

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Efecto de la Cuyaza en la elaboración de compost a partir de Cáscara de Mazorca de cacao (*Theobroma Cacao L.*) mediante el sistema de Pilas con Volteo en la comunidad de Malvinas-Kimbiri-VRAEM

Autores:

Alejandro Vila Santiago

Soledad Martel Pariona

Asesora:

Mg. Iliana Gutiérrez Rodríguez

Co-asesor:

DR. Juan Jesús Soria Quijaite

Lima, junio del 2019

DECLARACIÓN JURADA
DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

Mg. Iliana Gutierrez Rodriguez de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que, el presente informe de investigación titulada: "Efecto de la Cuyaza en la elaboración de compost a partir de Cáscara de Mazorca de cacao (*Theobroma Cacao* L.) mediante el Sistema Pilas con Volteo en la comunidad de Malvinas-Kimbiri-VRAEM". Constituye la memoria que presenta a los Bachilleres Alejandro Vila Santiago y Soledad Martel Pariona aspiran al Título Profesional de Ingeniero Ambiental, ha sido realizado en la comunidad de Malvinas-Kimbiri-VRAEM.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad de los autores, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Lima, 17 de junio del 2019.



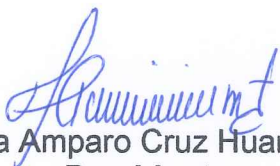
Mg. Iliana Gutierrez Rodriguez

Efecto de la Cuyaza en la elaboración de compost a partir de Cáscara de Mazorca de cacao (*Theobroma Cacao L.*) mediante el sistema de Pilas con Volteo en la comunidad de Malvinas- Kimbiri- VRAEM

TESIS

Presentada para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

JURADO CALIFICADOR



Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga
Presidenta



Mg. Jackson Edgardo Pérez Carpio
Secretario



Ph.D. Leonor Segunda Bustinza Cabala
Vocal



Mg. Joel Hugo Fernández Rojas
Vocal



Mg. Iliana Del Carmen Gutiérrez Rodríguez
Asesora

Lima, 10 de junio de 2019

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso él quien nos ha regalado el valor de la constancia y las fuerzas necesarias para cumplir uno de nuestros grandes sueños y metas.

A nuestros padres, hermanos, amigos por brindarnos su paciencia, apoyo incondicional y motivación en todo.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos manifestar nuestros más sinceros agradecimientos a las personas y entidades que han colaborado en la realización de esta tesis, sin cuyo apoyo no hubiera sido posible llevarla a cabo, con especial mención a:

A Dios por brindarnos grandes bendiciones y concedernos las fuerzas necesarias para culminar un objetivo más.

A la Universidad Peruana Unión y a la Facultad de Ingeniería y Arquitectura por la oportunidad de alcanzar esta meta, por contribuir en nuestra formación académica y personal.

A la Estación Experimental Agraria Perla del VRAEM; institución que nos acogió y confió en nosotros para llevar a cabo esta investigación. A todo el personal técnico y administrativo de la (EEA-Perla del VRAEM) por el apoyo y colaboración brindada.

A la Mg. Iliana Gutiérrez Rodríguez y DR. Juan Jesús Soria Quijaite patrocinadores del presente proyecto, por sus instrucciones, tiempo y responsabilidad para el desarrollo del presente proyecto.

Al PhD. Noé Benjamín Pampa Quispe, por su apoyo en el análisis estadístico.

A todos nuestros amigos gracias por sus consejos y apoyo desinteresado durante el desarrollo de este gran logro.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL.....	3
INDICE DE TABLAS	7
INDICE DE FIGURAS	12
INDICE DE ANEXOS	15
SÍMBOLOS /NOMENCLATURA.....	19
RESUMEN	20
INTRODUCCIÓN.....	22
1.1. Objetivo General.....	24
1.1.1. Objetivos Específicos.....	24
CAPITULO II.....	25
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	25
2.1. Residuos Orgánicos	25
2.1.1. Aprovechamiento y minimización de los residuos orgánicos procedentes de cosecha	26
2.2. El compost	27
2.3. Compostaje	27
2.3.1. Fases del compostaje.....	27
2.3.2. Factores que influye en la producción de compostaje	30
2.3.3. Parámetros del proceso de compostaje	35
2.3.4. Tamaño de la pila para el proceso en compostaje.....	35
2.3.5. Características de la construcción de la pila	36
2.3.6. Métodos de proceso de compostaje	36
2.3.7. Sistemas abiertos.....	37
2.3.8. Ventajas y desventajas del compostaje	41

2.3.9.	Tipos de compostaje	42
2.3.10.	Calidad del compost.....	42
2.3.11.	Índices de calidad del compost	43
2.3.12.	Composición química del compost.....	44
2.4.	Cacao	45
2.4.1.	Origen del cacao.....	45
2.4.2.	Clasificación Botánica del cacao	46
2.4.3.	Clasificación morfología del cacao.....	47
2.5.	Fruto del cacao.....	48
2.5.1.	Cáscara de Mazorca de cacao	49
2.5.2.	Composición nutricional de la cáscara de mazorca de cacao	50
2.5.3.	Usos de la cáscara de mazorca de cacao	51
2.6.	Variedades del cacao	52
2.6.1.	Requerimientos Ambientales del cacao	53
2.7.	Producción mundial de cacao.....	54
2.7.1.	Producción Nacional de cacao	54
2.7.2.	Producción del cacao en el VRAEM	55
2.8.	Sub productos de la industria cacaotera	55
2.9.	Estiércol.....	56
2.9.1.	Composición del estiércol.....	56
2.9.2.	Cuyaza.....	57
2.9.3.	Composición físico químico de la cuyaza.....	57
2.9.4.	Usos de Cuyaza.....	58
CAPITULO III		59
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	59
3.1.	Lugar de ejecución.....	59

3.2.	Condiciones Meteorológicas del lugar	60
3.3.	Materiales y equipos	60
3.3.1.	Materiales y equipos Para la construcción de las pilas del proceso de compostaje	60
3.3.2.	Materiales Para la preparación del compost	61
3.3.3.	Programas	61
3.4.	Metodología.....	61
3.4.1.	Población.....	61
3.4.2.	Muestra	62
3.4.3.	Variables	63
3.4.4.	Hipótesis	63
3.4.5.	Tipo de investigación.....	63
3.4.6.	Nivel de investigación.....	63
3.4.7.	Metodología Experimental.....	64
3.5.	Ejecución del experimento	65
3.5.1.	Fase de pre compostaje	65
3.5.2.	Fase de Compostaje	70
3.6.	Diseño de Experimentos.....	73
3.6.1.	ANOVA de un solo factor	73
3.7.	Análisis Estadístico	75
	CAPITULO IV.....	79
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	79
4.1.1.	Análisis de los parámetros evaluados durante el proceso de compostaje	79
4.2.	Análisis de los parámetros fisicoquímicos del compost.....	105
4.2.1.	Potencial de Hidrógeno (pH) en el compost.....	106
4.2.2.	Humedad	108
4.2.3.	Relación Carbono Nitrógeno C/N.....	109

4.2.4.	Materia Orgánica.....	110
4.2.5.	Conductividad eléctrica (C.E).....	112
4.2.6.	Contenido de Macroelementos.....	114
4.2.7.	Contenido de macro elementos secundarios	118
4.2.8.	Influencia de compostaje en los parámetros fisicoquímicos de producto final.	121
4.3.	Estimación de compost generado por kilogramo de residuo Orgánico	146
4.4.	Verificación de la Hipótesis	148
4.5.	Evaluación económica de elaboración de compost con sistema pilas con volteo.	149
CAPITULO V		152
5.	CONCLUSIONES.....	152
6.	RECOMENDACIONES.....	154
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	156
8.	ANEXOS.....	165

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores que influyen en el proceso de compostaje (Fares et al., 2001).	31
Tabla 2. Parámetros del proceso de compostaje (Fares et al., 2001).	35
Tabla 3. Clasificación de los sistemas de compostaje (Martínez, 2013).	37
Tabla 4. Normativa chilena 2880.of.2005 (Alcázar, 2005).	44
Tabla 5. Propiedades químicas del compost (Camales., 2010).	44
Tabla 6. Clasificación botánica del cacao (Batista et al 2009).	47
Tabla 7. Composición química de la cascara de mazorca de cacao (Mejía y Arguello, 2000).	50
Tabla 8. Composición química del estiércol de cuy (Molina, 2012).	57
Tabla 9. Condiciones Meteorológicas en la investigación (Ministerio de la Mujer y desarrollos social (MIMDES, 2015).	60
Tabla 10. Muestra de la investigación	62
Tabla 11. Variables Independientes y dependientes	63
Tabla 12. Tratamientos para las pilas de compostaje.	70
Tabla 13. Tratamientos para las pilas de compostaje	73
Tabla 14. K muestras aleatorias	74
Tabla 15. Matriz de consistencia del trabajo de investigación	77
Tabla 16. Análisis de regresión de la temperatura T1	82
Tabla 17. Análisis de regresión de la temperatura T2	83
Tabla 18. Análisis de regresión de la Temperatura T3	84
Tabla 19. Análisis de regresión de la Temperatura T4	85
Tabla 20. Análisis de regresión de la Temperatura T5	86
Tabla 21. Resumen del análisis de regresión de la Temperatura durante el proceso de compostaje	87
Tabla 22.. Análisis de regresión de la Humedad T1	91
Tabla 23. Análisis de regresión de la Humedad T2	92
Tabla 24. Análisis de regresión de la Humedad T3	93

