortalizas, programa de hortalizas de la Universidad Nacional Agraria*. Lima, Perú.
- Unger, P. W. y Stewart, B. A. (1974). *Feedlot waste effects on soil conditions and water evaporation*. doi:SSSAJ 38:954-957
- Valarezo, J. (2001). *Comp. Manual de Fertilidad de Suelos*. Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Carrera de Ingeniería Agronómica, México.
- Vankeirsbilck, M., Barraco, M. y Maekawa, M. (2014). *Materia orgánica y textura en suelos de sistemas lecheros de la Cuenca oeste de la provincia de Buenos Aires*.
- Velasco, H. R. (2019). Los costos fijos en la agricultura. *Informativo agropecuaria BIOLECHE - INIA QUILAMAPU*. Chile. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/bioleche/NR35292.pdf>
- Villanueva, J. y Feliciano, C. (2017). Niveles de abonos foliares en el rendimiento y calidad de la chala forrajera (*Zea mays*) variedad Chuska bajo las condiciones edafoclimáticas de Cayhuayna 2017. *Investigación agraria*.
- Villaruel, J., Nuñez, R., Cajuste, L. J. y Aguirre, D. (1981). *Agrociencia*. 44:77.

- Vistoso, E. y Martínez, J. (2020). Magnesio disponible y fertilización en suelos de la Región de Los Ríos. *INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS-INFORMATIVO* N° 261.
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/67254/NR42460.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vivanco, F. (2005). *Elaboración de EM Bokashi y su evaluación en el cultivar maíz, bajo riego en Zapotillo*. Universidad Nacional De Loja , Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables - Carrera de Ingeniería Agronómica, México.
- Vivas, H. S., Vera Candiotti, N. y Albrecht, R. (2009). Fósforo al voleo: Relación con el fósforo extractable del suelo y la producción de trigo. *INTA – Estación Experimental Agropecuaria Rafaela*.
http://rafaela.inta.gov.ar/publicaciones/documentos/miscelaneas/113/misc113_047.pdf
- Warren, C., Reeve, J. y Duchac, J. (2009). *Contabilidad Financiera* (decimoprimera edición). México: SouthWestern/Cengage Learning.
- Welte, E. y Timmermann, F. (1985). *Ways of satisfying the nitrogen requirement of plant production including considerations of environmental interactions*. In: *Proc. of the 9th. World Fertilizer Congress*. Budapest.
- White, S. (2010). Alpacas y llamas como herramientas de conservación del páramo. *Journal of Field Archaeology*, 17, 49-68.
- White, R. E. (1981). *Pathways of phosphorus in soils*. In: *Phosphorus in sewage sludges and animal waste slurries*. (ed. T.W.G. Hucker y G. Catroux) Reidel, Dordrecht, Holland.
- Wolski, T. y Glinski, J. (1984). Solid industrial wastes as a source of the microelements Mo, Cu and Mn for agriculture and the fertilizer industry In: *Proc. of the 9th. World Fertilizer Congress. I*, 259.

Wrolstad, R. E. y Giusti, M. (2003). *antocianos acilados de fuentes alimenticias y sus aplicaciones en los sistemas alimentarios*.

Zavaleta, A. (1992). *Edafología, El suelo en relación con la producción*. CONCYTEC ,
Lima – Perú.

Zugarramurdi, A. y Parín, M. A. (1998). *Documento Ingeniería Económica Aplicada a la Industria Pesquera*. Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del Mar de la Plata, Departamento de pesca de la FAO, Argentina.
<http://www.fao.org/docrep/003/v8490s/v8490s00.HTM>

ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. <i>Ubicación del campo experimental</i> _____	184
Anexo 2. <i>Preparación e Instalacion de la parcela experimental</i> _____	185
Anexo 3. <i>Semillas de dos híbridos de maíz morado PMV – 581 y INIA - 615</i> _____	185
Anexo 4. <i>Germinación del maíz morado</i> _____	186
Anexo 5. <i>Emergencia del maíz morado</i> _____	187
Anexo 6. <i>Crecimiento vegetativo del maíz morado</i> _____	188
Anexo 7. <i>Desarrollo vegetativo del maíz morado</i> _____	189
Anexo 8. <i>Floración masculina del maíz morado</i> _____	190
Anexo 9. <i>Floración femenina del maíz morado</i> _____	191
Anexo 10. <i>Frutos de maíz morado</i> _____	192
Anexo 11. <i>Frutos de maíz morado</i> _____	193
Anexo 12. <i>Preparación de muestras para el análisis del suelo</i> _____	195
Anexo 13. <i>Análisis físico y químico del suelo</i> _____	195
Anexo 14. <i>Análisis de muestras para determinar las propiedades físicas y químicas del suelo</i> _____	196
Anexo 15. <i>Protocolo de uso de trampas de feromona</i> _____	197
Anexo 16. <i>Resultados del análisis de suelo al inicio del trabajo de investigación</i> ____	200
Anexo 17. <i>Resultados del análisis de suelo de 250 días después de la siembra</i> _____	201
Anexo 18. <i>Resultados del análisis de suelo de 450 días después de la siembra</i> _____	203

Anexo 1. Ubicación del campo experimental



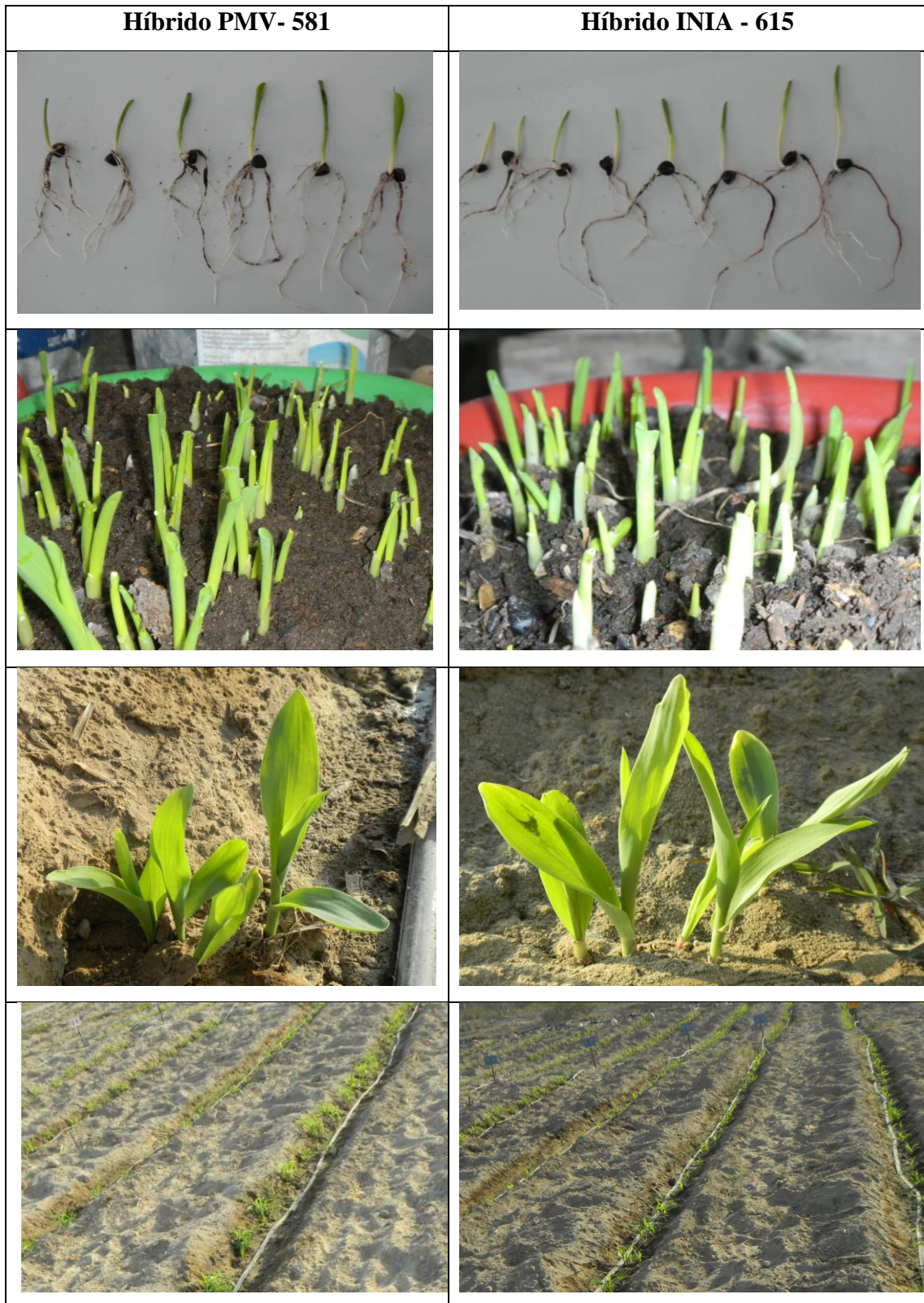
Anexo 2. Preparación e Instalacion de la parcela experimental



Anexo 3. Semillas de dos híbridos de maíz morado PMV – 581 y INIA - 615



Anexo 4. Germinación del maíz morado





Anexo 5. Emergencia del maíz morado

Anexo 6. Crecimiento vegetativo del maíz morado

Anexo 7. Desarrollo vegetativo del maíz morado









Anexo 8. Floración masculina del maíz morado

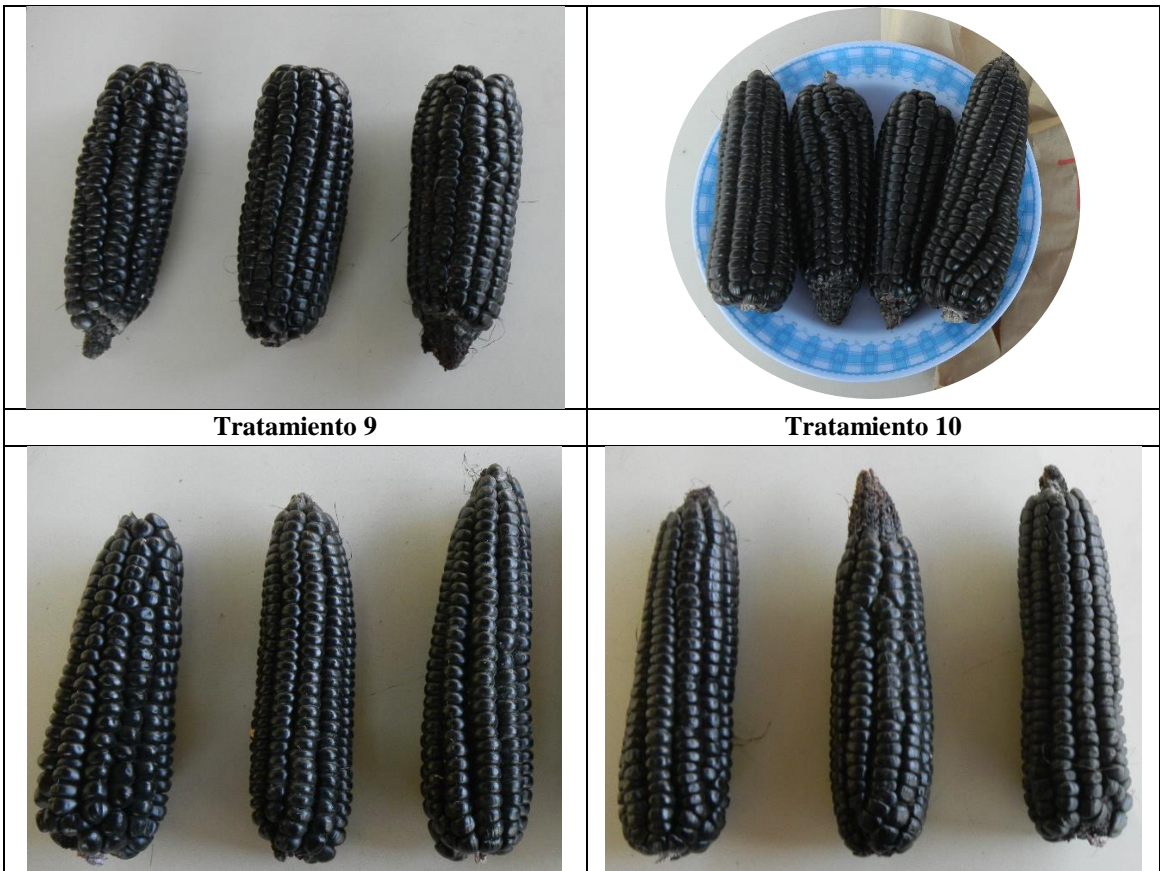
Desarrollo vegetativo	
Híbrido PMV- 581	Híbrido INIA - 615
	
	

Anexo 9. Floración femenina del maíz morado

Anexo 10. Frutos de maíz morado

Anexo 11. Frutos de maíz morado

<p style="text-align: center;">Tratamiento 1</p> 	<p style="text-align: center;">Tratamiento 2</p> 
<p style="text-align: center;">Tratamiento 3</p> 	<p style="text-align: center;">Tratamiento 4</p> 
<p style="text-align: center;">Tratamiento 5</p> 	<p style="text-align: center;">Tratamiento 6</p> 
<p style="text-align: center;">Tratamiento 7</p>	<p style="text-align: center;">Tratamiento 8</p>



Anexo 12. Preparación de muestras para el análisis del suelo



Anexo 13. Análisis físico y químico del suelo



Anexo 14. Análisis de muestras para determinar las propiedades físicas y químicas del suelo



Anexo 15. Protocolo de uso de trampas de feromona



Av. Los Fundadores s/n Santa Rita de Sigwas - Arequipa RUC 20454845057 Telf. (054) 558022
Movistar:959013417 RPM.: *659191 RPC.: 992744154.

PROTOCOLO DE USO DE TRAMPAS DE FEROMONA

I) Introducción:

El uso de feromonas sexuales es una alternativa biológica de monitoreo y control de machos de lepidópteros en los campos de cultivo, la feromona es una sustancia natural que las hembras de los insectos producen y liberan, estimulando a los machos de su misma especie. NOVAGRI SAC le ofrece feromonas sintéticas, estos son productos químicos no tóxicos y biodegradables que realizan el mismo trabajo que las feromonas naturales. Las feromonas sintéticas son específicas para cada especie, por lo que favorece el equilibrio ecológico. La cantidad de feromonas por área depende del uso que se le quiera dar; a modo de **monitoreo es necesario 4 a 5 feromonas por Ha** y para **captura de 18 a 20 feromonas por Ha**.