Tabla 25. Análisis de regresión de la Humedad T4.....	94
Tabla 26. Análisis de regresión de la Humedad T5.....	95
Tabla 27. Resumen del análisis de regresión de la humedad durante el proceso de compostaje	96
Tabla 28. Análisis de Varianza del pH T1.....	99
Tabla 29. Análisis de regresión del pH T2	100
Tabla 30. Análisis de Varianza del pH T3.....	101
Tabla 31. Análisis de regresión del pH T4	102
Tabla 32. Análisis de regresión de la pH T5	103
Tabla 33. Resumen del análisis de regresión del pH durante el proceso de compostaje...	104
Tabla 34. Resultados del análisis del compost de Cáscara de mazorca de cacao sin cuyaza y con cuyaza.	106
Tabla 35. Normalidad de Datos mediante la prueba de Shapiro - Wilk del pH	122
Tabla 36 Prueba de T-Student de muestras independientes del pH del T1 con el T2, T3, T4, T5	123
Tabla 37 Prueba de T-Student de muestras independientes del pH del T2 con el T3, T4, T5	123
Tabla 38 Prueba de T-Student de muestras independientes del pH del T3 con el T4, T5.	123
Tabla 39 Prueba de T-Student de muestras independientes del pH del T4 con el T5	123
Tabla 40. Normalidad de Datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk de la humedad	124
Tabla 41 Prueba de T-Student de muestras independientes del contenido de humedad del T1 con el T2, T3, T4, T5.....	125
Tabla 42 Prueba de T-Student de muestras independientes del contenido de humedad del T2 con el T3, T4, T5	125
Tabla 43 Prueba de T-Student de muestras independientes del contenido de humedad del T3 con el T4, T5.....	125
Tabla 44 Prueba de T-Student de muestras independientes del contenido de humedad del T4 con el T5.	125

Tabla 45. Normalidad de Datos de la prueba de Shapiro - Wilk de la conductividad eléctrica	126
Tabla 46 Prueba de T-Student de muestras independientes de la conductividad eléctrica del T 1 con el T2, T3, T4, T5.	127
Tabla 47 Prueba de T-Student de muestras independientes de la conductividad eléctrica del T2 con el T3, T4, T5.....	127
Tabla 48 Prueba de T-Student de muestras independientes de la conductividad eléctrica del T3 con el T4, T5	128
Tabla 49 Prueba de T-Student de muestras independientes de la conductividad eléctrica del T4 con el T5.....	128
Tabla 50. Normalidad de Datos de la prueba de Shapiro-Wilk de la materia orgánica	128
Tabla 51. Prueba de T-Student de muestras independientes de la materia Orgánica del T 1 con el T2, T3, T4, T5.....	129
Tabla 52.Prueba de T-Student de muestras independientes de la materia Orgánica del T 2 con el T3, T4, T5	130
Tabla 53. Prueba de T-Student de muestras independientes de la materia Orgánica del T3 con el T4, T5.....	130
Tabla 54. Prueba de T-Student de muestras independientes de la materia Orgánica del T4 con el T5	130
Tabla 55. Normalidad de Datos de la prueba de Shapiro - Wilk del nitrógeno.....	131
Tabla 56 Prueba de T-Student de muestras independientes del nitrógeno del T1 con el T2, T3, T4, T5.....	132
Tabla 57 Prueba de T-Student de muestras independientes del nitrógeno del T2 con T3,T4,T5.....	132
Tabla 58 Prueba de T-Student de muestras independientes del nitrógeno del T3 con el T4, T5.....	132
Tabla 59 Prueba de T-Student de muestras independientes del nitrógeno del T4 con el T5.	133
Tabla 60. Normalidad de Datos de la prueba de Shapiro - Wilk del fósforo	133

Tabla 61 Prueba de T-Student de muestras independientes del fósforo del T1 con el T2, T3, T4, T5.	134
Tabla 62 Prueba de T-Student de muestras independientes del fósforo del T2 con el T3, T4, T5.....	134
Tabla 63 Prueba de T-Student de muestras independientes del fósforo del T3 con el T4, T5.	135
Tabla 64 Prueba de T-Student de muestras independientes del fósforo del T4 con el T5.	135
Tabla 65. Normalidad de Datos de la prueba de Shapiro - Wilk del potasio	135
Tabla 66 Prueba de T-Student de muestras independientes del potasio del T1 con el T2, T3, T4, T5.	136
Tabla 67 Prueba de T-Student de muestras independientes del potasio del T2 con el T3,T4,T5.....	136
Tabla 68 Prueba de T-Student de muestras independientes del potasio del T3 con el T4, T5.	137
Tabla 69 Prueba de T-Student de muestras independientes del potasio del T4 con el T5.	137
Tabla 70. Normalidad de Datos de la prueba de Shapiro - Wilk del calcio	137
Tabla 71 Prueba de T-Student de muestras independientes del calcio del T1 con el T2, T3, T4, T5.	138
Tabla 72 Prueba de T-Student de muestras independientes del calcio del T2 con él, T3, T4, T5.....	139
Tabla 73 Prueba de T-Student de muestras independientes del calcio del T3 con el T4, T5.	139
Tabla 74 Prueba de T-Student de muestras independientes del calcio del T4 con el T5. .	139
Tabla 75. Normalidad de Datos de la prueba de Shapiro - Wilk del magnesio.....	140
Tabla 76 Prueba de T-Student de muestras independientes del magnesio del T1 con el T2, T3, T4, T5.....	141
Tabla 77 Prueba de T-Student de muestras independientes del magnesio del T2 con el T3, T4, T5	141

Tabla 78 Prueba de T-Student de muestras independientes del magnesio del T3 con el T4, T5.....	141
Tabla 79 Prueba de T-Student de muestras independientes del magnesio del T4 con el T5	141
Tabla 80. Normalidad de Datos de la prueba de Shapiro- Wilk del sodio	142
Tabla 81 Prueba de T-Student de muestras independientes del sodio del T1 con el T2, T3, T4, T5	143
Tabla 82 Prueba de T-Student de muestras independientes del sodio del T2 con el T3, T4, T5.....	143
Tabla 83 Prueba de T-Student de muestras independientes del calcio del T3 con el T4, T5	144
Tabla 84 Prueba de T-Student de muestras independientes del calcio del T4 con el T5 ..	144
Tabla 85. Normalidad de Datos de la prueba de Shapiro - Wilk de la relación C/N.....	144
Tabla 86 Prueba de T-Student de muestras independientes de la relación C/N del T1 con el T2, T3, T4, T5	145
Tabla 87 Prueba de T-Student de muestras independientes de la relación C/N del T2 con el T3, T4, T5.....	146
Tabla 88 Prueba de T-Student de muestras independientes de la relación C/N del T3 con el T4, T5	146
Tabla 89 Prueba de T-Student de muestras independientes de la relación C/N del T4 con el T5.....	146
Tabla 90. Cuadro de análisis de compost obtenido como producto final del proceso de compostaje.....	147
Tabla 91. Resumen de los resultados del Análisis de compost con la (Nch2880.of 2005)	149
Tabla 92. Cálculo del costo de la producción de compost	150
Tabla 93. Costo de compost en mercado nacional	150

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.Fases del proceso de compostaje (Miller, 1996). -----	30
Figura 2. Dimensiones de la zona de compostaje (FAO,2018). -----	36
Figura 3.Pila estática aireada compostaje (Miller, 1996). -----	38
Figura 4.Pila estática forzada (CONAF, 2014). -----	39
Figura 5.Pila con volteo o hilera (Miller, 1996).-----	40
Figura 6. Árbol del cacao -Comunidad de Malvinas. (Fuente Propia). -----	45
Figura 7.Partes del cacao-Comunidad de Malvinas-(Pohlan y Pérez, 2010). -----	47
Figura 8. Composición del fruto de cacao según Navarro y Mendoza (2009).-----	50
Figura 9. Mapa de ubicación del proyecto de tesis (Comunidad de Malvinas, Distrito de Kimbiri, provincia La Convención, Región Cusco).-----	59
Figura 10. Terreno de una hectárea de la comunidad de Malvinas-VRAEM. -----	62
Figura 11.Flujo grama de la elaboración de Compost a base de cuyaza y cascara de mazorca de cacao en la comunidad de Malvinas, Kimbiri, VRAEM.-----	64
Figura 12.Terreno de cacao de la comunidad de Malvinas, Kimbiri, VRAEM. -----	65
Figura 13.Proyecto cuy del centro experimental Perla del VRAEM (INIA) comunidad de Malvinas, Kimbiri, VRAEM. -----	66
Figura 14.Estructura para el desarrollo del proceso experimental. -----	66
Figura 15.Limpieza del área de trabajo. -----	67
Figura 16.Dimensión del área de trabajo para el desarrollo de proceso experimental -----	67
Figura 17.Recojo y transporte del material y pesado de la misma. -----	68
Figura 18. Secado y picado de la cáscara de mazorca de cacao -----	69
Figura 19. Armado de Pilas de compostaje homogéneamente -----	70
Figura 20. Medición de los parámetros físicos Humedad pH y Temperatura del compostaje. -----	72
Figura 21.Unidad Experimental para el proceso de investigación del proceso de compostaje. -----	75

Figura 22..Gráfica de la temperatura en los 5 tratamientos durante el proceso del compostaje	80
Figura 23..Gráfica de dispersión temperatura vs días Tratamiento 1	83
Figura 24.Gráfica de dispersión entre la temperatura vs días Tratamiento 2	84
Figura 25. Gráfica de dispersión entre la temperatura vs días Tratamiento 3	85
Figura 26. Gráfica de dispersión entre la temperatura vs días Tratamiento 4	86
Figura 27. Gráfica de dispersión entre la temperatura vs días Tratamiento 5.	87
Figura 28. Comportamiento de la Temperatura para 5 los tratamientos datos ajustados a la curva de regresión.	88
Figura 29. Gráfica del contenido de humedad durante el proceso de compostaje	89
Figura 30. Gráfica de dispersión entre la humedad vs días T1	91
Figura 31. Gráfica de dispersión de la humedad en función de los días T2	92
Figura 32. Gráfica de dispersión entre la humedad vs días T3	93
Figura 33. Gráfica de dispersión entre la humedad vs días T4	94
Figura 34. Gráfica de dispersión entre la humedad vs días T5	95
Figura 35. Comportamiento promedio la humedad de los 5 tratamientos datos ajustados a curva de regresión.	97
Figura 36. Gráfica del pH durante el proceso de compostaje	98
Figura 37. Grafica de dispersión entre el pH vs días T1	99
Figura 38.rafica de dispersión entre el pH vs días T2	100
Figura 39. Gráfica de dispersión entre el pH vs días T3	101
Figura 40. Gráfica de dispersión entre el pH vs días T4	102
Figura 41..Gráfica de dispersión entre el pH vs días T5	103
Figura 42. Comportamiento promedio del pH para 5 tratamientos datos ajustados a la curva de regresión.	104
Figura 43. Gráfica de PH del compost obtenido a base de CMC y cuyaza	107
Figura 44. Gráfica de la humedad del compost obtenido a base de CMC y cuyaza.	108
Figura 45. Gráfica de la relación C/N del compost obtenido a base de CMC y cuyaza.	109

Figura 46. Gráfica de la Materia Orgánica del compost obtenido a base de CMC y cuyaza. -----	111
Figura 47. Gráfica de la conductividad eléctrica del compost obtenido a base de CMC y Cuyaza. -----	113
Figura 48. Gráfica del nitrógeno del compost obtenido a base de CMC y cuyaza. -----	114
Figura 49. Gráfica del Potasio del compost obtenido a base de CMC y cuyaza. -----	116
Figura 50. Gráfica del fósforo del compost obtenido a base de CMC y cuyaza. -----	117
Figura 51. Gráfica del calcio del compost obtenido a base de CMC y cuyaza. -----	119
Figura 52. Gráfica del Magnesio del compost obtenido a base de CMC y cuyaza -----	120
Figura 53. Gráfica del contenido de sodio del compost obtenido a base de CMC y cuyaza. -----	121
Figura 54. Gráfica del peso del compost obtenido. -----	147

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Tabla de la media de la temperatura durante el proceso del compostaje -----	165
ANEXO 2. Tabla de la media del pH durante el proceso de compostaje -----	165
ANEXO 3. Tabla de la media de la humedad durante el compostaje. -----	166
ANEXO 4. Evolución del pH , T° y humedad del tratamiento 1 -----	166
ANEXO 5. Evaluación del pH, T° y humedad del tratamiento 2 -----	167
ANEXO 6. Evaluación del pH, T°C y humedad del tratamiento -----	167
ANEXO 7. Evaluación del pH, T° y humedad del tratamiento 4 -----	168
ANEXO 8. Evaluación del pH, T° y humedad del tratamiento 5 -----	168
ANEXO 9. Comportamiento de la temperatura en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T1-Testigo)-----	169
ANEXO 10. Comportamiento de la temperatura en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T2)-----	169
ANEXO 11. Comportamiento de la temperatura en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T3)-----	170
ANEXO 12.. Comportamiento de la temperatura en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T 4)-----	170
ANEXO 13. Comportamiento de la temperatura en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T5)-----	171
ANEXO 14. Comportamiento de la humedad en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T1)-----	171
ANEXO 15. Comportamiento de la humedad en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T2).-----	172
ANEXO 16. Comportamiento de la humedad en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T3)-----	172
ANEXO 17. Comportamiento de la humedad en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T4)-----	173
ANEXO 18. Comportamiento de la humedad en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T5)-----	173

ANEXO 19. Comportamiento del pH en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T 1) -----	174
ANEXO 20. Comportamiento del pH en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T2)-----	174
ANEXO 21. Comportamiento del pH en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T 3) -----	175
ANEXO 22. Comportamiento del pH en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T 4) -----	175
ANEXO 23. Comportamiento del pH en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T 5) -----	176
ANEXO 24. Diagrama de cajas del entre tratamientos T1 con (T2, T3, T4, T5) con respecto al pH.-----	177
ANEXO 25. Diagrama de cajas entre tratamientos T2 con (T3, T4, T5), T3 con (T4, T5) y T4con (T5) con respecto al pH. -----	178
ANEXO 26. Diagrama de cajas del entre tratamientos T1 con (, T2, T3, T4, T5) con respecto a la C.E.-----	179
ANEXO 27. Diagrama de cajas del entre tratamientos T2 con (T3, T4, T5), T3 con (T4, T5) y T4con (T5) con respecto a la C.E.-----	180
ANEXO 28. Diagrama de cajas del entre tratamientos T1 con (T2, T3, T4, T5) con respecto a la MO. -----	181
ANEXO 29. Diagrama de cajas del entre tratamientos T2 con (T3, T4, T5), T3 con (T4, T5) y T4con (T5) con respecto a la MO -----	182
ANEXO 30. Diagrama de cajas del entre tratamientos T1 con (T2, T3, T4, T5) con respecto al fósforo.-----	183
ANEXO 31. Diagrama de cajas del entre tratamientos T2 con (T3, T4, T5), T3 con (T4, T5) y T4con (T5) con respecto al fósforo.-----	184
ANEXO 32. Diagrama de cajas del entre tratamientos T2 con (T3, T4, T5), T3 con (T4, T5) y T4con (T5) con respecto al potasio.-----	185
ANEXO 33. Diagrama de cajas del entre tratamientos T2 con (T3, T4, T5), T3 con (T4, T5) y T4 con (T5) con respecto al potasio.-----	186