II) Preparación de trampas:

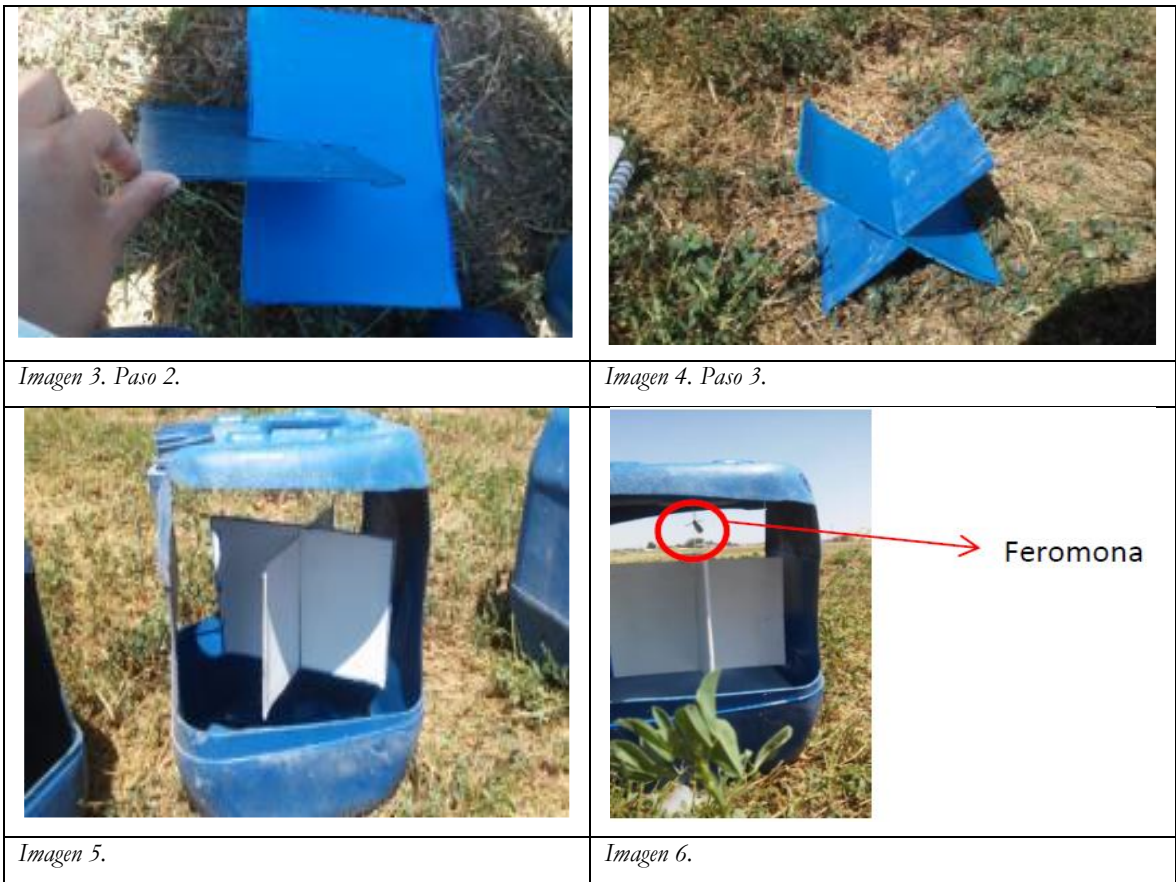
1. Elegir los recipientes a usar (para lepidópteros los colores blancos y amarillos les son más atractivos)
2. Hacerles aberturas a los recipientes uno por cada lado **Imagen 1**.
3. Con las piezas retiradas de los recipientes hacer una cruz, así: (Imagen 2,3 y 4)
4. Esta cruceta debe ir debajo de la feromona y dentro del recipiente a usarse, del modo siguiente: (Imagen 5 e imagen 6)
5. Para romper la tensión superficial es necesario mezclar 10 g de detergente con 10 litros de agua. La solución en la trampa debe cambiarse con frecuencia de 3 días o cuando vea necesario.



Imagen 1.



Imagen 2. Paso 1.



III). Ubicación de las trampas

- Las trampas deben estar ubicadas a la altura apropiada del cultivo, en el caso de frutales las trampas deben a la altura del área foliar.
- Para el uso de feromonas a modo de monitoreo se deben usar 4 a 5 para 1 hectárea, así como se muestra en la gráfica:

Gráfica 1: Ejemplos de ubicación de trampas para monitoreo en 1 hectárea.

X		X
	X	
X		X

Ubicación para monitoreo

X	x	x	x	X
X				X
X	x	x	x	X
X				X
X	X	x	x	x

Ubicación para control de plagas

IV) Manipulación de la feromona

Siempre estar con las manos lavadas para evitar cualquier sustancia u olor que se pueda impregnar en la feromona sintética y así mezclarse dando como resultado la disminución o poder de atracción de ésta. Es recomendable usar guantes descartables para su manipulación. En el caso de la feromona de *Spodoptera frugiperda*, no reventar la burbuja con líquido azul. La feromona se dispersa a través del plástico especial que la contiene. La feromona viene con un agujero para pasar un hilo/pita/gancho de la cual colgarla de la trampa. No hacer ninguna otra perforación.

Realizado por: Ing. Suleyka Aguirre

Anexo 16. Resultados del análisis de suelo al inicio del trabajo de investigación



LABORATORIO AMBIENTAL DE AGUA SUELOS Y MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS: Físico – químico – microbiológico
Agua – suelo – alimentos
Medio ambiental
Mecánica de suelos y otros



RESULTADO DE ANÁLISIS

ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

PROCEDENCIA : Fundo los Pichones - Tacna
INTERESADO : Ing. Enderson Henry Cruz Mamani
MOTIVO : Análisis de caracterización
FECHA RECEPCION : 17 de diciembre del 2019 (por el interesado)
FECHA DE ANÁLISIS : 18 y 19 de diciembre del 2019

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS:

N° ORD	CLAVE DE CAMPO	ANÁLISIS MECÁNICO			CLASE TEXTURAL	ANÁLISIS FÍSICO		
		ARENA %	ARCILLA %	LIMO %		CC %	PMP %	Da g cm ⁻³
01	PE001	67.20	18.60	16.80	Franco arenoso	14.70	6.20	1.48

N° ORD	ANÁLISIS MECÁNICO					ELEMENTOS DISPONIBLES		CACIONES CAMBIABLES					CIC me/100 g	S.B %
	pH	CO ₃ ⁻² %	C.E. mS/cm	M.O. %	NITROG. %	P ppm	K ppm	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺		
	4.20	-	2.41	1.16	0.06	28.60	348	6.90	1.32	-	0.30	-	8.60	-

FAA = Franco arcillo arenoso
Ar = Arcilloso
CC = Capacidad de intercambio catiónico
CC = Capacidad de campo
PMP = Punto de marchites permanente
Da = Densidad aparente
N = Nitrogeno total
K⁺ = Potasio cambiante
A = Arena
Ca²⁺ = Calcio cambiante
Na⁺ = Sodio Cambiante
CO₃⁻² = Carbonato

Me = mil equivalentes
FAe = franco arenoso
M.O. = Materia orgánica
P = Fósforo disponible
K = Potasio disponible
C.E. = Conductividad eléctrica
SB = Saturación de bases
Mg²⁺ = Magnesio cambiante
mSiemens = Mil Siemens por centímetro
C.E.(e) = Conductividad eléctrica del extracto
Al³⁺ = Aluminio cambiante

Anexo 17. Resultados del análisis de suelo de 250 días después de la siembra



LABORATORIO AMBIENTAL DE AGUA SUELOS Y MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS: Físico – químico – microbiológico
Agua – suelo – alimentos
Medio ambiental
Mecánica de suelos y otros



RESULTADO DE ANÁLISIS

ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

PROCEDENCIA : Fundo los Pichones - Tacna
INTERESADO : Ing. Enderson Henry Cruz Mamani
MOTIVO : Análisis de caracterización
FECHA RECEPCION : 06 de Setiembre del 2020 (por el interesado)
FECHA DE ANÁLISIS : 07, 08, 09 y 10 de Setiembre del 2020

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS:

N° ORD	CLAVE DE CAMPO	ANÁLISIS MECÁNICO			CLASE TEXTURAL	ANÁLISIS FÍSICO		
		ARENA %	ARCILLA %	LIMO %		CC %	PMP %	D _a g cm ⁻³
01	BIT1	68.56	10.44	21.66	Franco arenoso	16.85	7.03	1.48
02	BIT2	62.12	14.74	23.14	Franco arenoso	16.80	7.00	1.46
03	BIT3	58.12	18.44	23.44	Franco arenoso	16.20	6.64	1.49
04	BIT4	60.02	19.98	21.00	Franco arenoso	16.20	6.64	1.46
05	BIT5	64.20	14.95	20.85	Franco arenoso	14.70	5.95	1.54
06	BIT6	66.20	10.17	24.63	Franco arenoso	16.70	6.94	1.47
07	BIT7	56.20	18.03	24.77	Franco arenoso	14.20	5.45	1.58
08	BIT8	68.12	12.88	19.00	Franco arenoso	16.80	7.00	1.49
09	BIT9	62.12	16.88	19.00	Franco arenoso	15.63	6.30	1.47
10	BIT10	65.12	10.68	22.20	Franco arenoso	14.20	5.45	1.49
11	BIT1	64.20	10.17	25.63	Franco arenoso	16.85	7.03	1.54
12	BIT2	66.11	12.12	21.00	Franco arenoso	16.90	7.06	1.48
13	BIT3	58.20	16.60	25.20	Franco arenoso	16.70	6.94	1.46
14	BIT4	58.50	14.67	26.83	Franco arenoso	17.20	7.23	1.49
15	BIT5	64.02	14.98	21.00	Franco arenoso	15.90	6.46	1.58
16	BIT6	58.20	12.60	29.20	Franco arenoso	16.80	7.00	1.47
17	BIT7	67.20	13.95	21.85	Franco arenoso	16.70	6.94	1.62
18	BIT8	63.11	10.89	24.00	Franco arenoso	16.20	6.64	1.46
19	BIT9	60.12	18.68	20.20	Franco arenoso	16.80	7.00	1.46
20	BIT10	64.80	14.06	20.14	Franco arenoso	15.20	6.04	1.49
21	BIT1	64.02	10.54	25.44	Franco arenoso	16.20	6.64	1.54
22	BIT2	66.40	8.40	25.20	Franco arenoso	15.85	6.43	1.62
23	BIT3	62.20	15.80	22.00	Franco arenoso	16.70	6.94	1.51
24	BIT4	60.00	16.15	23.85	Franco arenoso	16.80	7.00	1.54
25	BIT5	67.56	17.64	14.80	Franco arenoso	16.70	6.94	1.49
26	BIT6	64.12	10.68	25.20	Franco arenoso	16.80	7.00	1.49
27	BIT7	64.56	11.64	23.80	Franco arenoso	16.20	6.64	1.54
28	BIT8	62.00	13.23	24.77	Franco arenoso	15.85	6.43	1.48
29	BIT9	64.12	16.88	19.00	Franco arenoso	15.85	6.43	1.46
30	BIT10	65.40	14.00	20.60	Franco arenoso	16.70	6.94	1.51
31	BIT1	57.20	18.95	23.85	Franco arenoso	16.20	6.64	1.48
32	BIT2	68.56	10.24	21.20	Franco arenoso	16.70	6.94	1.58
33	BIT3	60.12	18.88	21.00	Franco arenoso	15.20	6.04	1.47
34	BIT4	60.11	17.12	22.77	Franco arenoso	16.70	6.94	1.49
35	BIT5	67.50	10.50	22.00	Franco arenoso	15.85	6.43	1.51
36	BIT6	64.20	13.80	22.00	Franco arenoso	17.20	7.23	1.47
37	BIT7	65.11	15.89	19.00	Franco arenoso	15.63	6.30	1.48
38	BIT8	65.00	18.00	17.00	Franco arenoso	15.70	6.34	1.47
39	BIT9	58.43	18.72	22.85	Franco arenoso	16.80	7.00	1.46
40	BIT10	66.20	14.80	19.00	Franco arenoso	15.20	6.04	1.47



LABORATORIO AMBIENTAL DE AGUA SUELOS Y MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS: Físico – químico – microbiológico
Agua – suelo – alimentos
Medio ambiental
Mecánica de suelos y otros



RESULTADO DE ANÁLISIS

ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS:

Nº ORD	CLASE DE CAMPO	ANÁLISIS MECÁNICO					ELEMENTOS DISIPOLARES		CAPACIDAD CATIONICA					CIC me/100 g	S B %
		pH	CE, %	CE, millones	MO, %	MO, millones	P ppm	K ppm	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	C ⁻	Na ⁺	NO ³⁻		
me/100 g suelo															
01	BWT1	5.78	-	2.90	1.76	0.18	33.75	365.21	8.50	1.98	-	0.42	-	11.80	-
02	BWT2	4.61	-	2.86	4.97	0.23	38.38	395.18	8.50	1.94	-	0.68	-	8.60	-
03	BWT3	6.50	-	2.68	2.65	0.17	35.58	400.95	8.50	1.65	-	0.48	-	9.00	-
04	BWT4	5.20	-	2.75	3.60	0.18	38.88	422.82	7.81	2.18	-	0.42	-	11.10	-
05	BWT5	4.32	-	2.75	1.97	0.16	29.58	425.18	8.50	2.85	-	0.48	-	8.88	-
06	BWT6	6.75	-	2.45	3.90	0.18	33.70	420.96	8.50	2.96	-	0.45	-	8.92	-
07	BWT7	5.20	-	2.45	3.69	0.16	29.75	418.88	8.01	1.99	-	0.48	-	8.20	-
08	BWT8	5.22	-	2.45	3.90	0.16	34.85	424.86	8.84	2.96	-	0.45	-	8.20	-
09	BWT9	4.78	-	2.86	4.00	0.20	35.58	422.81	8.75	2.47	-	0.20	-	10.98	-
10	BWT10	4.50	-	2.85	1.95	0.03	38.58	418.21	8.24	2.55	-	0.42	-	8.40	-
11	BWT1	6.75	-	2.45	3.60	0.16	32.85	388.88	10.21	2.25	-	0.55	-	8.40	-
12	BWT2	6.61	-	2.80	4.60	0.16	32.51	385.21	6.24	2.47	-	0.24	-	11.40	-
13	BWT3	6.64	-	2.85	4.97	0.16	38.24	416.88	8.50	2.20	-	0.68	-	8.40	-
14	BWT4	5.94	-	2.42	4.60	0.18	38.51	418.22	8.20	1.98	-	0.48	-	10.80	-
15	BWT5	4.29	-	2.85	1.79	0.10	32.50	462.47	8.84	2.65	-	0.29	-	11.98	-
16	BWT6	5.29	-	2.58	3.79	0.18	25.51	428.12	8.50	2.25	-	0.42	-	8.20	-
17	BWT7	5.38	-	2.65	4.60	0.23	38.51	385.21	10.10	0.84	-	0.48	-	10.40	-
18	BWT8	4.29	-	2.45	1.75	0.18	25.58	396.56	8.24	2.65	-	0.48	-	8.40	-
19	BWT9	5.75	-	2.68	3.40	0.17	29.58	398.22	8.80	2.66	-	0.42	-	11.40	-
20	BWT10	4.88	-	2.75	1.75	0.06	29.75	388.88	8.24	2.65	-	0.55	-	10.40	-
21	BWT1	6.29	-	2.42	3.60	0.17	29.85	386.88	12.28	2.20	-	0.48	-	8.00	-
22	BWT2	4.61	-	2.75	4.97	0.20	38.70	444.20	8.24	1.98	-	0.55	-	8.40	-
23	BWT3	4.78	-	2.80	3.79	0.18	35.58	338.21	8.50	2.01	-	0.34	-	8.20	-
24	BWT4	4.29	-	2.65	2.95	0.10	29.75	398.81	8.00	0.84	-	0.28	-	8.75	-
25	BWT5	4.85	-	2.85	1.80	0.18	33.70	424.20	10.58	2.20	-	0.28	-	11.50	-
26	BWT6	4.29	-	2.45	3.40	0.15	29.75	396.95	8.50	2.01	-	0.64	-	8.40	-
27	BWT7	4.29	-	2.85	3.65	0.16	29.75	422.21	8.50	1.98	-	0.24	-	8.88	-
28	BWT8	4.78	-	2.55	4.97	0.18	32.75	396.88	12.28	1.95	-	0.42	-	8.60	-
29	BWT9	6.50	-	2.65	1.75	0.16	33.70	442.21	8.50	1.85	-	0.42	-	11.70	-
30	BWT10	4.29	-	2.58	2.60	0.16	29.75	386.88	7.24	2.65	-	0.54	-	8.60	-
31	BWT1	6.61	-	2.45	4.60	0.17	33.70	335.18	10.84	2.80	-	0.42	-	8.60	-
32	BWT2	5.20	-	2.68	3.90	0.23	29.75	396.56	10.84	1.98	-	0.42	-	10.40	-
33	BWT3	4.78	-	2.85	3.79	0.18	38.51	348.21	10.10	1.84	-	0.42	-	10.50	-
34	BWT4	4.78	-	2.43	3.80	0.18	29.75	395.88	8.01	1.65	-	0.20	-	8.88	-
35	BWT5	4.78	-	2.85	4.00	0.08	29.75	365.18	8.50	2.01	-	0.42	-	10.40	-
36	BWT6	5.64	-	2.80	1.75	0.18	29.75	444.20	7.24	1.20	-	0.20	-	8.80	-
37	BWT7	4.22	-	2.68	3.79	0.23	29.58	386.56	10.80	1.98	-	0.42	-	8.00	-
38	BWT8	4.61	-	2.43	3.60	0.18	33.70	426.88	8.24	2.10	-	0.29	-	10.40	-
39	BWT9	4.29	-	2.43	4.97	0.24	38.51	428.12	8.50	1.94	-	0.29	-	10.20	-
40	BWT10	4.29	-	2.73	1.80	0.10	29.58	385.21	8.50	2.65	-	0.42	-	8.60	-