ANEXO 34. Diagrama de cajas del entre tratamientos T1 con (T2, T3, T4, T5) a la relación C/N. -----	187
ANEXO 35. Diagrama de cajas del entre tratamientos T2 con (T3, T4, T5), T3 con (T4, T5) y T4con (T5) con respecto a la relación C/N.-----	188
ANEXO 36. Diagrama de cajas del entre tratamientos T1 con (T2, T3, T4, T5) con respecto al calcio. -----	189
ANEXO 37. Diagrama de cajas del entre tratamientos T2 con (T3, T4, T5), T3 con (T4, T5) y T4con (T5) con respecto al calcio. -----	190
ANEXO 38. Diagrama de cajas del entre tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5) con respecto al magnesio.-----	191
ANEXO 39. Diagrama de cajas del entre tratamientos T2 con (T3, T4, T5), T3 con (T4, T5) y T4con (T5) con respecto al magnesio.-----	192
ANEXO 40. Diagrama de cajas del entre tratamientos (T1) con (T2, T3, T4, T5) con respecto al sodio.-----	193
ANEXO 41. Diagrama de cajas del entre tratamientos T2 con (T3, T4, T5), T3 con (T4, T5) y T4con (T5) con respecto al sodio.-----	194
ANEXO 42. Diagrama de cajas del entre tratamientos (T1) con (T2, T3, T4, T5) con respecto al contenido de nitrógeno. -----	195
ANEXO 43. Diagrama de cajas del entre tratamientos T2 con (T3, T4, T5), T3 con (T4, T5) y T4 con (T5) con respecto al contenido de nitrógeno.-----	196
ANEXO 44. Diagrama de cajas del entre tratamientos (T1) con T2, T3, T4, T5) con respecto al contenido de humedad.-----	197
ANEXO 45. Diagrama de cajas del entre tratamientos T2 con (T3, T4, T5), T3 con (T4, T5) y T4con (T5) con respecto a la humedad. -----	198
ANEXO 46. Gráfica de la curva de Normalidad del pH por tratamiento. -----	199
ANEXO 47. Gráfica de la curva de Normalidad de la MO por tratamiento. -----	200
ANEXO 48. Gráfica de la curva de Normalidad del nitrógeno por tratamiento. -----	201
ANEXO 49. Gráfica de la curva de Normalidad de la conductividad eléctrica por tratamiento. -----	202
ANEXO 50. Gráfica de la curva de Normalidad del fósforo por tratamiento-----	203

ANEXO 51. Gráfica de la curva de Normalidad del potasio por tratamiento. -----	204
ANEXO 52. Gráfica de la curva de Normalidad del calcio por tratamiento.-----	205
ANEXO 53. Gráfica de la curva de Normalidad del magnesio por tratamiento. -----	206
ANEXO 54. Gráfica de la curva de Normalidad del sodio por tratamiento. -----	207
ANEXO 55. Gráfica de la curva de Normalidad de la relación C/N por tratamiento. ----	208
ANEXO 56. Gráfica de la curva de Normalidad de la humedad por tratamiento.-----	209
ANEXO 57.Zona de proceso de compostaje-EEA-INIA (VRAEM)-----	210
ANEXO 58. Unidad Experimental del proceso de compostaje -----	210
ANEXO 59. Recolección de Material a compostar (cascara de mazorca de cacao) -----	211
ANEXO 60.Problemática Ambiental en los terrenos de cacao -----	211
ANEXO 61. Secado y picado de la cascara de mazorca de cacao -----	211
ANEXO 62. Preparación de pilas en forma homogénea (Cuyaza y Cáscara de mazorca de cacao) -----	212
ANEXO 63. Armado de pilas para inicio del compostaje -----	212
ANEXO 64. Proceso en tratamiento (13/11/18)-----	213
ANEXO 65. Proceso de tratamiento (25/11/18)-----	214
ANEXO 66. Proceso de tratamiento (12/12/18)-----	214
ANEXO 67. Proceso de tratamiento (26/12/18)-----	215
ANEXO 68. Metodología de análisis de parámetros fisicoquímicos en laboratorio -----	216
ANEXO 69. Secado y homogenizado final de material para su posterior recojo-----	216
ANEXO 70. Tamizado del material para su posterior recojo-----	216
ANEXO 71. Muestra de producto final para análisis fisicoquímicos -----	217
ANEXO 72. Temperatura Ambiente de la zona de Kimbiri-VRAEM -----	217

SÍMBOLOS /NOMENCLATURA

CMC	: Cáscara de mazorca de cacao
Cuyaza	: Estiércol de cuy
pH	: Potencial Hidrógeno.
EEA	: Estación Experimental Agraria
MO	: Materia Orgánica
K	: Potasio
Ca	: Calcio
Mg	: Magnesio
P	: Fósforo
N	: Nitrógeno
C.E	: Conductividad Eléctrica
C: N	: Relación Carbono / Nitrógeno
L.	: Linneo
et al.	: Expresión latina et alii, que significa “y otros”
VRAEM	: Valle del río Apurímac, Ene y Mantaro.
INIA	: Instituto Nacional de Innovación Agraria.
UE	: Unión Europea

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental Perla del VRAEM (INIA), ubicado en la comunidad de Malvinas, Kimbiri, Cusco. Se realizó el proceso de compostaje mediante el sistema pilas con volteo, para lo cual se utilizó CMC con diferentes concentraciones de cuyaza, cuyo objetivo principal fue evaluar el efecto de la cuyaza sobre la CMC, para la obtención de compost. Se tomó 300 kg de residuos de CMC y 150 Kg de cuyaza como masa total a tratar. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) de un solo Factor, con 5 tratamientos y 3 repeticiones (T1-20kg de CMC con 0kg de cuyaza, T2-20kg de CMC con 5kg de cuyaza, T3-20kg de CMC con 10kg de cuyaza, T4-20kg de CMC con 15kg de cuyaza y T5-20 kg de CMC con 20 kg de cuyaza), se monitoreo el proceso de compostaje mediante el análisis físico (pH, humedad y T°C); asimismo se analizó los parámetros fisicoquímicos (pH, humedad, C.E, C/N, N, P, K, Ca, Mg, Na) de las muestras en el laboratorio de análisis de Suelos (LASPAF) de la Universidad Agraria la Molina. Se empleó el modelo de prueba t-Student para muestras independientes para evaluar las diferencias de medias entre los tratamientos con un nivel de confianza de 95% de confiabilidad, cuyos datos fueron procesados en el software statistica versión 13.4. El compost final se obtuvo en 76 días; los resultados demostraron que existe diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que se demostró que la cuyaza influye significativamente en la cáscara de mazorca de cacao para la obtención de compost. De acuerdo a la calidad del compost por la norma (Nch2880.of2005) y otras revisiones, el tratamiento T5 fue el que mejor resultado que se obtuvo, tipificando el compost dentro de la clase A (Para uso agrícola). A excepción de los parámetros de humedad y C.E, en el cual dicho material fue deficiente y limita su uso agrícola.

Palabras claves: *Cáscara de Mazorca de Cacao, cuyaza, compost.*

ABSTRACT

The present investigation was carried out in the Perla Experimental Station of VRAEM (INIA), located in the community of Malvinas, Kimbiri, Cusco. The composting process was carried out using the tipping system, for which CMC was used with different concentrations of the raw material, whose main objective was to evaluate the effect of the CMC in the composting. It took 300 kg of CMC waste and 150 kg of total mass to be treated. A completely randomized design (DCA) of a single Factor was used, with 5 treatments and 3 repetitions (T1-20kg of CMC with 0kg of consistency, T2-20kg of CMC with 5kg of consistency, T3-20kg of CMC with 10kg of consumption), T4-20 kg of CMC with 15 kg of slaughter and T5-20 kg of CMC with 20 kg of slaughter), the composting process was controlled by physical analysis (pH, humidity and T ° C); Likewise, the physicochemical parameters (pH, humidity, C.E, C / N, N.P, K, Ca, Mg, Na) of the samples were analyzed in the Laboratory of Soil Analysis (LASPAF) of the Agrarian University la Molina. The Student's t test model was used for independent samples to evaluate the mean differences between the treatments with a confidence level of 95% reliability, whose data was processed in the statistical version 13.4 of the software. The final compost was obtained in 76 days; The results showed that there are significant differences between treatments, so it was shown that the influence of the shell significantly influences the ear of cocoa to obtain compost. According to the quality of the compost according to the standard (Nch 2880.of2005) and other revisions, the T5 treatment was the best result obtained, typifying the compost within class A (for agricultural use). Except humidity parameters and C.E, in which this material was deficient and limits its agricultural use.

Keywords: *cocoa cob husk, suza, compost.*

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Según la Organización Panamericana de la Salud (1999) los residuos orgánicos constituyen entre el 30 y 75% de los residuos domiciliarios y más del 85% de los residuos considerados agrícolas y de agroindustrias. El manejo integral de los residuos sólidos orgánicos en la agricultura de Perú y en otras partes del planeta, se ha convertido en uno de los temas más problemáticos actualmente, a consecuencia de su indebido control, lo que a su vez deriva especialmente por la falta de educación ambiental y conciencia.

Medieros y Parra (1994) consecuencia de lo anterior, en la obtención del fruto del cacao se crea un gran volumen de residuos, específicamente la cáscara de la mazorca de cacao que habitualmente quedan depositados en el cultivo del mismo, suceso que se ha traducido en serios problemas ambientales a nivel del suelo como la modificación de componentes físicos, químicos y biológicos que estos poseen, asimismo la acumulación de estos residuos se ha convertido en un sustrato para la dispersión de microorganismos patógenos hacia los cuerpos hídricos, a las mismas plantaciones de cacao y una incomodidad hacia la población aledaña, además las cáscaras partidas, debido a su forma cóncava, en épocas de lluvias son depósito de agua que facilitan la proliferación de insectos, además son foco para la transmisión de *Phytophthora* spp. Causa primordial de pérdidas económicas de la actividad cacaotera (López et al., 1984).

Por ello en zonas diferenciadas por el monocultivo agrícola, esencialmente zonas cacaoteras, el aprovechamiento de las cáscaras de mazorca del cacao, que quedan posteriormente de la cosecha, es de gran beneficio para resguardar los recursos naturales, cuerpos hídricos, espacios ambientalmente sensibles que afecta la salud humana (Aniza, 2002).

De ahí la importancia de alternativas económicas como el compostaje, permite tratar de una manera racional los residuos orgánicos y almacenar y aprovechar los nutrientes que se encuentran en estos residuos, para luego utilizarlos como mejoradores de propiedades biológicas físicas y químicas del suelo así también siendo beneficioso para la población por lo cual ayudara a mejorar sus productos, su calidad y estilo de vida. Este método se basa en la descomposición biológica aerobias y termófilas, lo cual da como resultado un compost adecuado en el tiempo a través de uso de los residuos orgánicos (Delgadillo, 2010).

Uno de los mayores problemas que enfrenta la Comunidad de Malvinas-Kimbiri-VRAEM son los residuos generados en la post cosecha de cacao específicamente la cáscara de la mazorca de cacao que, por su volumen, tamaño e incorrecta disposición final, está generando problemas ambientales (acumulación de residuos orgánicos, degradación de suelo, contaminación de aguas subterráneas, etc.), económicos y sociales para los agricultores y la población aledaña, lo cual ha provocado una preocupación de buscar una alternativa económica para el uso y manejo adecuado de este residuo.

La aplicación de la técnica de compostaje en la comunidad de Malvinas-Kimbiri-VRAEM, será una de las opciones de solución ante la problemática de la generación de residuos orgánicos en la post cosecha del cacao, en el aspecto ambiental daremos reusó al residuo solido orgánico (cáscaras de mazorca de cacao) generado en la actividad agrícola cacaotera para la producción de compost orgánico, lo cual ayudara a reducir los residuos de la actividad cacaotera dentro de comunidad mencionada; asimismo se minimizara los impactos en diferentes cuerpos (suelo y agua), (Delgadillo, 2010).

En el aspecto social permitirá incrementar el aporte cultural en el aprovechamiento de los residuos de la actividad cacaotera y dar un mejor impacto paisajístico del lugar (Luna y Castañeda, 2014) y en cuanto a la salud reducirá las enfermedades gastrointestinales e

infecciosas producidas por la contaminación del agua y del suelo (Asuman, 2003); permitiendo incrementar la mejora de vida de la población.

Por tal motivo nace la idea de realizar esta investigación con la finalidad de plantear una forma de utilización fácil y económica del residuo orgánico generado en la post cosecha del cacao (la cáscara de la mazorca de cacao) mediante la elaboración de compost con el sistema pilas con volteo, aplicando cuyaza, de esta forma contribuir a recuperar y mejorar las propiedades del suelo, como también la reducción de la contaminación y degradación ambiental. Además, resumir indagaciones acerca de la tecnología de compostaje y al mismo tiempo generar una base de datos que pueda ser adaptada y utilizada como herramienta en investigaciones futuras.

1.1.Objetivo General

Evaluar el efecto de la cuyaza en la elaboración de compost a partir de cáscara de mazorca de cacao (*Theobroma Cacao L.*) mediante el sistema pilas con volteo en la comunidad de Malvinas-Kimbiri-VRAEM.

1.1.1.Objetivos Específicos

- Monitorear los parámetros de control (pH, Temperatura y humedad) del proceso de compostaje.
- Analizar las características Físicoquímicas del compost obtenido.
- Estimar la cantidad de compost obtenido por kilogramo de residuo de cáscara de mazorca de cacao (*Theobroma cacao L*) generado en la comunidad de Malvinas - Kimbiri-VRAEM.
- Determinar económicamente la producción de compost con cáscara de mazorca de cacao y cuyaza mediante el sistema pilas con volteo a partir del mejor tratamiento.

CAPITULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Residuos Orgánicos

López y Boluda (2008) afirman que el aumento de residuos agrícolas en los últimos años ha ido en aumento, se estima que 1,6 billones de toneladas de materia orgánica exógena se han producido en la Unión Europea (UE) de los cual 415 billones corresponden a los residuos del trigo, maíz y cebada, siendo estos los que mayor cantidad de residuos agrícolas generan tanto a nivel europeo como nacional.

Las cáscaras del cacao representan el 90% del fruto de cacao (Braudeau, 1970, p.2) lo cual con un manejo indebido representan un sustrato para la propagación de microorganismos patógenos al cultivo (Medeiros, 1977, p.220), la forma cóncava de las mismas, son depósitos de agua en épocas de lluvia que facilitan la multiplicación de insectos por lo cual se recomienda que deben ser removidas fuera de la plantación o enterrarlas (Capriles de Reyes, 1977, p.4).

Por otro lado, los residuos originarios de la industria cacaotera forman parte de una fuente importante de materia orgánica que tras pasar el proceso de mineralización compone una importante nutriente para las plantas y entre otros beneficios.

Existen escasas informaciones sobre el aprovechamiento de residuos de cacao como abonos orgánicos en condiciones no naturales (Rivoire, 1981, p.146) “preparó un "compost" utilizando mazorcas podridas y recién cosechadas, señala que en la masa compostante se alcanzaron temperaturas suficientes para destruir las esporas del hongo, *Phytophthora palmivora*, presentes en las mazorcas podridas. El referido "compost" se extendió al pie de árbol de cacao joven y después de un año, los análisis de suelo mostraron el efecto benéfico obtenido, al duplicarse la capacidad de intercambio catiónico”. Peixoto (1988) menciona que los residuos del cacao, especialmente las cáscaras, son de lenta

descomposición en ambientes naturales debido principalmente al alto contenido de celulosa y otros componentes carbonados que necesitan el complemento de fuentes de nitrógeno que permitan un mejor balance de la relación C/N la cual debe estar en el orden de 26:35 para una rápida compostación.

Por ello la importancia de la técnica de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos considera que estos residuos sean tratados de una forma racional de esta forma conservar los nutrientes que se encuentran en los mismos, para luego aprovecharlo en la agricultura.

Los residuos orgánicos, una vez compostados, son potenciales mejoradores de suelo; esta es una representación ecológica de reponer a los terrenos agrícolas los nutrientes que se pierden después del cultivo. “Los residuos orgánicos son aquellos despojos orgánicos biodegradables que contienen relativamente bastante humedad y que son putrescibles, ejemplos de ellos son: sobrantes de comidas, cáscaras de cacao, pedazos de madera, hojas secas” (Herrera, 2012, p.5). El compostaje es el uso más apropiado para estos residuos, ya que concede al suelo un aumento en sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

2.1.1. Aprovechamiento y minimización de los residuos orgánicos procedentes de cosecha

El aprovechamiento es el proceso mediante el cual se recupera eficientemente los diferentes tipos de materiales en los desechos. En consecuencia, de esto la minimización de los desechos aporta a conservar y reducir la demanda de recursos naturales, disminuir el consumo de energía y reducir la contaminación de cuerpos hídricos y otros.

Por ello la mejor forma de aprovecharlos y minimizarlos es mediante técnicas de transformación físico química y biológica. “El compostaje se basa en la acción de diversos microorganismos aerobios” (Haug, 1993, p. 2), según la opinión de Korner (2005): “Estos microorganismos actúan de manera sucesiva, sobre la materia orgánica original en función

de la influencia de determinados factores, produciendo elevadas temperaturas, reduciendo el volumen y el peso de los residuos y provocando su humificación y oscurecimiento”.

Es un material parecido al humus, estable e inodoro que no representa riesgo sanitario para el medio ambiente y el ámbito social, se origina bajo condiciones vigiladas que favorecen y aceleran las condiciones naturales de generación del humus. (Roben, 2002, p. 2).

Las principales fuentes de generación de residuos se encuentran en las zonas cacaoteras.

2.2.El compost

El compost es el producto de la desintegración biológica controlada de materiales orgánicos, producto estable parecido al humus (Martí, 2011, p.1).