PH: = Potencial acido básico
B = Bases
CIC = Capacidad de intercambio catiónico
CC = Capacidad de campo
PMP = Punto de marchitez permanente
Ca = Calcio elemental
N = Nitrógeno total
K = Potasio total
S = Azufre
Ca⁺⁺ = Calcio soluble
Na⁺ = Sodio soluble
CO³⁻ = Carbonato

Me = mol equivalente
Mn = Manganeseo
MO = Materia orgánica
P = Fósforo disponible
K = Potasio disponible
C.E. = Conductividad eléctrica
SE = Salinidad de suelo
Mg⁺⁺ = Magnesio soluble
me/100 = (M) Gramos por centímetro
C.E.(e) = Conductividad eléctrica del extracto
M⁺⁺ = Muestra variable

Anexo 18. Resultados del análisis de suelo de 450 días después de la siembra



LABORATORIO AMBIENTAL DE AGUA SUELOS Y MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS: Físico – químico – microbiológico
Agua – suelo – alimentos
Medio ambiental
Mecánica de suelos y otros



RESULTADO DE ANÁLISIS

ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

PROCEDENCIA : Fundo los Pichones - Tacna
INTERESADO : Ing. Anderson Henry Cruz Mamani
MOTIVO : Análisis de caracterización
FECHA RECEPCION : 6 de abril del 2021 (por el interesado)
FECHA DE ANÁLISIS : 7,8,9 y 10 de abril del 2021

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS:

N° ORD	CULTIVO DEL CAMPO	ANÁLISIS MECÁNICO			CLASIFICACIÓN	ANÁLISIS QUÍMICO		
		arena %	arcilla %	limo %		CT %	PMF %	Ca mg/kg ¹
01	BHT1	69.95	15.68	23.16	Franco arenoso	15.49	6.83	1.40
02	BHT2	63.35	15.94	21.04	Franco arenoso	15.84	5.98	1.37
03	BHT3	61.98	18.44	24.64	Franco arenoso	15.58	5.24	1.40
04	BHT4	60.54	19.38	21.90	Franco arenoso	15.65	6.44	1.38
05	BHT5	65.40	17.87	20.56	Franco arenoso	15.50	5.85	1.45
06	BHT6	64.24	17.86	25.63	Franco arenoso	15.94	6.74	1.38
07	BHT7	64.26	17.18	24.38	Franco arenoso	13.50	5.29	1.49
08	BHT8	68.24	17.68	20.20	Franco arenoso	15.69	5.98	1.39
09	BHT9	68.72	18.08	19.20	Franco arenoso	15.55	5.80	1.37
10	BHT10	66.97	16.06	21.40	Franco arenoso	15.40	5.25	1.39
11	BHT1	68.48	17.37	25.13	Franco arenoso	15.95	5.81	1.41
12	BHT2	64.80	15.78	21.19	Franco arenoso	15.78	5.82	1.40
13	BHT3	60.12	17.80	21.80	Franco arenoso	15.82	6.71	1.37
14	BHT4	59.89	15.17	22.82	Franco arenoso	16.56	6.81	1.40
15	BHT5	62.50	17.85	21.06	Franco arenoso	14.88	5.86	1.48
16	BHT6	65.62	16.87	28.18	Franco arenoso	15.60	6.50	1.37
17	BHT7	65.98	15.48	22.05	Franco arenoso	15.50	5.74	1.52
18	BHT8	67.12	18.89	24.20	Franco arenoso	15.65	5.89	1.37
19	BHT9	64.84	19.88	19.15	Franco arenoso	15.88	6.38	1.35
20	BHT10	65.93	16.96	20.34	Franco arenoso	15.74	4.84	1.40
21	BHT1	65.64	17.74	25.24	Franco arenoso	15.86	6.14	1.43
22	BHT2	67.43	17.57	24.26	Franco arenoso	15.64	5.82	1.51
23	BHT3	63.80	17.80	23.08	Franco arenoso	15.68	5.75	1.40
24	BHT4	61.30	16.25	25.75	Franco arenoso	15.68	5.72	1.42
25	BHT5	68.70	18.94	16.00	Franco arenoso	15.89	5.98	1.39
26	BHT6	65.46	16.88	25.02	Franco arenoso	16.80	5.80	1.40
27	BHT7	65.66	12.80	24.00	Franco arenoso	15.80	5.58	1.45
28	BHT8	63.02	17.54	23.16	Franco arenoso	15.23	5.62	1.39
29	BHT9	66.86	18.04	20.20	Franco arenoso	14.85	5.62	1.37
30	BHT10	66.86	16.98	20.22	Franco arenoso	15.54	5.74	1.41
31	BHT1	58.28	20.15	24.05	Franco arenoso	15.69	5.44	1.40
32	BHT2	68.87	16.52	22.08	Franco arenoso	15.85	6.74	1.49
33	BHT3	62.90	18.08	22.12	Franco arenoso	14.58	5.80	1.36
34	BHT4	61.25	17.32	23.97	Franco arenoso	15.90	5.72	1.41
35	BHT5	68.20	16.88	21.02	Franco arenoso	14.89	6.06	1.41
36	BHT6	65.38	18.99	22.20	Franco arenoso	15.04	6.00	1.38
37	BHT7	67.29	17.66	19.00	Franco arenoso	14.80	5.68	1.39
38	BHT8	65.20	20.78	17.20	Franco arenoso	14.85	5.84	1.38
39	BHT9	62.96	19.92	22.49	Franco arenoso	15.69	5.80	1.36
40	BHT10	67.80	16.97	20.00	Franco arenoso	14.95	5.44	1.37



LABORATORIO AMBIENTAL DE AGUA SUELOS Y MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS: Físico – químico – microbiológico
Agua – suelo – alimentos
Medio ambiental
Mecánica de suelos y otros



RESULTADO DE ANÁLISIS

ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS:

Nº ORD	CLAVE DE CUARPO	ANÁLISIS MECÁNICO					ELEMENTOS DISUELTOS		CAPACIDAD CATIONICA					CIC mg/100 g	S.B. %
		pH	Ca ₂₊ %	C.E. milimhos	SL %	WATER %	P ppm	K ppm	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺		
									me/100 g suelo						
01	01T1	5.12	-	2.14	1.18	0.06	37.67	395.13	8.42	2.12	-	0.28	-	10.24	-
02	01T2	4.62	-	2.66	2.82	0.08	34.22	395.24	8.42	1.86	-	0.56	-	8.52	-
03	01T3	6.12	-	2.40	2.87	0.07	34.49	400.75	8.08	1.58	-	0.29	-	8.92	-
04	01T4	5.18	-	1.84	2.82	0.03	28.41	417.84	6.23	1.38	-	0.32	-	10.02	-
05	01T5	5.48	-	2.14	1.26	0.03	29.20	420.10	8.42	2.17	-	0.28	-	9.81	-
06	01T6	5.41	-	2.00	2.82	0.05	31.08	420.88	7.42	2.28	-	0.27	-	8.84	-
07	01T7	5.02	-	2.08	2.68	0.07	29.67	418.90	7.89	1.10	-	0.40	-	9.12	-
08	01T8	5.10	-	1.88	2.60	0.04	31.89	422.88	9.21	2.42	-	0.26	-	8.02	-
09	01T9	4.08	-	1.96	2.92	0.05	32.62	420.28	7.67	2.89	-	0.12	-	10.56	-
10	01T10	4.12	-	2.08	1.08	0.06	28.30	410.12	7.29	2.27	-	0.24	-	9.28	-
11	01T1	6.64	-	1.88	2.22	0.09	32.40	382.24	11.12	1.88	-	0.42	-	9.22	-
12	01T2	6.69	-	1.82	2.42	0.10	32.43	385.12	6.26	1.88	-	0.62	-	10.32	-
13	01T3	5.22	-	2.20	2.89	0.04	36.25	411.10	8.16	1.84	-	0.06	-	9.32	-
14	01T4	5.88	-	2.04	2.68	0.04	30.43	418.44	7.22	1.40	-	0.28	-	10.14	-
15	01T5	5.21	-	2.28	1.41	0.04	31.02	404.29	8.96	2.50	-	0.11	-	10.24	-
16	01T6	5.14	-	2.04	2.21	0.06	25.12	420.24	8.16	2.09	-	0.24	-	8.64	-
17	01T7	5.06	-	2.17	2.56	0.08	28.50	385.56	8.25	1.20	-	0.40	-	9.20	-
18	01T8	4.20	-	1.82	1.68	0.06	34.08	392.48	9.12	2.18	-	0.40	-	8.12	-
19	01T9	4.84	-	2.12	2.90	0.03	29.25	396.84	8.46	2.25	-	0.20	-	10.40	-
20	01T10	4.14	-	2.18	1.09	0.04	28.17	384.80	7.24	2.51	-	0.42	-	8.56	-
21	01T1	6.21	-	2.08	2.22	0.08	29.05	399.80	11.14	1.82	-	0.40	-	8.52	-
22	01T2	4.29	-	2.18	4.20	0.06	30.62	428.12	7.48	1.82	-	0.47	-	8.92	-
23	01T3	4.20	-	2.12	2.71	0.06	25.40	320.04	8.12	1.73	-	0.26	-	8.46	-
24	01T4	4.48	-	2.12	2.87	0.03	29.67	390.22	8.46	1.70	-	0.20	-	8.46	-
25	01T5	4.24	-	2.08	1.60	0.03	31.22	424.25	9.56	2.22	-	0.18	-	11.26	-
26	01T6	4.08	-	2.06	2.22	0.08	29.21	396.88	8.02	1.93	-	0.52	-	9.12	-
27	01T7	4.40	-	2.12	2.22	0.05	27.22	420.85	9.12	1.99	-	0.62	-	9.20	-
28	01T8	4.56	-	1.88	2.12	0.05	32.67	394.40	10.22	1.87	-	0.22	-	8.42	-
29	01T9	4.06	-	2.10	1.68	0.08	32.44	445.12	9.12	1.77	-	0.24	-	11.02	-
30	01T10	4.20	-	2.28	1.06	0.04	29.29	386.88	7.16	2.28	-	0.46	-	8.52	-
31	01T1	6.52	-	1.86	2.12	0.06	31.42	355.80	10.16	1.93	-	0.24	-	9.52	-
32	01T2	5.09	-	2.12	2.20	0.09	29.67	396.48	9.26	1.81	-	0.24	-	9.42	-
33	01T3	4.50	-	2.42	2.25	0.08	30.14	340.12	9.02	1.56	-	0.24	-	9.20	-
34	01T4	4.85	-	2.06	2.29	0.04	29.67	395.12	7.80	1.18	-	0.12	-	9.42	-
35	01T5	4.20	-	2.16	1.40	0.06	29.18	395.10	9.42	1.93	-	0.24	-	10.24	-
36	01T6	4.60	-	2.06	1.68	0.10	29.08	446.24	7.16	1.12	-	0.12	-	8.50	-
37	01T7	4.02	-	2.08	2.48	0.04	29.20	386.48	9.12	1.90	-	0.24	-	8.88	-
38	01T8	4.12	-	1.94	2.02	0.04	32.62	424.22	9.20	2.02	-	0.20	-	8.82	-
39	01T9	4.21	-	2.25	2.82	0.08	30.26	420.04	8.22	1.89	-	0.11	-	10.10	-
40	01T10	4.50	-	2.14	1.10	0.03	22.11	385.18	8.19	2.27	-	0.24	-	8.52	-

FAA = Fases arena, limo y arcilla
S = Arcilla
CC = Capacidad de intercambio catiónico
C = Capacidad de carga
PMP = Punto de máxima permeación
Ca = Conductividad aparente
S = Sólidos totales
K = Potasio cambiante
A = Arena
Cp = Calcio cambiante
Na = Sodio cambiante
CC = Carbonato

Me = miliequivalentes
FA = Fases arena, limo y arcilla
MO = Materia orgánica
P = Materia orgánica
C = Materia orgánica
C.E. = Conductividad eléctrica
SL = Sólidos de limo
Mg²⁺ = Magnesio cambiante
alDum = Sal. Sulfato por centímetro
C.E. (p) = Conductividad eléctrica del extracto
Al³⁺ = Aluminio cambiante

**EFFECTO DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS,
QUÍMICAS DEL SUELO Y EL RENDIMIENTO DEL MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.)
EN EL FUNDO LOS PICHONES TACNA - 2019**

EFFECT OF ORGANIC MATTER ON THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF
THE SOIL AND THE YIELD OF PURPLE CORN (*Zea mays* L.) IN FUNDO LOS PICHONES
TACNA - 2019

1,a,* Enderson Henry Cruz Mamani

<p style="text-align: center;">ARTÍCULO ORIGINAL</p> <p>1,a,* Egresado del Doctorado de Ciencias Ambientales Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann</p> <hr/> <p>Palabras clave: Propiedades físicas y químicas, materia orgánica, rendimiento, maíz morado.</p> <p>Keywords: Physical and chemical properties, organic matter, yield, purple corn.</p> <hr/> <p>Información adicional</p> <p>Presentado: Aprobado:</p>	<p style="text-align: center;">RESUMEN</p> <p>El uso indiscriminado de productos químicos en la agricultura degrada el ecosistema del suelo, para mitigar esta situación, se plantea determinar el efecto de la materia orgánica sobre las características fisicoquímicas del suelo y el rendimiento del maíz morado (<i>Zea mays</i> L.), se usó el diseño experimental DBCA con 4 repeticiones y con los siguientes tratamientos: T₁: INIA 615/30 t/ha EV; T₂: INIA 615/40 t/ha EV; T₃: INIA 615/30 t/ha ECS; T₄: INIA 615/40 t/ha ECS; T₅: INIA 615/200N-150P₂O₅-120K₂O; T₆: PMV 581/30 t/ha EV; T₇: PMV 581/40 t/ha EV; T₈: PMV 581/30 t/ha ECS; T₉: PMV 581/40 t/ha ECS y T₁₀: PMV 581/200N-150P₂O₅-120K₂O. Los análisis mostraron que al incorporar abonos orgánicos e inorgánicos la textura del suelo franco arenoso permanece igual, sin embargo, después de cierto tiempo, los valores de las propiedades fisicoquímicas del suelo aumentan y luego de sembrar maíz morado, estos valores decrecen debido a la extracción de nutrientes por el cultivo y a las transformaciones y reacciones que ocurren en el suelo. Respecto a los componentes de la producción no existen diferencias estadísticas excepto para la variable rendimiento, de alta significancia estadística, donde el mayor y menor rendimiento lo obtuvieron el T₇ y T₁ con 8 678,62 y 5 462,37 kg/ ha respectivamente.</p> <p style="text-align: center;">ABSTRACT</p> <p>The indiscriminate use of chemical products in agriculture degrades the soil ecosystem, to mitigate this situation, it is proposed to determine the effect of organic matter on the physicochemical characteristics of the soil and the yield of purple corn (<i>Zea mays</i> L.), it was used the DBCA experimental design with 4 repetitions and with the following treatments: T₁: INIA 615/30 t/ha EV; T₂: INIA 615/40 t/ha EV; T₃: INIA 615/30 t/ha ECS; T₄: INIA 615/40 t/ha ECS; T₅: INIA 615/200N-150P₂O₅-120K₂O; T₆: PMV 581/30 t/ha EV; T₇: PMV 581/40 t/ha EV; T₈: PMV 581/30 t/ha ECS; T₉: PMV 581/40 t/ha ECS and T₁₀: PMV 581/200N-150P₂O₅-120K₂O. The analyzes showed that by incorporating organic and inorganic fertilizers the texture of the sandy loam soil remains the same, however, after a certain time, the values of the physicochemical properties of the soil increase and after sowing purple corn, these values decrease due to the extraction of nutrients by the crop and the transformations and reactions that occur in the soil. Regarding the production components, there are no statistical differences except for the yield variable, of high statistical significance, where the highest and lowest yield was obtained by T₇ and T₁ with 8,678.62 and 5,462.37 kg/ha respectively.</p>
--	--

INTRODUCCIÓN

El maíz morado (*Zea mays* L.) procede de América, los granos y la tusa son de tono morado debido a que contiene antocianinas (entre 1,5% y 6,0%), pertenecen al grupo de los flavonoides (Guillén et al., 2014). En la mazorca el 15% es coronta y 85% es grano, hay baja concentración de antocianina en la cáscara y alta en la tusa (Otiniano, 2012).