El Compost resulta de la transformación de los restos orgánicos de origen animal y vegetal, que han sido descompuestos bajo condiciones controladas. “La materia orgánica se descompone por la acción de microorganismos como pueden ser las bacterias, hongos, virus entre otras y estas se van alimentando de ella, pero para poder hacerlo necesitan oxígeno y agua” (Martínez, 2013, p.2).

2.3.Compostaje

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2013) comenta que el proceso del compostaje se realiza con un único fin, la obtención de un abono orgánico de alta calidad físico químico y microbiológica.

2.3.1.Fases del compostaje

Se consideran tres etapas para la producción del compostaje según (Miller, 1996).

- **Fase Mesofílica (25°C-45°C)**

La primera fase (También llamada fase de inicio) se caracteriza por los compuestos ricos en energía y fácilmente degradables (azúcares y proteínas), los cuales son abundantes

y degradados por hongos, actino bacterias y bacterias generalmente conocidos como *descomponedores primarios*. Siempre que las influencias mecánicas (como girar) son pequeños, también gusanos de compost, ácaros, milpiés y otros actúan principalmente como catalizadores. Dependiendo del método de compostaje, la contribución de estos animales es insignificante o como en el caso especial del vermicompostaje, considerable.

En la fase 1 el material comienza a realizar el proceso de compostaje a temperatura normal y en pocas semanas e incluso horas, esta temperatura se incrementa hasta los 45°C. La actividad microbiana incrementa la Temperatura, ya que los microorganismos en esta etapa hacen uso de fuentes más sencillas de C y N lo cual genera calor.

La desintegración de compuestos sencillos, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por ende, el pH se reduce (hasta cerca de 4.0 o 4.5). Esta etapa perdura pocos días (entre 2 y 8 días).

- **Fase Termofílica (40°C a 65°)**

“En la fase 2 se da la putrefacción de proteínas y carbohidratos, mediante la proliferación de microorganismos termófilos”. Los organismos adaptados a temperaturas más altas obtienen una ventaja competitiva y gradualmente, y al final, reemplaza casi por completo a la flora mesofílica, que actúan proporcionando la degradación de fuentes más complejas del carbono, como la celulosa y la lignina. Estos microorganismos transforman el N en NH₃ por lo que el pH del medio sube. La temperatura de descomposición llega alrededor de 62°C. Hongos termofílicos tienen un crecimiento máximo entre 35°C y 55°C, mientras que la temperatura más alta generalmente inhibe al crecimiento de hongos. Se sabe que las bacterias termotolerantes y termófilas y actino bacterias permanecen activas también a temperaturas más altas. A pesar de la destrucción de la mayoría de los microorganismos más allá de 65°C, la temperatura puede aumentar aún más y puede superar los 80°C. A partir de los 60°C la aparición de bacterias que producen esporas y actino

bacterias, son las encargadas de desintegrar las ceras, hemicelulosas y otros compuestos de carbono más complejos. Esta etapa puede durar días hasta meses, según el material que se haya utilizado para el proceso, siendo las condiciones climáticas y el lugar un factor importante es esta etapa.

Es probable que este aumento de temperatura final no se debe a la actividad microbiana, sino que es el efecto de reacciones abióticas exotérmicas en las que las enzimas estables a la temperatura del actino bacterias podrían estar involucrado. Las mismas temperaturas no se alcanzan en todas las zonas de una pila de compost; por lo tanto, es importante que, a través del giro regular, cada parte del sustrato se mueva a la central, la parte más caliente de la pila. Desde un punto de vista microbiológico, cuatro zonas principales pueden ser identificadas dentro de una pila. La zona exterior es la más fresca, y bien suministrado con oxígeno; la zona interna está poco provista de oxígeno; la zona inferior está caliente, y bien provisto de oxígeno; mientras que la zona superior es la zona más caliente, y generalmente bastante bien provisto de oxígeno. La fase termófila es importante para la higienización; las semillas de malezas y las larvas de insectos son asesinadas. No solo la temperatura durante la fase termófila, además también la presencia de una flora muy específica dominada actino bacterias son importantes para la higienización a través de la producción de antibióticos. La desventaja de temperaturas superiores a 70° C es que la mayoría de los mesófilos son asesinados, y por lo tanto la recuperación se retarda después del pico de temperatura. Esto, sin embargo, puede evitarse mediante medidas apropiadas para la recolonización.

- **Fase de enfriamiento (Segunda fase Mesofílica)**

Cuando la actividad de los organismos termófilos cesa debido al agotamiento de los sustratos (Carbono y en especial el nitrógeno), la temperatura comienza a disminuir hasta los 40°C-45°C. Asimismo en esta fase continua la degradación de la celulosa y la aparición

de más hongos. A los 40°C, los organismos mesófilos vuelven a realizar su actividad y el pH desciende lentamente y se mantiene alcalino.

- **Fase de Maduración**

Durante la fase de maduración, la calidad del sustrato disminuye, y en varios sucesivos pasos la composición de la comunidad microbiana está completamente alterada. Por lo general, la proporción de proliferación de hongos aumenta, mientras que el número de bacterias disminuye. Compuestos que no es tan degradable, como los complejos de lignina y humus, se forman y se vuelven predominantes. En esta fase la actividad de los microorganismos se reduce, llegando a temperatura ambiente, de esta forma logrando la estabilización de producción del compost. Es un proceso que demora meses a temperatura ambiente.

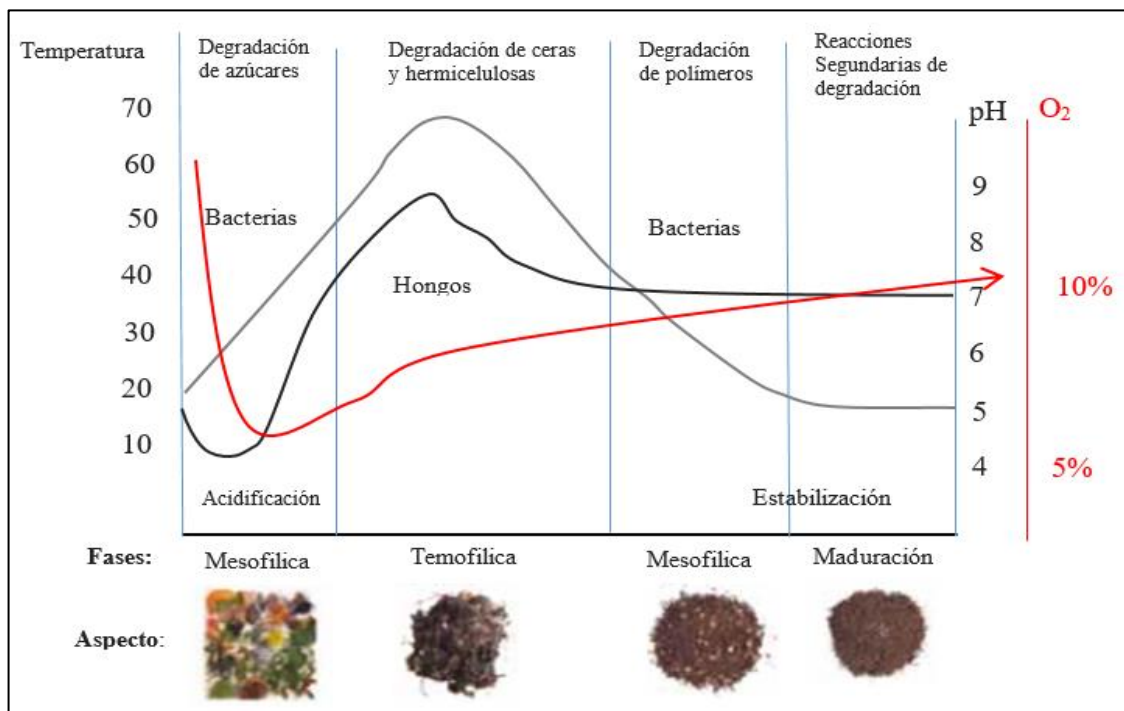


Figura 1. Fases del proceso de compostaje (Miller, 1996).

2.3.2. Factores que influyen en la producción de compostaje

Según Soto y Muñoz (2002) menciona que para la obtención de un mejor compost es necesario formar medios para que los organismos tengan un medio apto donde estas

puedan desarrollarse. Factores como el pH, superficie de contacto y fuentes energéticas, colaboran la propagación de microorganismos durante el proceso.

Asimismo, medios como temperatura, pH, nutrición balanceada, agua y oxígeno ayudan al crecimiento de microorganismos aerobios.

Tabla 1. Factores que influyen en el proceso de compostaje (Fares et al., 2001).