El suelo es el medio donde se combinan elementos orgánicos, inorgánico y biológicos, contienen ciertas cantidades de agua y aire. Todo este conglomerado sufre constantes cambios a través del tiempo (Manqui et al., 2012). Las características físicas describen la textura, color, estructura, porosidad, mientras las químicas analizan las reacciones del pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, disponibilidad de diversos elementos y los diferentes procesos biológicos que suceden en el suelo (Vera et al., 2022).

Las técnicas agrícolas usadas en la siembra de maíz morado incorporan insumos químicos como estrategia para incrementar la producción, actualmente los agricultores cultivan con pesticidas y fertilizantes químicos, son necesarios, pero están contaminando el ecosistema y es perjudicial para suelo y la salud de los individuos de este planeta (Farfán y Perales, 2019).

Los restos de los vegetales y animales mediante procesos aerobios y anaerobios se transforman en abonos orgánicos y suministrados a la capa arable se descomponen y mejoran las propiedades químicas, físicas, biológicas e incrementa los nutrientes en el suelo (Trinidad, 2017). La incorporación de estiércoles contribuye con nutrientes, energía y mejora las propiedades del ecosistema edáfico (Cairo y Ubaldo, 2017).

Los estiércoles de corrales de bovinos están en forma fresca, madura y vieja, tiene 170 kg/t de materia orgánica, 50 kg/t de N, 20 kg/t de P y 30 kg/t de K (Valenzuela, 2011). Los bovinos que pesan 300 kg se pueden obtener por día 150 g de estiércol, 85 % de agua, 0,15% de fosfato (P_2O_5), 0,5% nitrógeno (N_2), 0,5% óxido de potasio (K_2O) y la relación C/N es de 19/1 PASOLAC (2000). El estiércol de camélidos sudamericano es un subproducto utilizado como fertilizante (Avilés et al., 2017), aporta macro y micro nutrientes al suelo posee N (0,5%), P (0,25%) y K (0,5%) al respecto 1000 kg de estiércol contribuye con 5 kg de N; 2,5 kg de P y 5 kg de K, este estiércol exhibido a inclemencias del

medio ambiente suele perder su valor (Cajilema, 2015).

En la región de Tacna la productividad de la actividad agrícola afronta muchas dificultades debido al cambio climático y a las características edáficas, la nula o el escaso contenido de materia orgánica en el suelo, seguido de la limitada disponibilidad de recurso hídrico, bajo estas condiciones el cultivo de productos orgánicos es una alternativa que contribuye a mejorar la calidad ambiental, disminuir el uso de fertilizantes, mantener el equilibrio ecológico y proteger la calidad del suelo.

Los cultivos responden a diversos estímulos para su desarrollo, de ser así la mínima cantidad crítica necesaria de materia orgánica (MO) para el crecimiento normal de las plantas es de 2 %, cuya calificación es bajo, medio y alto de acuerdo al contenido de arena, arcilla y limo del suelo (Quiroga et al, 2005).

Aplicando abonos orgánicos se puede corregir la infertilidad del suelo, además sus efectos benéficos son diversos, aminoran la densidad aparente, incrementan la porosidad, aireación, retención, infiltración y retención del agua (Trinidad y Velasco, 2016). Además, elude la erosión y acrecienta la competencia del suelo para asegurar su zona sólida y porosa cuando se somete a procedimientos de desgastes (Lince et al., 2019).

Al reportar la materia orgánica que proviene de la incorporando de restos vegetales, de la industria y otros como los bioles, compost, vermicompost, así mismo podemos destacar que a medida que aumenta la MO de 1 a 4 %, el contenido de N se incrementa de 17,4 a 69,6 kg ha⁻¹. La MO libera muchos de los elementos esenciales (Trinidad y Velasco, 2016).

Es necesario contar con estrategias que permitan potenciar la fertilidad de la tierra, se puede incorporar cultivos de protección que suministren materia orgánica u otras técnicas que permitan mejorar las cosechas. En esta investigación con la incorporación de materia orgánica se determinó el efecto en las propiedades físicas, químicas del suelo y el rendimiento del maíz morado en el fundo los pichones Tacna – 2019.

Farfán y Perales (2019) en Huancavelica empleo seis formas de fertilización con abono orgánico minerales (AO): 75% AO + 25% NPK; 50% AO + 50% NPK; 25% AO + 75% NPK; 100% AO; 100 % NPK; testigo y de estas dosis dos causaron

mayores rendimientos en el cultivo del maíz morado, la fórmula 25% AO + 75% NPK y 50% AO + 50% NPK.

Sin embargo, Mandujano (2017) cultivo maíz morado de la variedad PMV-581 con distintas dosis de materia orgánica, combinando bio abono y guano de isla obtuvo el mayor peso de mazorca (41,97g) y el mayor rendimiento (7 200 kg ha⁻¹) en el cultivo de maíz morado, pero, al fertilizar solo con guano de isla, obtuvo 6 100 kg ha⁻¹.

Así mismo, Pavón y Zapata (2012), en su investigación trabajo con cuatro tipos de fertilización: T1 (7,11 t/ha de bokashi + 96,81 kg/ha de urea) aplicados en dos momentos; T2 (14,23 t/ha de bokashi + 420 lts/ha de biofermento); T3 (14,23 t/ha de bokashi + 2 666,6 lts/ha de Purín de Lombrices) y T4 (2 666,6 lts/ha de Purín de Lombrices), alcanzando con la T1 92,13 cm la mayor altura y 174,2 cm² el área foliar más alto, con T3 se obtuvo 5 316,36 Kg/ha la mayor producción, continuado por T1 con 4 919,8 kg/ha y T2 con 4 868,8 Kg/ha y el último T4 con 4 437 Kg/ha.

Así mismo, Duran (2019) al indagar en Panoa el efecto de enmiendas orgánicas en la cosecha del maíz se registraron mayores valores en: altura de 2,01 y 2,03 m aplicando Compost (T3) y gallinaza + compost (T4), longitud de mazorca el T3 (24,33 cm), diámetro de mazorca el T4 (5,05 cm), peso de mazorca el T3 (15,41 t/ha), seguido de los T2 (15,41t/ha), T3 (15,34 t/ha) y T4 (15,08 t/ha).

Barahona y Villarreal (2013) en su investigación comprobó que luego de transcurrir un tiempo la gallinaza ocasiona variaciones en las características del suelo, al incrementar la ración de gallinaza a 60 t ha⁻¹ el pH aumenta a 5,9, el CE se eleva peligrosamente a 3,42 dS m⁻¹, al tercer año tiene efecto en el desarrollo de los cultivos, sin embargo la capacidad de intercambio catiónico permanece igual, decrece la densidad aparente y subsecuentemente la materia orgánica se humifica y cambia la composición del suelo debido al incremento el carbono, se restablece el pH, la porosidad y la estabilidad de agregados, con el tiempo se perfecciona las características químicas y la densidad aparente.

Gonzales y Egido (2015) luego de cultivar maíz, remolacha y recuperar suelos reforestados, analizaron diferentes indicadores físico-químicos, los tres suelos que estudiaron presentan la textura franco arenoso y en los suelos regenerados hay 2,88% de materia orgánica, 1,34 cmol kg⁻¹ de magnesio, 1,67% de carbono, 0,10%

de nitrógeno y 7,3 de pH; además, existe mayor concentración se elementos aprovechables por la planta como el calcio (0,176 g/kg), potasio (0,232 g/kg) magnesio (0,105 g/kg), también se puede decir que el suelo se regenero con el cultivo de maíz que presentó 160 mg/kg la mayor cantidad de fósforo asimilable, el mayor índice de fertilidad de 166,2.

Barrios y Pérez (2018) aplico estiércol bovino (EB) para producir maíz DK 357, a lo largo de 4 años. Las dosis de 60, 120 y 180 Mg/ha de estiércol de bovino (EB) suplementando con 60 kg/ha de P₂O₅ y 60 kg/ha de K₂O, después de labrar el terreno se sacaron muestras de suelo y de planta a los 30, 60 y 120 días posterior a la siembra a tres profundidades 15, 30 y 45 cm. La aplicación continua de EB mejoro la altura de la planta, índice de área foliar, diámetro del tallo, nitrato en savia, rendimiento en grano y rendimiento en grano. El conglomerado más alto de nitrato y materia orgánica está entre 0 - 15 cm de la capa arable, además a mayor concentración de estiércol de bovino incrementa la conductividad eléctrica y no produce estrés salino en las plantas.

Zanor et al. 2018 en Guanajuato, México busca la manera de mejorar las propiedades de los suelos infértiles en nutrimentos, emplea 4 t/ha de lombricomposta de efluentes de estiércol bovino (LB) y de hortalizas más frutas (LP), se originan dos suelos el SLE y SLP, al incorporar al suelo intensifica la concentración de 47% y 90% de materia orgánica y de 100% y 300% de nitrógeno correlativamente. El valor 33 de la relación C/N aminora a 20 en SLE y 13 en SLP. Los suelos dosificados con SLP (168,54 µg TFF/g) son superiores a los SVE (105,17 µg TFF/g). La LP es un bioabono que se desintegra y mineraliza con rapidez y activaría las reacciones bioquímicas. La LB liberaría con poca velocidad los nutrimentos debido a su contenido de lignina, estas alternativas pueden servir para la fertilización y mejoramiento de los suelos agrícolas.

Altamirano (2019) en su investigación cultivo tres ejemplares de maíz morado: mejorado, oriundo de Huamachuco e INIA 601, donde determino que no hay efectos significativos en la concentración de antocianinas entre estos tres ejemplares. La variedad INIA 601 con 4,68% tiene mayor contenido de antocianina, seguido con la variedad mejorada con 4,56% y la variedad maíz morado de Huamachuco con 3,58%.

Pozo (2015) En Huanta a 2624 m de altitud, donde incorporando 4 tipos de abonos T1: Guano de islas + 80N-60P-60K, T2: Trébol - 800 kg de

fruto/ha, T3: Guano de islas + 80N-60P-60K + más trébol y T4: testigo; con los cuales evaluó el efecto de la producción de maíz morado. Las variables emergencia, peso seco foliar y altura a 70 y 110 días posterior a la siembra (DPS), humedad del suelo a 30 DPS, temperatura del suelo a 30 y 70 DPS y rendimiento a 140 DPS, para estas variables no existen diferencias significativas, al contrario, la altura de planta y materia seca foliar 30 DPS, temperatura del suelo 110 DPS, humedad del suelo a los 70 y 110 DPS, en estas variables si existieron significancia estadística. El T3 (8,22 t/ha) presenta el mayor rendimiento, seguido de T1 (7,97 t/ha), T2 (7,79 t/ha) y T4 (7,54 t/ha). Además, recomiendan la siembra de maíz asociado a trébol para la asimilación de N, absorción de nutrientes y para retener la humedad.

Arévalo (2014) en su investigación utilizó abono orgánico (AO) y *Azotobacter* sp. Las fórmulas que dosificó: T₀ (160N-80P-60K), T₁ (1000g/m² AO, *Azotobacter* sp.), T₂ (2000 g/m² AO, *Azotobacter* sp.), T₃ (3000 g/m² AO, *Azotobacter* sp.) y T₄ (80N-80P-60K, *Azotobacter* sp.), estas fórmulas mejoraron las propiedades físicas y químicas del suelo. En el T2 aumento el AO a 3,60%, el N total a 0,28%, P disponible a 10,38 ppm. La producción de algodón de color (*Gossypium barbadense* L.) con el T₂ alcanzó 1,91 t/ha y con el T1 fue 1,64 t/ha. La producción con AO restablece la calidad del suelo y puede alcanzar buenos rendimientos semejante a la fertilización inorgánica.

Acevedo et al. (2011) en su investigación que duro ocho ciclos cultivando maíz para establecer los contenidos de NO₃⁻, NH₄⁺ y N (mineral, total y orgánico) a diferentes profundidades (0, 30, 60, 90 y 120 cm). Al incorporar materia orgánica (MO) a la capa arable entre 0 y 30 cm aumento de 1,66 a 1,83 el porcentaje de MO, el nivel de nitrógeno total aumento a 40% y de esta el 95% es nitrógeno orgánico.

García (2003) refiere que la siembra secuencial de diversos cultivos en una misma parcela, acumula restos con diferentes cualidades que contribuirán con carbono al suelo. Mayormente para mejorar la cantidad de carbono en el suelo es necesario insertan gramíneas, así también evitar la proliferación de plagas, por otro lado, mejora el contenido de C e incrementa la reposición de nutrientes debido a la calidad y cantidad de los residuos concentrados en el suelo. La rotación de cultivos aumenta la fertilidad del suelo y el rendimiento potencial de los cultivos.

Según Rosas et al. (2017) menciona que las

enmiendas calcáreas del suelo son necesarias para la corrección de los suelos ácidos. En las plantaciones cacaoteras de la Amazonia Colombiana en un *typic udorthents* totalmente ácido se dosifico con 0,1,3, 5, 7, 9 y 11 Mg/ha de cal dolomita y carbonato de calcio para descubrir la clase y el peso del componente encalante que reacciona y permitan virar la acidez, pH, H, AL₃⁺, H⁺ y la acidez total. Al realizar la práctica de encalado posterior a los 60 días hay incremento de las reacciones. Suministrando 7 Mg/ha incrementó el pH de 5,5 a 6,0, también, decrece las concentraciones de Al y Fe, mejora la capacidad de intercambio catiónico y la accesibilidad de nutrientes nitrógeno y potasio.

Pinedo (2015) en Canaán en la estación experimental agraria del INIA suministro 4 dosis de fertilizantes en la siembra de maíz morado: INIA 615 y PMV 581. Luego de la evaluación de las variables biométricas, la variedad INIA 615 (3,67 t/ha) presento mayor producción que la variedad PMV 581 (2,78 t/ha). Con la fórmula de fertilización (FF) 120N-90P-60K se logró 3,69 t/ha el mayor rendimiento de mazorcas. Además 2,21 mg/100g es la mayor concentración de antocianina que se obtuvo con la FF: 120N-110P-80K estadísticamente son similares con la FF: 120N-120P-100K con 1,64 mg/100g y FF:120N-90P-60K con 1,62 mg/100g. De la misma forma, no existe diferencias estadísticas en la concentración se antocianina entre la variedad INIA 615 (1,82 mg/100g) y PMV 581(1,67 mg/100g).

Carbonelli (2020) en su experimento donde empleo microorganismos eficientes (EM) para evaluar las consecuencias en la siembra de maíz morado PMV 58, con el suministro de 6 litros de EM/ha la producción es de 6,53 ± 0,77 t/ha. Además, se alcanzó diferencias estadísticas en las siguientes variables: diámetro de tallo, altura de tallo, longitud de mazorca, número de mazorcas/planta, porcentaje de floración, porcentaje de maduración lechosa, porcentaje y maduración pastosa,

Delgado (2021) comparo el ejemplar INIA 601, morado mejorado y Canteño, obteniendo la más alta cosecha de 6 450 kg/ha con el ejemplar INIA 601, seguido del ejemplar maíz morado mejorado con 5 370 kg/ha y del ejemplar INIA 601 con 4 260 kg/ha, por otro lado Piña (2018) al sembrar el ejemplar INIA 601 a diferentes altitudes cosecho 2 562,70 kg/ha con una concentración de antocianina de 6,38% en coronta y 2,93% en bráctea (Piña, 2018).