Condición	Ámbito aceptable	Condición óptima
Relación C: N	20: 1- 40:1	25:1 – 30:1
Humedad	40-65%	50 – 60%
Oxígeno	+5%	8%
pH	5,5 - 9,0	6,5 – 8,0
Temperatura (°C)	55-75	65 – 70 °C
Tamaño de partícula	0,5-1,0	Variable
Aireación, contenido de Oxígeno	>5%	

- **Relación Carbono / Nitrógeno (C / N)**

Según Valencia (1995) Se necesitan dos tipos de materiales para una pila de compost: aquellos con buenos contenidos de carbono y aquellos buenos contenidos de nitrógeno. Los microorganismos durante el proceso de la producción de compost usan carbono (como fuente de energía) y nitrógeno (síntesis de proteínas). Una buena relación C / N garantiza la descomposición eficiente en 30 partes de carbono por 1 parte de nitrógeno en peso.

Asimismo, cuándo hay poco nitrógeno presente, la descomposición ocurrirá más lentamente; si hay demasiado nitrógeno, puede perderse en la atmósfera como gas amoníaco (lo cual puede causar que tu pila se vuelva maloliente). Si usted es un compostador doméstico de pequeña escala, es más difícil lograr la ideal relación de carbono a nitrógeno 30: 1 con materiales fácilmente disponibles. Por lo tanto, usa esto regla de oro: agregue 2 partes de materiales ricos en nitrógeno a 1 parte de material rico en carbono por volumen.

- **Aireación**

La mayoría de las bacterias vivientes al descomponer necesita oxígeno para sobrevivir. Por ello la aireación o el movimiento del aire a través de la pila, es necesario para la descomposición eficiente. La concentración mínima de oxígeno deseable en la materia orgánica en proceso de descomposición es del 5%. Más del 10% es ideal para evitar las condiciones anaeróbicas y el potencial de alto olor. La descomposición aeróbica rápida solo puede ocurrir en presencia de suficiente oxígeno. Una buena aireación durante el compostaje fomentará la descomposición completa de carbono (C) a dióxido de carbono (CO₂) en lugar de liberar carbono como metano (CH₄). Demasiada aireación, sin embargo, en realidad puede reducir la tasa de descomposición enfriando el material de compostaje (Kulcu y col, 2004).

- **La Temperatura**

(Climent et al., 1996) la temperatura es muy buen indicador del proceso que ocurre dentro del material de compostaje. La temperatura aumenta debido a la actividad microbiana y es notable a las pocas horas de formar una pila como compuestos fácilmente degradables son consumado. La temperatura usualmente aumenta rápidamente a 50-60 °C donde se mantiene por varias semanas. Las temperaturas descienden gradualmente a 38 °C y finalmente llegar hasta la temperatura ideal (ambiente) lo cual indica la etapa final de la producción de compost.

Las tasas más altas de descomposición ocurren cuando las temperaturas están en el rango de 43 - 66 ° C. Hay una directa relación entre temperatura y tasa del consumo de oxígeno, cuanto mayor es la temperatura, mayor es la captación del oxígeno y más rápida es la tasa de descomposición. Durante la etapa de compostaje la temperatura puede comenzar a descender debido a la falta de oxígeno. Por lo cual es importante girar cada cierto tiempo

el compost que se está produciendo para la introducción de oxígeno y continuar con el proceso de compostaje (Claassen y Carey, 2004).

Las temperaturas pueden superar los 70°C, pero muchos microorganismos comienzan a morir, lo cual detiene el compostaje activo dentro del escenario. Dar vuelta la pila puede ayudar a evitar que la temperatura alcance estos niveles dañinos. Si la humedad contenida es menor aumenta la posibilidad de obtener temperaturas dañinas. La temperatura debe mantenerse a 55 ° C o más durante un mínimo de 14 días para destruir la viabilidad de muchos patógenos y semillas de malezas.

- **Humedad**

Según (Haug, 1993) La humedad juega un papel esencial en el metabolismo de los microorganismos. Los microorganismos trabajan más rápido cuando hay películas líquidas delgadas en la superficie de la pila. La descomposición óptima ocurre cuando la humedad se encuentra entre (40% y 60%). Si el contenido de humedad de la pila es inferior al 40%, el microorganismo funcionará más lentamente o se volverá inactivo. Si el contenido de humedad supera el 60%, los nutrientes se lixivian y la pila se compacta. Cuando la compactación ocurre, la descomposición se ralentiza y las bacterias anaeróbicas pueden activarse en la pila, que puede crear un olor desagradable.

El mejor contenido de humedad podría sentirse cuando se aprieta el material de la pila estrechamente en la mano y se siente el compost como una esponja mojada expulsando una o dos gotas de líquido. Si el compost está demasiado seco, se derrumbará en tu mano. Si durante el proceso la pila esta demasiada mojada, goteara por lo cual la pila debe voltearse y/o secarse.

- **Porosidad**

Porosidad se refiere a los espacios entre partículas en el material de compost. Estos espacios están parcialmente llenos de aire que puede suministrar oxígeno a los organismos

y proporcionan un camino para la libre circulación, la Compactación de los materiales también reduce la porosidad, la excesiva trituración también puede impedir la libre circulación de oxígeno creando partículas más pequeñas y obstruyendo los poros. Agregar materiales gruesos como paja o astillas pueden aumentar la total porosidad (Castaldi y col, 2005).

- **Tamaño de la partícula**

El tamaño de partícula afecta durante el proceso al influir en la aireación y continuidad de los espacios aéreos intersticiales. “La actividad microbiana generalmente ocurre en la superficie de las partículas orgánicas”. Por lo tanto, la superficie debe ser maximizado por trituración y astillado todos los recortes y desechos en pequeñas piezas con una trituradora. Si un tamaño de partícula es demasiado grande causara grandes bolsas de aire y la pila podría no calentarse. También la circulación de aire a través de la pila estará inhibida, cuando las partículas son demasiado diminutas y compactas. Esto puede aumentar el riesgo de proceso anaeróbico debido a la falta de aireación y atasco de los pequeños espacios de aire con agua (Kiehl, 1985).

- **PH**

El pH óptimo para microorganismos involucrados en el compostaje se encuentra entre 6.5 y 7.5. El pH de la mayoría de los abonos animales es aproximadamente 6.8 a 7.4 Saviozzi et al. (2004).

2.3.3. Parámetros del proceso de compostaje

Tabla 2. Parámetros del proceso de compostaje (Fares et al., 2001).

Parámetros	Rango ideal al comienzo (2-5 días)	Rango ideal en fase de enfriamiento (2-5 semanas)	Rango ideal de compost maduro (3-6 meses)
C: N	25:1 – 35:1	15/20	10:1 – 15:1
Humedad	50 – 60%	45 – 55%	30 – 40 %
Concentración de Oxígeno	~10%	~10%	~10%
Tamaño de partícula	< 25 cm.	~15%	<1.6 cm
pH	6.0 – 8.0	6.0 – 8.5	6.5 – 8.5
Temperatura	45 - 60°C	45°C Temperatura Amb.	Temperatura Amb.
Densidad	250 – 400 Kg/m ³	< 700Kg/ m ³	< 700Kg/ m ³
Materia orgánica (base seca)	50 – 70%	>20%	>20%
Nitrógeno (base seca)	2.5 – 3%	1 – 2%	~1%

2.3.4. Tamaño de la pila para el proceso en compostaje

El tamaño de las pilas será definido por la cantidad de material que se realizará el compostaje y el lugar apropiado para hacer dicho procedimiento. Las pilas más comunes se hacen con una altura de 1.5 y 2 metros para facilitar el proceso de volteo y de un ancho entre 1.5 y 3 metros. Estos dos aspectos se definirán dependiendo del área y del manejo que se le desee dar. Asimismo, siempre tener en cuenta que la altura de la pila afectara el contenido de humedad, oxígeno y de temperatura, de la misma forma pilas de alturas bajas y de base ancha causaran con mayor rapidez la perdida de calor generado por los microorganismos y no se mantenga la temperatura requerida que estará entre 1,5 y 2 metros de alto para facilitar las tareas de volteo, y de un ancho de entre 1,5 y 3 metros. La longitud de la pila dependerá del área y del manejo.

“En el momento de estimar las dimensiones de la pila de compostaje, se debe tener en cuenta que, durante el proceso de compostaje, la pila disminuye de tamaño (hasta un 50% en volumen) debido en parte a la compactación y en parte a la pérdida de carbono en forma de CO₂” (FAO, 2018).