Rabanal y Medina, (2021) investigaron el nivel

de antocianina en dos pisos altitudinales, Llollón (2770 m) y Llanupacha (3140 m), donde la variedad INIA 601 con 5,3 Mg/ha alcanzó la más alta producción en Llanupacha, seguido de 4,5 Mg/ha en Llollón. El maíz morado INIA 601 consiguió la mejor altura de planta 235 cm y mostró la mejor altura de mazorca 125 cm, seguido por el maíz morado mejorado (MMM) que midió 233 cm y la mejor altura de mazorca midió 120 cm, esto resultó en Llollón. Por otro lado, la altura del MMM (193 cm) fue superior a INIA-601 (190 cm), así mismo para altura de mazorca es similar en INIA-601 y MMM (80 cm) estos resultados ocurrieron en Llanupacha. En el ejemplar INIA 615 se anticipó el florecimiento femenino tanto en Llollón (101,5 días) como en Llanupacha (125,6 días) de igual manera para la floración masculina se presentó primero en Llollón (93,3 días) y después en Llanupacha (118,3 días) también se presenta la tasa de pudrición más baja en Llanupacha (2,3%) que en Llollón (5,9%). Hay mayor concentración de antocianinas en INIA 601 en Llanupacha y Llollón en el elote 6,7 y 7,5 mg/g, en brácteas 2,9 y 2,5 mg/g correlativamente.

MATERIAL Y MÉTODOS

Esta investigación se ejecutó en una parcela experimental del Fundo los Pichones ubicado a una altitud de 550 m, 17°59'38" de latitud sur y 74°14'22" de longitud oeste.

Características Climáticas

El estudio se realizó entre setiembre del 2020 y marzo del 2021. El clima se caracterizó por que la temporada fría coincide con los meses de julio y agosto, las temperaturas calurosas se presentan en los meses de enero a febrero y fueron mayormente nublados; los meses de invierno presentan neblinas, fueron frescos, secos y mayormente despejados, las lluvias son muy escasas. En el 2020 se registró 29,47 mm la precipitación promedio anual, 22,8° C la temperatura máxima media anual y 16,4°C la mínima promedio anual y el 2021 se registró 17,51 mm la precipitación promedio anual, 21,8°C la temperatura máxima promedio anual y 15,4°C la mínima promedio anual.

Características Edáficas

El suelo donde se instaló el experimento según el análisis es de textura franco arenoso, presenta bajo contenido de materia orgánica, tiene un pH ácido, según el CE son suelos con salinidad media, cuenta con poco nitrógeno y con bastante potasio y el CIC es bajo.

Muestreo y análisis de suelo.

Las muestras se obtuvieron a la profundidad de 30 cm; al inicio se tomó solo una muestra general antes de incorporar la materia orgánica (MO), luego se incorporó la MO, transcurrido 250 días se tomó 40 muestras (1muestra/tratamiento) posteriormente de la misma forma a los 450 días posterior a la incorporación de la MO se repitió la toma de otras 40 muestras, para realizar los análisis químicos y físicos según la tabla 1.

Tabla 1

Método de análisis de las características físico y químicas del suelo

Análisis	Método
pH	Potenciómetro
Conductividad eléctrica CE	Conductímetro
Materia orgánica MO	Walkley y Black
Nitrógeno total Nt	Microkjeldahl
Fósforo disponible Pd	Olsen modificado
Potasio disponible Kd	Pratt-Fotómetro de llama
Capacidad de Intercambio de Cationes	Acetato de amonio 1N
Calcio cambiante Ca+	Complexometría
Magnesio cambiante Mg+	Complexometría
Sodio cambiante Na+	Fotómetro de llama
Potasio cambiante K+	Fotómetro de llama

Conducción del Experimento

Se evaluaron dos variedades de maíz morado INIA 615 y PVM 581, incorporando materia orgánica, cantidades de 30 y 40 t/ha de estiércol (EV) de vacuno, 30 y 40 t ha⁻¹ de estiércol de camélido sudamericano (ECS) y con fertilización química 200-150-120 (N-P₂O₅-K₂O).

Es una investigación de tipo experimental, el diseño estadístico empleado fue DBCA con diez tratamientos y cuatro repeticiones. Para hallar la diferencia entre las medias se usó el test de Duncan.

Tabla 2

Tratamientos, Fundo los Pichones - Tacna 2019

Tratamiento	Híbrido	Materia orgánica	Fertilización
T1	INIA 615	30 t ha ⁻¹ EV	0
T2	INIA 615	40 t ha ⁻¹ EV	0
T3	INIA 615	30 t ha ⁻¹ ECS	0
T4	INIA 615	40 t ha ⁻¹ ECS	0
T5	INIA 615	0	200N-150 P ₂ O ₅ -120 K ₂ O
T6	PMV 581	30 t ha ⁻¹ EV	0
T7	PMV 581	40 t ha ⁻¹ EV	0
T8	PMV 581	30 t ha ⁻¹ ECS	0
T9	PMV 581	40 t ha ⁻¹ ECS	0
T10	PMV 581	0	200N-150 P ₂ O ₅ -120 K ₂ O

Nota. EV: estiércol de vacuno, ECS: Estiércol de camélido sudamericano

Variables Evaluadas

Se evaluaron las siguientes características físicas del suelo: textura del suelo, capacidad de campo (CC), porcentaje de marchitamiento permanente (PMP), densidad aparente (Da), también las propiedades químicas del suelo: potencial de hidrógeno (pH), Materia orgánica (MO), conductividad eléctrica (CE), Capacidad de intercambio catiónico (CIC), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg). Así mismo, en el cultivo se evaluaron las variables agronómicas.

Manejo agronómico

En seguida describiremos todas las actividades que involucran la conducción del cultivo del maíz morado:

Las labores de campo se iniciaron mecánicamente con el arado, gradeo, nivelación y surcado del predio, luego se incorporó las dosis de MO, se esperó 250 días para aplicar las dosis de fertilizante que contiene P y K y la mitad del fertilizante con N. Posteriormente se sembró a razón de 5 semillas de maíz morado por golpe, luego a los 30 días se incorporó la otra mitad del fertilizante que contiene N. La técnica del desahije se practicó una vez que las plantas alcanzaron 0,20 a 0,25 m de altura para dejar 3 plantas vigorosas por golpe.

En el campo se instaló riego por goteo, los riegos se realizaron cada 3 días, se realizó el primer riego inmediatamente después la siembra y el último riego fue en la etapa del llenado de grano. La práctica del aporque se hizo a los 30 y 60 días posterior a la siembra. El control cultural se realizó periódicamente y de forma manual. Para el control preventivo de plagas se empleó feromonas y técnicas culturales para evitar la presencia del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

Se cosechó en una sola etapa, cuando las plantas mostraron más del 70% de hojas secas o cuando el grano alcanzó una humedad del 20% a 25% o cuando en la base del casquete se encontró una capa marrón o negro.

Análisis estadístico.

La técnica estadística que se empleó fue el análisis de varianza y las diferencias de los tratamientos se evaluaron al valor de significancia del 5%; además, se empleó una prueba de comparación de medias de Duncan.

RESULTADOS

Características físicas

Capacidad de campo CC

En la capacidad de campo, no se encontró significación estadística para bloques, Sin embargo, hay significancia estadística para tratamientos con dosis de materia orgánica. El mayor porcentaje lo obtuvo el tratamiento T₆ (PMV 581 con 30 t/ha de estiércol de vacuno) con 16,88% y son estadísticamente son similares a T₄ (16,73%); T₂ (16,56%); T₁ (16,53%); T₉ (16,27%); T₃ (16,20%) y T₈ (16,14%), también son superiores a los demás tratamientos.

Tabla 3

Test de significancia de Duncan al 5 % para la CC en el suelo aplicado con materia orgánica y cultivado de maíz morado

Tratamientos	Orden de mérito	Promedio %	Significancia
T ₆	1	16,88	A
T ₄	2	16,73	A B
T ₂	3	16,56	A B
T ₁	4	16,53	A B
T ₉	5	16,27	A B C
T ₃	6	16,20	A B C
T ₈	7	16,14	A B C
T ₅	8	15,79	B C
T ₇	9	15,68	B C
T ₁₀	10	15,33	C

Así mismo en la Figura 1, se observa que la capacidad de campo en la línea base es de 14,00 %, después de aplicar materia orgánica y fertilizantes químicos, a los 250 días se observa incrementa en el promedio de los tratamientos ente 15,33 y 16,53 % y a los 450 de la línea base ligeramente disminuye en el promedio de los tratamientos a 14,90 y 15,95 % figura 1.

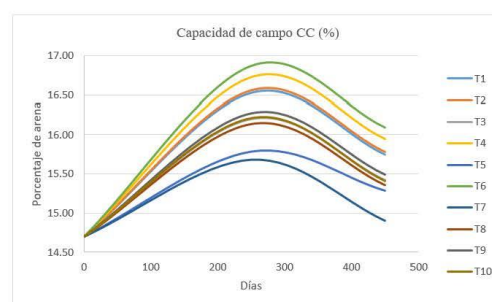


Figura 1. Efecto de la incorporación de materia orgánica en la CC del suelo a los 0 (cero), 250 y 450

días en el cultivo de maíz morado

Punto de marchites permanente PMP

En el punto de marchites permanente (%) del suelo, no existió significación estadística para bloques. Sin embargo, hay significancia estadística para tratamientos. Según la prueba de Duncan al 95% de probabilidad tabla 4, se observa que no existe diferencias estadísticas entre los siete primeros tratamientos, los cuales alcanzaron los más altos porcentajes 7,04; 6,95; 6,85; 6,83; 6,68; 6,64 y 6,60%, superando a todos los tratamientos restantes.

Tabla 4

Test de significancia de Duncan al 5 % para el PMP en el suelo aplicado con materia orgánica y cultivado de maíz morado

Tratamientos	Orden de mérito	Promedio %	Significancia
T6	1	7.04	A
T4	2	6.95	A B
T2	3	6.85	A B
T1	4	6.83	A B
T9	5	6.68	A B C
T3	6	6.64	A B C
T8	7	6.60	A B C
T5	8	6.44	B C
T7	9	6.33	B C
T10	10	6.12	C

En la línea del tiempo se determinó el valor de 6,20 % en la línea base, al aplicar abonos orgánicos e inorgánicos a los 250 días se incrementó en los tratamientos entre 6,12 y 7,04 %, luego del cultivo del maíz morado, a los 450 días decrece en los tratamientos entre 5,32 y 6,26 %.

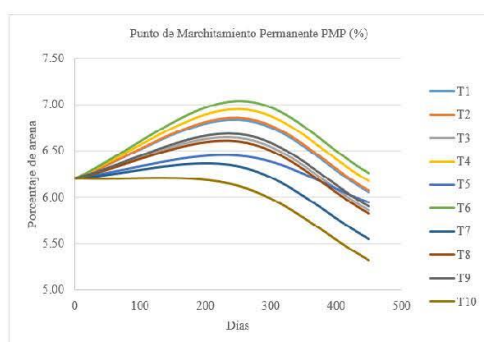


Figura 2. Efecto de la incorporación de materia orgánica en el PMP del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días, en el cultivo de maíz morado

Así mismo se observa en la Figura 2, donde se observa el efecto de la incorporación de abonos materia orgánica y fertilizante químico en el PMP en el suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días.

Densidad aparente Da

En la densidad aparente (g/cm^3) no existió significancia estadísticamente significativa para los bloques. Sin embargo, existe significancia estadística para tratamientos con la aplicación de materia orgánica. Se realizó el test de significación de Duncan para encontrar las diferencias entre tratamientos.

Tabla 5

Test de significancia de Duncan al 5 % para la Da en el suelo aplicado con materia orgánica y cultivado de maíz morado

Tratamientos	Orden de mérito	Promedio g cm^{-3}	Significancia
T7	1	1,56	A
T2	2	1,54	A B
T5	3	1,53	A B
T1	4	1,51	A B C
T4	5	1,50	A B C
T10	6	1,49	B C
T3	7	1,48	B C
T8	8	1,48	B C
T6	9	1,48	B C
T9	10	1,46	C

El T₇ (PMV 581; 40 t/ha) resultó 1,56 g/cm^3 , la mayor densidad aparente y estadísticamente similar a los T₂ (1,54 g/cm^3), T₅ (1,53 g/cm^3), T₁ (1,51 g/cm^3) y T₄ (1,50 g/cm^3), y son superiores a otros tratamientos.

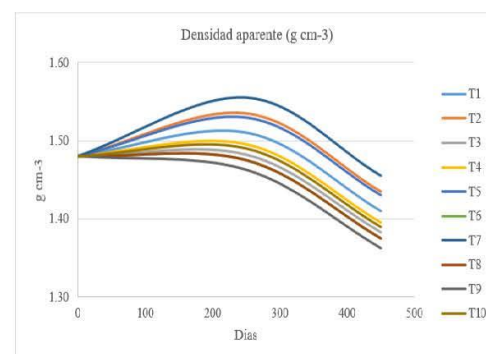


Figura 3. Efecto de la incorporación de materia orgánica y fertilizantes químicos en la Da del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días, donde se cultivó de maíz morado

Así mismo se presenta la Figura 3, donde al inicio la línea base la Da fue de 1,48 g/cm³, a los 250 días después de la incorporación de abonos orgánicos y fertilizantes químicos se observa que incrementa la Da en los tratamientos estos datos están entre 1,49 y 1,51 g/cm³; después se cultivó el maíz morado y a los 450 días la Da disminuye en los tratamientos, estos datos están entre 1,36 y 1,46 g/cm³.

Características químicas

pH del suelo

Según el ANVA para los resultados del pH del suelo, no existió diferencia estadística en los bloques. Sin embargo, existen diferencias estadísticas para tratamientos.

Tabla 6

Test de significancia de Duncan al 5 % para el pH en el suelo aplicado con materia orgánica y cultivado de maíz morado

Tratamientos	Orden de mérito	Promedio g cm ³	Significancia
T ₁	9	6,36	A
T ₃	6	5,68	A B
T ₆	10	5,49	A B C
T ₉	5	5,33	A B C
T ₂	4	5,26	A B C
T ₄	1	5,04	B C
T ₇	8	4,78	B C
T ₈	2	4,73	B C
T ₅	7	4,53	B C
T ₁₀	3	4,37	C

El tratamiento T₁ (6,36 g/cm³) con el híbrido INIA 615 con aplicaciones de 30 t ha⁻¹ de estiércol de vacuno es estadísticamente similar; a los tratamientos T₃ (5,68 g/cm³); T₆ (5,49 g/cm³); T₉ (5,33 g/cm³) y T₂ (5,26 g/cm³), y son superiores al resto de los tratamientos.

En la línea base del suelo el valor del pH fue 4,20; después de aplicar abonos orgánicos e inorgánicos a los 250 días el pH se incrementó en los tratamientos, estos valores están entre 4,37 y 6,36 es decir tiene pH ácidos. Luego de cultivar dos híbridos de maíz morado, a los 450 días se observa un ligero descenso del pH en los tratamientos, estos valores se encontraron entre 4,14 y 6,13.

En la Figura 4 se observa las consecuencias en el pH a los 0 (cero), 250 y 450 días después de incorporar abonos orgánicos y fertilizante químico al suelo.

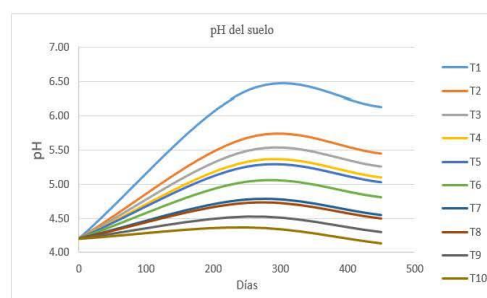


Figura 4. Efecto de la incorporación de materia orgánica y fertilizantes químicos en el pH del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días, donde se cultivó de maíz morado

Materia orgánica MO

Al realizar el ANVA para los resultados de la MO del suelo, muestra que no hay significación estadística para bloques. En cambio, existe significancia estadística para tratamientos con aplicaciones de abonos orgánicos. El CV es de 28,59%.

Tabla 7

Test de significancia de Duncan al 5 % para la MO en el suelo aplicado con materia orgánica y cultivado de maíz morado

Tratamientos	Orden de mérito	Promedio %	Significancia
T ₂	4	4,61	A
T ₇	8	3,94	A B
T ₃	6	3,88	A B
T ₄	1	3,74	A B
T ₈	2	3,56	A B C
T ₉	5	3,53	A B C
T ₁	9	3,39	A B C
T ₆	10	3,21	A B C
T ₅	7	2,42	B C
T ₁₀	3	2,03	C

El mayor porcentaje de materia orgánica se observó con el tratamiento T₂ (INIA 615; 40 t/ha de estiércol de vacuno) cuyo valor es 4,61%, estadísticamente similares a los tratamientos: T₇ (3,94%); T₃ (3,88%); T₄ (3,74%); T₈ (3,56%); T₉ (3,53%); T₁ (3,39) y T₆ (3,21%). Además, superando a todos los tratamientos restantes.

En la Figura 5, de la evaluación se inició con la línea base según el análisis de suelo muestra 1,16 %, luego se realizó la incorporación de materia orgánica e inorgánicos y a los 250 días, se incrementó el valor de la MO de los tratamientos, estos valores están entre 2,03 y 4,61 %, posteriormente después de cultivar dos híbridos

de maíz morado a los 450 días se apreció que la MO disminuyó ligeramente de los tratamientos, estos valores están entre 1,08 y 3,66 %.

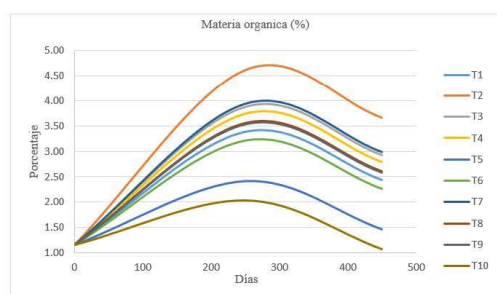


Figura 5. Efecto de la incorporación de materia orgánica y fertilizantes químicos en el porcentaje de MO del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días, donde se cultivó de maíz morado

Capacidad de intercambio catiónico CIC

El análisis de varianza para la CIC del suelo, no se encontró significación estadística para bloques, por el contrario, hay significancia estadística para tratamientos con aplicación de materia orgánica.

Tabla 8

Test de significancia de Duncan al 5% para la CIC en el suelo aplicado con materia orgánica y cultivado de maíz morado

Tratamientos	Orden de mérito	Promedio meq/100mg	Significancia
T ₉	1	11,07	A
T ₅	2	10,94	A B
T ₄	3	10,16	A B C
T ₁	4	9,95	A B C
T ₂	5	9,85	A B C
T ₇	6	9,65	A B C
T ₃	7	9,53	B C
T ₆	8	9,33	C
T ₁₀	9	9,25	C
T ₈	10	8,90	C

El CV fue de 9,28%, para saber exactamente cuáles tratamientos son los mejores de acuerdo a la media calculada realizamos el test de significación de Duncan.

La mayor capacidad de intercambio catiónico en el suelo lo obtuvo el T₉ (11,07 meq/100mg): híbrido PMV 581 y aplicaciones de 40 t/ha ECS, este es similar estadísticamente a los T₅ (10,94 meq/100mg), T₄ (10,16 meq/100mg), T₁ (9,95 meq/100mg), T₂ (9,85 meq/100mg) y T₇ (9,65 meq/100mg) y superando a todos los tratamientos

restantes.

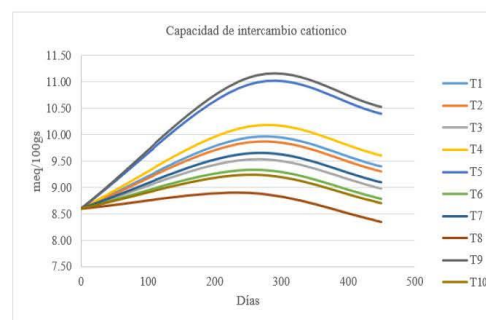


Figura 6. Efecto de la incorporación de materia orgánica y fertilizantes químicos en la CIC del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días, donde se cultivó de maíz morado

En la Figura 6, se muestra el análisis del suelo de la línea base donde la CE es de 2,41 mS/cm, luego de aplicar abonos orgánicos e inorgánicos se realizó el análisis de suelos a los 250 días incrementándose el valor de la CE en todos los tratamientos, estos valores están entre 2,48 y 2,89 mS/cm. Se cultivó dos híbridos de maíz morado y a los 450 días disminuyó la CE en todos los tratamientos, cuyos valores están entre 1,93 y 2,34 mS/cm.

Nitrógeno orgánico (%)

En el ANVA de los resultados del % de N orgánico del suelo, se encontró que para bloques no existió diferencias significativas, por el contrario, hay alta significancia estadística para tratamientos, además el CV fue de 26,77%.

Tabla 9

Test de significancia de Duncan al 5 % para el % de N del suelo aplicado con materia orgánica y cultivado de maíz morado

Tratamientos	Orden de mérito	Promedio %	Significancia
T ₉	9	0,20	A
T ₇	7	0,20	A
T ₂	2	0,18	A B
T ₃	3	0,17	A B
T ₁	1	0,17	A B
T ₆	6	0,16	A B
T ₈	8	0,14	A B C
T ₄	4	0,12	B C
T ₅	5	0,11	B C
T ₁₀	10	0,09	C

El tratamiento que presentó mayor porcentaje de nitrógeno orgánico fue el T₉ (híbrido PMV-581 y

aplicaciones de 40 t/ha de ECS) con 0,20%, y son estadísticamente semejante a los tratamientos T₇ (0,20%), T₂ (0,18%), T₃ (0,17%), T₃ (0,17%), T₁ (0,17%), T₆ (0,16%), T₈ (0,14%), a su vez son superiores a los demás tratamientos.

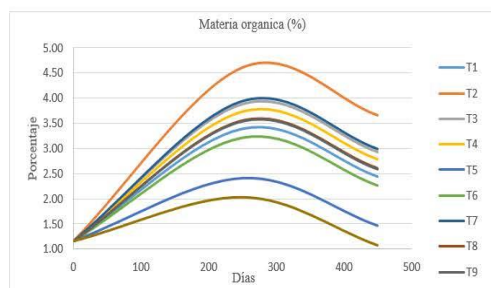


Figura 7. Efecto de la incorporación de materia orgánica y fertilizantes químicos en el % de N del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días, donde se cultivó de maíz morado

En la Figura 7, se observa las consecuencias de la incorporación de los abonos orgánicos y fertilizante químico en el porcentaje de nitrógeno orgánico del suelo a 0 (cero), 250 y 450 días. Al inicio del período de estudio se fijó una línea base donde 0,06 % fue el porcentaje de nitrógeno orgánico (NO). Después se aplicó abonos orgánicos y fertilizantes químicos en los tratamientos y a los 250 días se incrementó el NO este intervalo fluctuó entre 0,09 y 0,20 %. Posteriormente se sembró dos híbridos de maíz morado y a los 450 días se muestra paulatinamente el decrecimiento de los valores del NO en los tratamientos, estos valores fluctúan 0,04 y 0,15 %.

Fósforo (ppm)

Al realizar el ANOVA para el fósforo en el suelo, resultado estadísticamente no significativo para bloques. Sin embargo, hay alta significancia estadística para tratamientos. Para comparar las medias entre los tratamientos se realiza el test de Duncan.

Los tratamientos INIA 615 con 30 t/ha de ECS (T₃) y PMV 581 con 30 t/ha de ECS (T₈) son estadísticamente similares y mayores a los demás tratamientos, mientras el menor contenido de fósforo lo obtuvo el tratamiento del híbrido PMV 581 con 200 N-150 P205-120 K₂O (T₁₀) con 28.22 ppm.

Tabla 10

Test de significancia de Duncan al 5 % para el P del suelo aplicado con materia orgánica y cultivado de

maíz morado

Tratamientos	Orden de mérito	Promedio ppm	Significancia
T ₃	1	35,02	A
T ₈	2	34,12	A
T ₂	3	32,79	A B
T ₁	4	32,59	A B
T ₉	5	32,49	A B
T ₅	6	31,18	A B C
T ₇	7	29,80	B C
T ₆	8	29,68	B C
T ₄	9	29,63	B C
T ₁₀	10	28,22	C

Así mismo se muestra la Figura 8, donde se observa las consecuencias de la incorporación de la abonos orgánicos y fertilizante químico en la cantidad de fósforo en el suelo a 0 (cero), 250 y 450 días. Determinando la línea base, el contenido de P fue de 28,60 ppm, luego se realizó la incorporación de materia orgánica y fertilizantes químicos, y a los 250 días se ha evaluado la cantidad de P en el suelo, se observa incrementó en todos los tratamientos, estos valores están entre 28,22 y 32,59 ppm, en el experimento se cultivó dos híbridos de maíz morado y a los 450 días decreció el contenido de P en los análisis de los tratamientos, cuyos valores están entre 27,17 y 33,97 ppm.

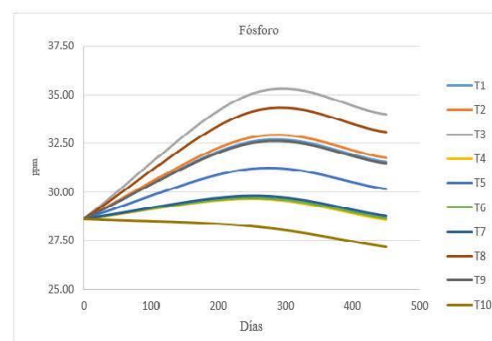


Figura 8. Efecto de la incorporación de materia orgánica y fertilizantes químicos en el P del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días, donde se cultivó de maíz morado

Potasio (ppm)

Realizando el ANVA para la cantidad de potasio en el suelo, donde no existió significación para bloques. Sin embargo, se observa efectos significativos para tratamientos. El CV es 6,45 %.

El tratamiento INIA 615 con 200 N-150 P₂O₅-120 K₂O (T₅) con 423,01 ppm resultado con mayor contenido de potasio y son estadísticamente

semejante a los tratamientos PMV 581 con 30 t/ha EV(T₆), PMV 581 con 40 t ha⁻¹ ECS (T₉), y PMV 581 con 30 t ha⁻¹ ECS(T₈), cuyas medias son; 422,61; 422,12; 411,32; 406,96; 405,29; 404,50 y 392,30 ppm respectivamente, y el tratamiento INIA 615 con 30 t ha⁻¹ EV(T₁) es inferior a los demás tratamientos.

Tabla 11

Test de significancia de Duncan al 5 % para el K del suelo aplicado con materia orgánica y cultivado de maíz morado

Tratamientos	Orden de mérito	Promedio ppm	Significancia
T ₅	1	423,01	A
T ₆	2	422,61	A
T ₉	3	422,12	A
T ₈	4	411,32	A
T ₄	5	406,96	A B
T ₂	6	405,29	A B
T ₇	7	404,50	A B
T ₁₀	8	392,30	A B
T ₃	9	372,06	B
T ₁	10	368,54	B

Así mismo se evidencia en la Figura 9, las consecuencias de la incorporación de abonos orgánicos y fertilizante químico en el contenido de potasio del suelo a 0 (cero), 250 y 450 días. En este estudio se consideró una línea base donde el contenido de K fue de 348 ppm. Luego se realizó aplicaciones de abonos orgánicos e inorgánicos, y después de 250 días se midió el contenido de K disponible, se observó incremento en todos los tratamientos, cuyos valores se encuentran entre 368,54 y 423,01 ppm, luego se cultivó dos híbridos de maíz morado, y a los 450 días se observó ligero descenso en la cantidad de K en todos los Tratamientos, estos valores están entre 366,99 y 421,46 ppm.

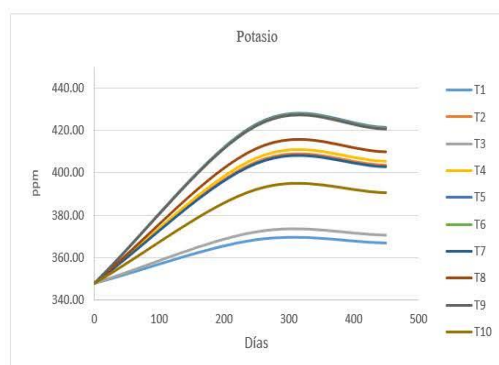


Figura 9. Efecto de la incorporación de materia orgánica y fertilizantes químicos en el K del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días, donde se cultivó de maíz morado

Calcio (me/100gs)

En el análisis de varianza del calcio en el suelo, nos muestra que para bloques no existe variabilidad significativa, respecto a tratamiento si se encontró variaciones estadísticas, el CV es de 12,57 %.

Tabla 12

Test de significancia de Duncan al 5 % para el Ca del suelo aplicado con materia orgánica y cultivado de maíz morado

Tratamientos	Orden de mérito	Promedio me/100gs	Significancia
T ₁	1	10,96	A
T ₈	2	10,16	A B
T ₅	3	9,84	A B C
T ₇	4	9,48	A B C
T ₉	5	9,14	A B C
T ₃	6	9,10	A B C
T ₂	7	8,71	B C
T ₆	8	8,44	B C
T ₁₀	9	8,31	B C
T ₄	10	8,21	C

En la figura 10, en la línea base se observa la cantidad de Ca fue de 6,90 me/100gs. se realizaron aplicaciones de abonos orgánicos e inorgánicos y a los 250 días se incrementó el contenido de Ca en los Tratamientos, estos valores están entre 8,21 y 10,96 me/100gs, luego se cultivó dos híbridos de maíz morado, y a los 450 días la cantidad de Ca en el suelo descendió ligeramente en los tratamientos, cuyos valores están entre 7,56 y 10,21 me/100gs.

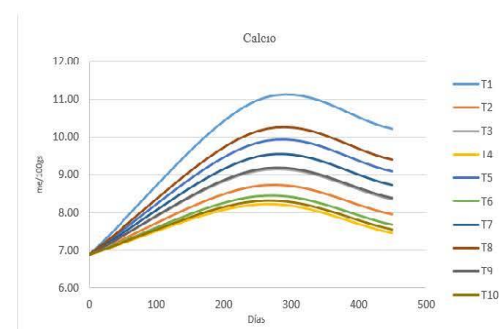


Figura 10. Efecto de la incorporación de materia orgánica y fertilizantes químicos en el Ca del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días, donde se cultivó de maíz morado

Magnesio (me/100gs)

Se valoró la cantidad de magnesio en el suelo, donde el ANOVA muestra que no existe

significancia estadística para bloques, respecto al tratamiento estadísticamente es significativo.

Tabla 13

Test de significancia de Duncan al 5 % para el Mg del suelo aplicado con materia orgánica y cultivado de maíz morado

Tratamientos	Orden de mérito	Promedio me/100gs	Significancia
T ₁₀	1	2,63	A
T ₅	2	2,46	A B
T ₈	3	2,42	A B
T ₉	4	2,23	A B C
T ₁	5	2,21	A B C
T ₆	6	2,11	A B C
T ₂	7	2,09	A B C
T ₃	8	1,93	B C
T ₇	9	1,70	C
T ₄	10	1,67	C

El tratamiento con fertilización química 200 N-150 P₂O₅-120 K₂O (T₁₀) con 2,63 me/100gs es el que presenta mayor contenido de magnesio, mientras que el tratamiento con 1,67 me/100gs el más bajo contenido de magnesio es el tratamiento INIA 615 con 40 t/ha de ECS (T₄).

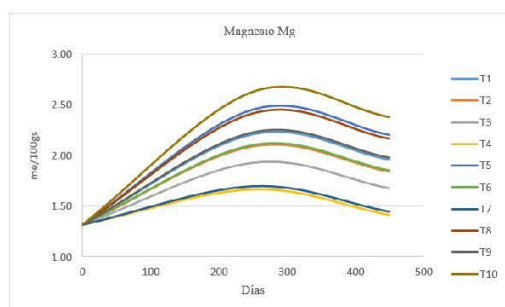


Figura 11. Efecto de la incorporación de materia orgánica y fertilizantes químicos en el Mg del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días, donde se cultivó de maíz morado

Así mismo se presenta la Figura 11, donde se observa las consecuencias de la incorporación de abonos orgánicos y fertilizante químico en el contenido de magnesio en la capa arable del suelo a 0 (cero), 250 y 450 días. Al inicio de la línea base se determinó el contenido de magnesio en 1,32 meq/100gs. Se realizó aplicaciones de abonos orgánicos e inorgánicas y a los 250 días se determinó en el suelo el aumento en la cantidad de Mg en el integro de tratamientos, estos valores están entre 1,67 y 2,46 meq/100gs. posteriormente se cultivó dos híbridos de maíz morado y a los 450 días se analizó el suelo donde decreció el contenido de Ca en todos los

tratamientos, estos valores están entre 1,42 y 2,38 meq/100 gs.

Rendimiento

En análisis de varianza de la producción de maíz morado (Kg/ha), muestra que no hay variabilidad significativa para bloques, mientras que se observa alta diferencia estadística en tratamientos. El coeficiente de variación es 14,23 y para encontrar la disimilitud entre los tratamientos se realizó el test de Duncan.

Tabla 14

Test de significancia de Duncan al 5 % para la producción del cultivo de maíz morado aplicado con materia orgánica en el suelo

Tratamientos	Orden de mérito	Promedio me/100gs	Significancia
T ₇	1	8 678,62	A
T ₁₀	2	8 169,37	A B
T ₈	3	8 046,52	A B
T ₉	4	7 929,36	A B
T ₆	5	7 464,69	A B
T ₂	6	6 874,38	B C
T ₃	7	6 847,52	B C
T ₅	8	6 847,44	B C
T ₄	9	6 847,39	B C
T ₁	10	5 462,37	C

El tratamiento PMV 581 con 40 t/ha EV(T₇) representa el mayor rendimiento de maíz morado con 8 678,62 Kg/ha, y que estadísticamente es similar a los tratamientos PMV 581 con 200 N-150 P₂O₅-120 K₂O (T₁₀): 8 169,37 Kg/ha; PMV 581 con 30 t ha⁻¹ ECS (T₈): 8 046,52 Kg/ha; PMV 581 con 40 t ha⁻¹ ECS (T₉): 7 929,36 Kg/ha y PMV 581 con 30 t ha⁻¹ EV(T₆): 7 464,69 Kg/ha, y el tratamiento INIA 615 con 30 t ha⁻¹ EV (T₁) obtuvo el menor rendimiento.



Figura 12. Rendimiento (Kg/ha) de maíz morado (*Zea mays* L.) con aplicación de materia orgánicos

La figura 12, muestra la comparación de los rendimientos de ejemplares de maíz morado con

la incorporación de materia orgánica e inorgánica, donde el T₇ (8 678,62 Kg/ha) presenta el más alto rendimiento.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Capacidad de campo CC

Es la porción retenida de agua en el suelo luego de que el exceso de agua se descargó y que el nivel de desagüe sea casi cero (Ojeda, McLeod, Águila y Pino, 2018), las evaluaciones respecto a la CC el mayor porcentaje lo obtuvo el tratamiento T₆ (PMV 581 con 30 t/ha de EV) con 16,88% y son estadísticamente similares a T₄ (16,73%); T₂ (16,56%); T₁ (16,53%); T₉ (16,27%); T₃ (16,20%) y T₈ (16,14%), las consecuencias de incorporar abonos orgánicos en la CC del suelo se incrementaron hasta los 250 días, luego de terminar el ciclo evolutivo del maíz morado a los 450 días disminuyó. Estas conclusiones son diferentes a los reportados por Dimas et al. (2000), ellos valoraron tratamientos con abonos orgánicos de vacunos a dosis de 20, 30 y 40 t/ha, resultando el CC 32,7; 26,7 y 32,7 respectivamente, sin embargo 60 días posterior a la incorporación de materia orgánica de vacuno el % CC se ve menguado a 26,8; 29,2 y 29,2 respectivamente. Sin embargo, Murray et al. (2011) en su estudio sobre el impacto del abono orgánico en las características físicas en los primeros 20 cm de la capa arable en una organización agroforestal evaluó durante 6 años, cuyos resultados fueron 24,3; 26,1; 27,9; 30,5; 31,8; y 35,9; donde manifiesta poseer una relación opuesta al incrementarse la cantidad de MO, la densidad aparente disminuye, esto trae como efecto el incremento de la CC.

Punto de Marchites Permanente PMP

Los tratamientos que alcanzaron los más altos porcentajes de la PMP cuyos valores son 7,04; 6,95; 6,85; 6,83; 6,68; 6,64 y 6,60 %, además se registró en la línea base valor de 6,20 % en la línea base, al aplicar abonos orgánicos e inorgánicos a los 250 días se incrementó en los tratamientos entre 6,12 y 7,04 %, luego de la siembra dos ejemplares de maíz morado, a los 450 días decrece en los tratamientos entre 5,32 y 6,26 %. Los resultados ya mencionados son inferiores a los conseguidos por Dimas et al. (2000), ellos evaluaron tratamientos con abonos orgánicos de vacunos a dosis de 20, 30 y 40 t ha⁻¹, resultando el PMP antes de la siembra 17,7; 14,5 y 17,7 respectivamente, sin embargo 60 días posterior a la incorporación de abonos orgánicos de vacuno el PMP se ve disminuido a 14,5; 15,8 y 15,8 respectivamente. Además, Osorio y

Silveyra (2001) registran porcentajes entre 10,41 y 11,57 a los 65 días después de siembra de maíz, y refiere al dosificar con escorias BOF C2 inerte y abonos orgánicos en el suelo calcáreo originan variaciones positivas en el PMP.

Densidad Aparente Da

El tratamiento T₇ (PMV 581, 40 t/ha) resultó 1,56 g/cm³, la mayor Da y estadísticamente similar a los T₂ (1,54 g/cm³), T₅ (1,53 g/cm³), T₁ (1,51 g/cm³) y T₄ (1,50 g/cm³), y son superiores a otros tratamientos. En la línea base se registró 1,48 g/cm³, a los 250 días después de incorporar abonos orgánicos y fertilizantes químicos aumentó la Da en los tratamientos, cuyos datos están entre 1,49 y 1,51 g/cm³, después se cultivó dos híbridos de maíz morado y a los 450 días la Da disminuyó en los tratamientos, estos datos están entre 1,36 y 1,46 g/cm³. Los resultados preliminares son semejantes a los obtenidos por Osorio y Silveyra (2001) valores que están entre 1,30 y 1,35 g/cm³ a los 65 días después de siembra de maíz, y refiere que al suministrar escorias BOF C2 inerte y abonos orgánicos al suelo calcáreo ocasionan variaciones positivas en la Da. Así mismo Barahona y Villarreal (2013) realizaron aplicaciones 20, 40 y 60 t ha⁻¹ de gallinaza cuyas Da resultaron 1,31; 1,30 y 1,30 respectivamente, deduciendo que la Da decrece por que la gallinaza contribuye incrementando la materia orgánica, mejorando la estructura y componentes del suelo.

Características químicas

pH del suelo

El tratamiento T₁ (6,36) con el híbrido INIA 615 con aplicaciones de 30 t/ha de estiércol de vacuno es estadísticamente similar; a los tratamientos T₃ (5,68); T₆ (5,49); T₉ (5,33) y T₂ (5,26). La línea base del suelo el pH fue 4,20; después de aplicar abonos orgánicos e inorgánicos a los 250 días el pH se incrementó en el suelo, entre 4,37 y 6,36 es decir tiene pH ácidos, luego del cultivo dos híbridos de maíz morado y a los 450 días se observa un ligero descenso del pH, estos valores se encontraron entre 4,14 y 6,13. Estos datos son inferiores a los registrados por Barahona y Villarreal (2013) luego de aplicar 20, 40 y 60 t ha⁻¹ de gallinaza el pH resultó 5,9; 5,5 y 5,9 respectivamente. Además, a medida que aumenta el suministro de gallinaza se muestra que aumenta el valor del pH, con la dosificación de 60 t/ha se obtiene un pH de 5,9. Soto et al. (2016) evaluaron la cantidad de abonos orgánicos en suelos para la agricultura donde el pH fue moderadamente ácido (5,93), lo que influye

directamente en la asimilación de los nutrientes por la planta.

Materia orgánica MO

El mayor porcentaje de materia orgánica se observó con el tratamiento T₂ (INIA 615; 40 t/ha de EV) cuyo valor es 4,61%, estadísticamente similares a los tratamientos: T₇ (3,94%); T₃ (3,88%); T₄ (3,74%); T₈ (3,56%); T₉ (3,53%); T₁ (3,39) y T₆ (3,21%). Así mismo la evaluación se inició con la línea base según el análisis de suelo muestra 1,16 %, luego se realizó la incorporación de materia orgánica y fertilizantes químicos, a los 250 días se vio incrementó el valor de la MO de los tratamientos, estos valores están entre 2,03 y 4,61 %, posteriormente después de cultivar dos híbridos de maíz morado a los 450 días se apreció que la MO disminuyó ligeramente de los tratamientos, estos valores están entre 1,08 y 3,66 %. Estos valores están dentro del rango encontrado por Soto et al. (2016) en su evaluación del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas donde la MO se cuantificó un porcentaje muy bajo en todos los suelos (< 4 %). Asimismo, Cairo y Alvarez (2017) al cultivar soya abonado con estiércol descompuesto al inicio de registra 2,5 % de MO transcurrido un tiempo observa 3,7 % un aumento sustancial de MO en el suelo.

Capacidad de intercambio catiónico CIC

El tratamiento T₉ (PMV 581, 40 t/ha ECS) con 11,07 meq/100mg es el mayor CIC, este resultado es similar estadísticamente a los T₅ (10,94 meq/100mg), T₄ (10,16 meq/100mg), T₁ (9,95 meq/100mg), T₂ (9,85 meq/100mg) y T₇ (9,65 meq/100mg). Al inicio del experimento el CIC fue 8,60 meq/100gs, con la incorporación de materia orgánica e inorgánica, la CIC a los 250 días aumento en los tratamientos, estos niveles están entre 8,90 y 11,07 meq/100gs, después de cultivar dos híbridos de maíz morado a los 450 días los niveles de CIC ligeramente disminuyeron en los tratamientos, estos niveles se encuentran entre 8,35 y 10,52 meq/100gs. estos valores son inferiores a los encontrados por Huaroc et al. (2021) en su estudio como afecta los abonos orgánicos y fertilizantes químicos en la mejora del suelo sembrado de maca, donde la aplicación de lombricompost al 20 %, registro 28,75 el más alto CIC destacó comparado al compost con 22,29, así como a las enmiendas inorgánicas. Rivera et al. (2016) refiere que para mejorar la CIC es necesario la incorporación de abonos orgánicos además baja la detención del fósforo, dinamiza la acción de los microorganismos y mejora la concentración de nutrientes en el

ecosistema del suelo. Cotrina et al. (2020) dice que con la materia orgánica incrementa la CIC efectiva (5,46) y supero al control (4,11).

Nitrógeno orgánico (%)

El tratamiento que presento mayor porcentaje de nitrógeno orgánico fue el T₉ (híbrido PMV 581 y aplicaciones de 40 t/ha de guano de camélido sudamericano con 0,20%, y son estadísticamente semejante a los tratamientos T₇ (0,20%), T₂ (0,18%), T₃ (0,17%), T₁ (0,17%), T₆ (0,16%), T₈ (0,14%), Después se aplicó abonos orgánicos y fertilizantes químicos en los tratamientos y a los 250 días se incrementó el NO este intervalo fluctuó entre 0,09 y 0,20 %. Posteriormente se sembró dos híbridos de maíz morado y a los 450 días se muestra un ligero decrecimiento de los valores del NO en los tratamientos, estos valores fluctúan 0,04 y 0,15 %. Bedoya y Julca (2021) analizaron como afecta los abonos orgánicos en la producción de palto donde las Características del estiércol de vacuno, antes de descomponer fue 1,78% y después de la descomposición se incrementó a 2,39%, estos valores son superiores al presente trabajo. Sin embargo, Cotrina et al. (2020) refiere que utilizando gallinaza como abono aumenta la concentración de nitrógeno entre 0,15 y 0,17 % es similar el aporte de N con el Compost y el Bocashi.

Fosforo (ppm)

Los tratamientos INIA 615 con 30 t/ha de guano de camélido sudamericano (T₃) y PMV 581 con 30 t/ha de estiércol de camélido sudamericano (T₈) son estadísticamente similares y mayores a los demás tratamientos, En la línea base, el contenido de P fue de 28,60 ppm, luego se realizó la incorporación de materia orgánica y fertilizante químico, y a los 250 días se ha evaluado la cantidad de P en la capa arable, se observa incrementó en todos los tratamientos, estos valores están entre 28,22 y 32,59 ppm, en el experimento se cultivó dos híbridos de maíz morado y a los 450 días decreció el contenido de P en los análisis de los tratamientos, cuyos valores están entre 27,17 y 33,97 ppm. Estos valores son menores a los encontrados por Cotrina et al. (2020) cuando evaluó el efecto de los abonos orgánicos sobre la concentración de fósforo en suelos, las aplicaciones de abonos como el bocashi registro valores de 7,36 y 7,67 mejoro la concentración de P en la capa arable del suelo. De la misma forma Huaroc et al (2021) dice que los abonos orgánicos, bajo la forma de compost (19,20) y el lombricompost (110,53) aumentan la cantidad de fosforo en la capa arable del suelo sembrado con maca, lo contrario

sucedió con la fertilización química que la disponibilidad fue baja. Además, podemos afirmar que la disponibilidad del fósforo debe a la dinámica microbiológica en el suelo.

Potasio (ppm)

El tratamiento INIA 615 con 200 N-150 P₂O₅-120 K₂O (T₅) con 423,01 ppm resultó con mayor contenido de potasio y son estadísticamente semejante a los tratamientos PMV 581 con 30 t ha⁻¹ EV(T₆), PMV-581 con 40 t ha⁻¹ ECS (T₉), y PMV-581 con 30 t ha⁻¹ ECS(T₈), cuyas medias son; 422,61; 422,12; 411,32; 406,96; 405,29; 404,50 y 392,30 ppm respectivamente, y el tratamiento INIA 615 con 30 t ha⁻¹ EV(T₁) es inferior a los demás tratamientos. En la línea base donde el contenido de K fue de 348 ppm. Luego se realizó aplicaciones de abonos orgánicos e inorgánicos, y después de 250 días se midió el contenido de K disponible, se observó incremento en todos los tratamientos, cuyos valores se encuentran entre 368,54 y 423,01 ppm, luego se cultivó dos híbridos de maíz morado, y a los 450 días se observó ligero descenso de K en todos los Tratamientos, estos valores son semejantes a lo registrado por Huaroc et al (2021), menciona que las enmiendas orgánicas, tanto el compost (510,33 y 719,33) como el vermicompost (503,00 y 570,33) aumentaron la cantidad de potasio en el suelo sembrado con maca. Cotrina et al. (2020) al analizar el potasio (K), indicó que los tratamientos aplicados con compost (66,19), bocashi (68,3) y gallinaza (69,49) incrementaron la concentración del elemento en el suelo.

Calcio (me/100gs)

El tratamiento INIA 615 con 30 t/ha EV(T₁) con 10,96 me/100gs es mayor y estadísticamente similar a los tratamientos, donde los contenidos de calcio presentan los siguientes promedios; 10,16 (T₈); 9,84 (T₅); 9,48 (T₇); 9,14 (T₉) y 9,10 (T₃) me/100gs. el más bajo contenido de calcio en el suelo lo obtuvo el tratamiento INIA-615 40 t ha⁻¹ ECS (T₄) con 8,21 me/100gs. De acuerdo a la línea base el contenido de Ca fue de 6,90 me/100gs. se realizaron aplicaciones de abonos orgánicos e inorgánicos y a los 250 días se incrementó el contenido de Ca en los Tratamientos, estos valores están entre 8,21 y 10,96 me/100gs, luego se cultivó dos híbridos de maíz morado, y a los 450 días la concentración de Ca en el suelo descendió ligeramente, cuyos valores están entre 7,56 y 10,21 me/100gs. Según Torres et al. (2016) afirma que al incorporar lombricompost y gallinaza el suelo la concentración de Ca, K, Mg se incrementa considerablemente. Según Huaroc et al. (2021)

considera que es posible agregar compuestos que contengan calcio a los abonos orgánicos para corregir suelos ácidos con siembra de maca, el valor de 20,18 se registró incorporando compost y 18,85 fue con lombricompost.

Magnesio (me/100gs)

El tratamiento con fertilización química 200 N-150 P₂O₅-120 K₂O (T₁₀) con 2,63 me/100gs es el que presenta mayor contenido de magnesio, mientras que el tratamiento con el más bajo contenido de magnesio es el tratamiento PMV 581 con 200 N-150 P₂O₅-120 K₂O(T₁₀). Así mismo se presenta la Figura 32, donde se observa cómo afecta la incorporación de abonos orgánicos y fertilizante químico en el contenido de magnesio en la capa arable del suelo a los 0 (cero), 250 y 450 días. la línea base se determinó el contenido de magnesio en 1,32 meq/100gs. Se realizó aplicaciones de abonos orgánicos e inorgánicos y a los 250 días se determinó en el suelo crecimiento en la concentración de Mg, estos valores están entre 1,67 y 2,46 meq/100gs. posteriormente se cultivó dos híbridos de maíz morado y a los 450 días se analizó el suelo donde decreció el contenido de Ca en todos los tratamientos, estos valores están entre 1,42 y 2,38 meq/100 gs.

Berardo (2004) dice que los granos de las gramíneas sustraen casi bajas cantidades de calcio y magnesio, pudiendo sustraer más Mg en suelos con menor contenido de este elemento con relación al calcio que hay en exceso. Según Huaroc et al. (2021) observó el efecto de las enmiendas orgánicas como el lombricompost al 20 % registro una media de 6,02 meq Mg²⁺/100 g suelo, debido al efecto de los ácidos orgánicos que permiten eliminar el magnesio en el suelo y aumentar la absorbencia en el medio de reserva de nutrientes, a causa de esto se eleva la disponibilidad de Mg cambiante, esto enriquece e incrementa las reservas del Mg en el suelos para que sea accesible para el cultivo y microorganismos del ecosistema del suelo. Gómez et al. (2002) dice que el agua de riego contribuye Mg en dosis altas, los cultivos sustraen pocas cantidades de Mg, razón por la cual hay sobrantes altos de este elemento tanto en la fertilización inorgánica y también existe altas concentraciones con gallinaza 1 846 y estiércol 2 515 de MgO kg/ha.

Rendimiento

El cultivo de PMV 581 con 40 t/ha EV (T₇) representa el mayor rendimiento de maíz morado con 8 678,62 Kg/ha, y que estadísticamente es

similar a los tratamientos PMV 581 con 200 N-150 P₂O₅-120 K₂O (T₁₀): 8 169,37 Kg/ha; PMV 581 con 30 t ha⁻¹ ECS(T₈): 8 046,52 Kg/ha; PMV 581 con 40 t ha⁻¹ ECS (T₉): 7 929,36 Kg/ha y PMV 581 con 30 t ha⁻¹ EV(T₆): 7 464,69 Kg/ha, y el tratamiento INIA 615 con 30 t ha⁻¹ EV (T₁) obtuvo el rendimiento. Estos valores son similares a los encontrados por Girón y Llallahuí (2018) y Mandujano (2017) que obtuvieron rendimientos de 6,4 t ha⁻¹ con compost y microorganismos eficientes y 7,2 t ha⁻¹ con compost más guano de isla respectivamente. Por otra parte, Nolasco (2021) aplicando 5 t ha⁻¹ de compost alcanzó rendimiento de 7,7 t ha⁻¹. Por otro lado, Andrade (2022) observó como afecto las fuentes orgánicas en la producción y concentración de pigmentos de antocianinas, en total se cosechó 5,9 t/ha de maíz morado.

CONCLUSIONES

El suministro de materia orgánica al suelo restablece la calidad, aumentan las cantidades de macronutrientes y se observan cambios en las características físicas y químicas de la capa arable del suelo.

Las necesidades nutritivas del maíz morado y otros cultivos alteran las características físico químicas del suelo esto debido a la asimilación y absorción de elementos nutrimentales por las plantas de maíz morado y también a los diversos ciclos de vida que ocurren en el ecosistema del suelo.

El suministro de materia orgánica al suelo tuvo efectos positivos en la producción del maíz morado. Es posible obtener mejores o semejantes rendimientos comparado a las fórmulas que usan fertilizantes químicos.

RECOMENDACIONES

En la actualidad el medio ambiente se ve afectado por el frecuente y excesivo empleo de fertilizantes químicos, para mitigar esta realidad recomiendo que se realicen investigaciones sobre el uso de diversas fuentes, abonos y enmiendas orgánicas dirigidas al cuidado, mejoramiento y conservación de los suelos.

El maíz morado es un cultivo promisorio, debido a sus bondades nutraceuticas se recomienda su consumo debido a que previenen enfermedades cardiovasculares y cancerígenos, así mismo es necesario incrementar su producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, C. (2022). Efecto de fuentes orgánicas en el rendimiento y contenido de antocianinas en maíz morado (*Zea mays* L.) bajo riego por goteo, en Lima, Perú. *Peruvian Agricultural Research* 4(1), 16-21.
- Avilés Esquivel, D. F., Montero, M., & Barros-Rodríguez, M. (2017). Los camélidos sudamericanos: productos y subproductos usados en la Región Andina. *Sitio Argentino de Producción Animal*. Obtenido de https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_de_camelidos/camelidos_general/35-AICA2017_Trabajo004.pdf
- Barahona, L. A., & Villarreal, J. E. (2013). efecto de la gallinaza sobre algunas propiedades físicas y Químicas del suelo. *Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)*. Obtenido de
- Barrios, M., & Pérez, D. (2018). Efecto de la aplicación continua de estiércol bovino sobre el crecimiento y producción de maíz y características químicas del suelo. *Bioagro*. Obtenido de <https://revistas.uclave.org/index.php/bioagro/article/view/473/193>
- Bedoya Justo, E., & Julca Otiniano, A. (2021). Efecto de la materia orgánica en el cultivo de palto variedad Fuerte en Moquegua, Perú. *IDESIA (Chile) Volumen 39, N° 4*, 111-119. Obtenido de <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v39n4/0718-3429-idesia-39-04-111.pdf>
- Berardo, A. (2004). Manejo de la fertilización en una agricultura sustentable. *Información Agronómicas* (23), 1-5. Obtenido de [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/639E58B05C154F6D852579990060E47C/\\$FILE/Berardo%20Sustentabilidad.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/639E58B05C154F6D852579990060E47C/$FILE/Berardo%20Sustentabilidad.pdf)
- Cairo Cairo, P., & Álvarez Hernández, U. (2017). Efecto del estiércol en el suelo y en el cultivo de la soya. *Pastos y Forrajes, Vol. 40, No. 1*, 37-42. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v40n1/pyf05117.pdf>
- Cairo Cairo, P., & Ubaldo, Á. (2017). Efecto del estiércol en el suelo y en el cultivo de la soya. *Pastos y Forrajes, vol. 40, núm. 1*, 37-42.
- Cajilema Zhulema, J. P. (2015). *Evaluación del comportamiento forrajero de tres variedades de Festulolium con dos abonos orgánicos en la estación experimental Aña Moyocancha*. tesis pregrado, Escuela Superior Politécnica

- de Chimborazo, Riobamba – Ecuador. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5238/1/Tesis.pdf>
- Cotrina Cabello, V. R., Alejos Patiño, I. W., Cotrina Caballero, G. G., Córdova Mendoza, P., & Córdova Barrios, I. C. (2020). Efecto de abonos orgánicos en suelo agrícola de Purupampa Panao, Perú. *Centro Agrícola*, 31-40. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v47n2/0253-5785-cag-47-02-31.pdf>
- Cruz Macías, W. O., Rodríguez Larramendi, L. A., Salas Marina, M. Á., Hernández García, V., Campos Saldaña, R. A., Chávez Hernández, M. H., & Gordillo Curiel, A. (2020). Efecto de la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico en la acidez de suelos cultivados con maíz en dos regiones de Chiapas, México. *Terra Latinoamericana* 38, 475-480. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v38n3/2395-8030-tl-38-03-475.pdf>
- Dimas López, J., Díaz Estrada, A., Martínez Rubín, E., & Valdez Cepeda, R. D. (2000). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra Latinoamericana*, 293-299.
- Duran Espiritu, R. (2019). *efecto de abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays l), en condiciones agroecológicas de Panao, 2019*. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo, Universidad nacional Hermilio Valdizán, Huánuco.
- Farfán Cruz, H. (2021). *efecto de la fertilización orgánico mineral sobre la producción de maíz morado (Zea mayz L.) en Acobamba - Huancavelica*. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Huancavelica. Obtenido de <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/6fccfa69-2cc7-4581-a065-7c152b68422e/content>
- Farfán, H., & Perales, A. (2019). Efecto de la fertilización orgánica mineral sobre la producción de maíz morado (Zea mayz L.). *Universidad Nacional de Huancavelica*.
- Fernández, M. T. (2007). Fósforo: amigo o enemigo. *Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223114970009.pdf>
- Girón, J., & Lllallhui, C. (2018). Abonamiento orgánico y microorganismos eficientes en la absorción de fósforo por maíz morado (Zea mays L.)-Ayacucho. *Investigación* 26(1), 11-16. Obtenido de <https://doi.org/10.51440/unsch>.
- Gómez, A., Pomares, F., Albiach, R., Canet, R., & Baixauli, C. (2002). Efectos de la fertilización orgánica en cultivos hortícolas: producción, balance de nutrientes y de materia orgánica. *V Congreso Iberoamericano de Agroecología*, 443-452. Obtenido de https://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/7275/2002_G%3%b3mez_Efectos.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Guillén Sánchez, J., Mori Arismendi, S., & Paucar Menacho, L. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (Zea mays L.) var. subnigroviolaceo. (U. N. Trujillo, Ed.) *Scientia Agropecuaria*.
- Huaroc Enríquez, H. H., Olivar Gonzales, Y. R., & Omonte Arzapalo, J. N. (2021). *Efecto de enmiendas orgánicas e inorgánicas en el mejoramiento de suelos cultivados con maca (Lepidium meyenii Lepidium meyenii Walp.)*. Carhuamayo. 2021. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental, Universidad Continental, Huancayo. Obtenido de <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11534>
- Mandujano Apolín, Y. D. (2017). *Los abonos orgánicos en la producción de maíz morado variedad mejorada pmv-581 (Zea mays l) y las propiedades químicas del suelo en condiciones agroecológicas del Instituto de Investigación Frutícola y Oleícola - Cayhuayna Huánuco - 2016*. Tesis para optar Título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco. Obtenido de <https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/1518/TAG%2000718%20M22.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Manqui G., F., Allende C., M., & Alexis, V. (mayo de 2012). Preparación de Suelos. *INFORMATIVO N° 61*. Chile: INIA Ururi.
- Moreno, C., González, M. I., & Egido, J. A. (2015). Influencia del manejo sobre la calidad del suelo. *Científica Ecuador es Calidad*. Obtenido de <https://revistaecuadorestcalidad.agrocalidad.gob.ec/revistaecuadorestcalidad/index.php/revista/article/view/8/22>
- Murray Núñez, R. M., Bojórquez Serrano, J. L., Hernández Jiménez, A., Orozco Benítez, M., García Paredes, J., Gómez Aguilar, R., Aguirre Ortega, J. (2011). Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades

- físicas del suelo en un sistema agroforestal de la llanura costera norte de Nayarit, México. *Bio Ciencias*, 27-35. Nolasco Bernardo, Y. (2021). *Enmiendas orgánicas en el rendimiento de maíz morado (Zea mays L.) en condiciones de Cayhuayna - Pillco Marca - Huánuco, 2019*. tesis de pre grado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco.
- Osorio Torres, M., & Silveyra Medina, J. (2001). Uso de la escoria bof C2 inerte y materia orgánica en el cultivo de maíz. *AGRARIA UAAAN VOL 17, NUM. 2*, 43-57. Obtenido de <https://revista.uaaan.edu.mx/wp-content/uploads/2021/09/2001-2.pdf#page=49>
- Otiniano, V. (2012). *Actividad antioxidante de antocianinas presentes en la coronta y grano de maíz (Zea mays L.) variedad morada nativa cultivada en la ciudad de Trujillo*. Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Cesar Vallejo.
- Pavón Garache, J., & Zapata Valle, O. I. (2012). *Comparación de tres fertilizantes orgánicos y un combinado en el cultivo de maíz (Zea mays), en el campus agropecuario de la UNAN-León*. Tesis para optar al título de Ingeniero en Agroecología Tropical, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Rivera, Y., Morenoi, L., Herrera, M., & Romero, H. M. (2016). La toxicidad por aluminio (Al³⁺) como limitante del crecimiento y la productividad agrícola: el caso de la palma de aceite. *Palmas* 37, 11-23.
- Romero Delgado, G., Trillo Zárate, F., Orellana Chirinos, J., Quiroga Espilco, P., Gamarra Bojórquez, J., David, R., . . . Núñez Delgado, J. (2020). Efecto de *Acacia macracantha* en las propiedades físicas y químicas del suelo en un sistema silvopastoril. *Rev Inv Vet Perú*. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v32n3/1682-3419-rivep-32-03-e20389.pdf>
- Ross, M. (2004). Importancia del magnesio para altos rendimientos sostenibles en palma de aceite. *Palmas*. Obtenido de <file:///C:/Users/Windows/Downloads/1071-Texto-1071-1-10-20120719.pdf>
- Soto Mora, E. S., Hernández Vázquez, M., Luna Zendejas, H. S., Ortiz, E., & García Gallegos, E. (2016). Evaluación del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas y su relación carbono/nitrógeno. *Iberoamericana de Ciencias*, 98-105. Obtenido de <http://reibci.org/publicados/2016/oct/1800105.pdf>
- Torres, D., Mendoza Escalona, B. J., & Marco, C. E. (2016). Calidad de abonos orgánicos empleados en la depresión de Quíbor-Venezuela bajo ambientes protegidos. *Cienc. Tecn. UTEQ.*, 9 (2): 1-10.
- Trinidad Santo, A., & Velasco Velasco, J. (2016). Importancia de la materia orgánica en el suelo. *Agroproductividad*, IX (8), 52-58. Obtenido de file:///C:/Users/Windows/Downloads/valeria_sias,+Journal+manager,+cont-8.pdf
- Trinidad, A. (2017). *Abonos orgánicos*. Ciudad de México: SAGARPA.
- Valenzuela, M. (2011). *Elaboración de humus de lombriz utilizando cuatro fuentes de materia orgánica, para mejorar el contenido nutricional del suelo*. Tesis pregrado, Universidad técnica de Babahoyo.
- Vera Velázquez, R., Del Valle Holguín, W., Pallarozo Loo, R., & Katherine Isabel, D. (2022). Determinación de las propiedades físicas y químicas de los suelos agrícolas de la parroquia El Esfuerzo del cantón Santo Domingo de los Tsáchilas. *Sinapsis*.
- Zanor, G. A., López Pérez, M. E., Martínez Yáñez, R., Ramírez Santoyo, L. F., Gutiérrez Vargas, S., & León Galván, M. F. (2018). Mejoramiento de las propiedades físicas y químicas de un suelo agrícola mezclado con lombricompostas de dos efluentes de biodigestor. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, XIX (4). Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v19n4/1405-7743-iit-19-04-e036.pdf>