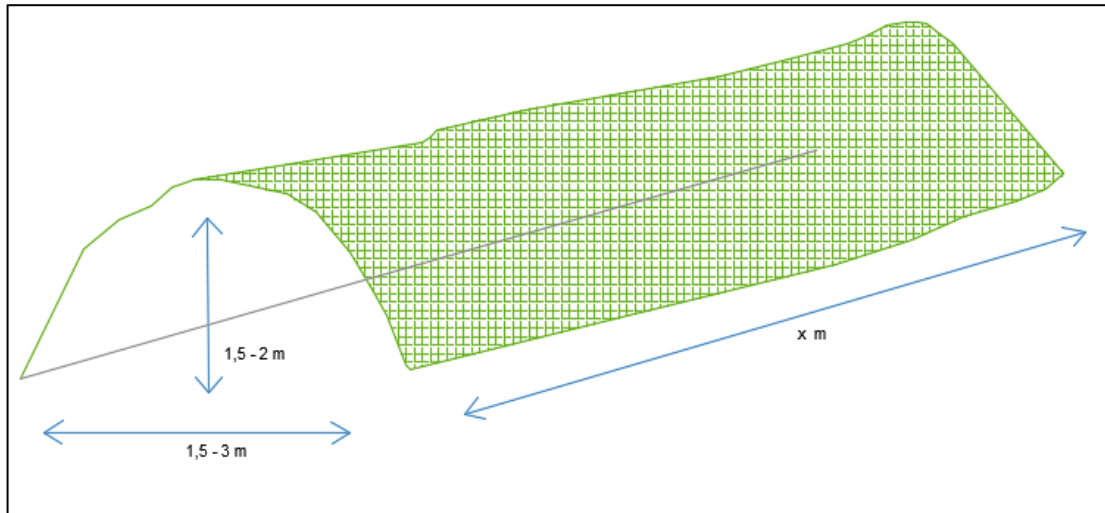


Figura 2. Dimensiones de la zona de compostaje (FAO,2018).

2.3.5. Características de la construcción de la pila

El sitio de la construcción de la pila debe hacerse en un lugar donde la luz solar no llegue directamente. La pila debe hacerse en un suelo bien drenado lo cual ayudara a evitar la excesividad de la humedad de la misma. Así como también cerca de un lugar disponible de agua. (Fares *et al*, 2011).

2.3.6. Métodos de proceso de compostaje

Los métodos para realizar el compost son muchos, pero para la realización de este producto final se tiene que tomar en cuenta componentes al momento de decidir; los requisitos de espacio, ver la seguridad higiénica requerida, el material de iniciación (presencia y ausencia de material de origen animal) y entre otras (Martínez, 2013).

Para el procesamiento de compostaje hay dos métodos de división; los sistemas abiertos “aquellos que se hace al aire libre” y los sistemas cerrados “los que se hacen en recipientes”.

Tabla 3. Clasificación de los sistemas de compostaje (Martínez, 2013)

<u>Sistemas abiertos</u>	Pilas con volteo	
	Pilas estáticas	Con succión de aire Aire insuflado Ventilación alternada (Succión e insuflado) Insuflado vinculado o control de temperatura
<u>Sistemas cerrados</u>	Reactores verticales	Continuos y discontinuos
	Reactores horizontales	Estáticos Con movimientos del material

2.3.7. Sistemas abiertos

Estos sistemas es posible llevarse a cabo cuando hay una gran cantidad de residuos orgánicos (sobre 1m³ o superior) Corporación Nacional Forestal (CONAF, 2014).

a) Pilas estáticas

El sistema en pilas estáticas es muy simple y sumamente económico además viene siendo muy utilizado. Los materiales se depositan sobre un pavimento o suelo, evitando comprimirlo sin exceso, en lo cual la forma y la medida viene a ser muy importante a la hora del procesamiento. Las medidas ideales oscilan entre 1.2 -2m de altura, por 2-4m de ancho, siendo la longitud variable. Estas pilas son ventiladas por convección natural y se voltean con frecuencia dependiendo del tipo de material, de la humedad y de la rapidez que se desea realizar el proceso, siendo lo más recomendado cada 6 o 10 días (CONAF, 2014).

b) Pilas estáticas aireadas

Según (Miller, 1996) para el este tipo de pilas se necesita de una red de tuberías de 3-5 pulgadas de diámetro, perforadas, que se colocan en la parte inferior de la pila. La altura recomendada de la pila es de 1 a 1, aunque la forma y el tamaño depende de las partículas, nivel de descomposición, porosidad y contenido de humedad, lo cual afecta el movimiento de aire hacia la parte céntrica de la pila.



Figura 3. Pila estática aireada compostaje (Miller, 1996).

c) Pilas aireadas forzadamente

Para este tipo de sistema es necesario contar con compresores lo cual se utilizará para inyectar aire al interior, asimismo se necesita válvulas y sistemas de control de presión de aire, por lo que es muy costoso.

Una vez armado la pila no se toca, hasta que la etapa de la pila sea completa. Este sistema permite tener un mayor control de la concentración de oxígeno y ayuda a mantenerlo en un nivel apropiado (15-20%), lo cual ayuda a favorecer la actividad metabólica de los microorganismos durante el proceso de descomposición (CONAF, 2014).



Figura 4. Pila estática forzada (CONAF, 2014).

d) Pilas con volteo o hileras

Según (Miller, 1996) es un sistema más sencillo y más económico, esta técnica de compostaje se caracteriza por el hecho que la pila se remueve periódicamente para homogeneizar la mezcla y su temperatura. La forma de las pilas (triangular o trapezoidal), dependerá mucho del clima, material utilizado y tipo de sistema de volteo. Este sistema considera realizar el voltear las pilas manual y mecánicamente cada 4 a 10 días, lo cual ayudara a dar una buena aireación al proceso de compostaje. Después de cada volteo la temperatura desciende alrededor de 5 a 10°C, seguidamente comienza a subir en caso de que el proceso no haya terminado. A pesar de que este proceso requiere de áreas grandes, es vulnerable a cambios de clima y material que genera olores al voltearlo: pero haciendo un buen seguimiento de la temperatura y humedad, está comprobado que da resultados aceptables.



*Figura 5.*Pila con volteo o hilera (Miller, 1996).

e) Sistemas cerrados

Según CONAF (2014) los sistemas cerrados ayudan a tener un mejor control de los distintos parámetros del proceso. Se caracterizan por llevar a cabo el compostaje en reactores cerrados, asimismo el principal inconveniente viene a ser el costo elevado de sus instalaciones. Su principal división se da en reactores de flujo horizontal y vertical.

Estos sistemas permiten un mejor control de los distintos parámetros del proceso en la mayor parte de los casos, así como un menor tiempo de residencia y la posibilidad de realizar un proceso continuo. Se caracterizan por llevar a cabo el compostaje en reactores cerrados, siendo el principal inconveniente que genera el elevado coste de inversión de sus instalaciones. Su principal división se da entre reactores de flujo horizontal y vertical. Los reactores de flujo vertical suelen tener alturas superiores a los 4 m. Y pueden ser continuos o discontinuos. Los reactores de flujo horizontal se dividen entre aquellos que poseen un depósito rotatorio, los que poseen un depósito de geometría variable con un dispositivo de agitación o los que no poseen un sistema de agitación y permanecen estáticos.

2.3.8. Ventajas y desventajas del compostaje

Entre las ventajas que tenemos del compostaje se registran algunas que son más importantes (Moons, 1997).

a) Ventajas del compost

Entre las ventajas principales que caracterizan al compost tenemos:

- Mejora la estructura, porosidad y densidad del suelo creando así una mejor raíz de la planta. El reciclaje de los desechos orgánicos permite que no haya contaminación del suelo y del ambiente.
- Mejora la capacidad de retención de agua, reduciendo así pérdida de agua y lixiviación en suelos arenosos.
- Incrementa la producción de los cultivos, ampliando la resistencia al ataque de las plagas, heladas y eventos extremos del clima.
- Suministra microorganismos beneficiosos a los suelos, una variedad de macro y micronutrientes además a cantidades significativas de materia orgánica.
- En prácticas agrícolas, el compost es un proceso fácil, ahorra dinero en costos de eliminación, Además, eso reduce la necesidad del agricultor de fertilizantes químicos.
- En el nivel ambiental, el compost reduce el volumen de basura.

b) Desventajas del compost

Así como se encuentran las ventajas del compost podemos encontrar algunas desventajas en el aprovechamiento de este abono orgánico.

- Demanda inversión inicial de mano de obra para acumulación de residuos orgánicos y de estiércol
- La fermentación de la descomposición del abono se extiende por más tiempo por bajas temperaturas en zonas frías.

- Las lluvias excesivas pueden producir encharcamientos si no se acondiciona de una buena forma el drenaje.
- Demanda un área techada y requiere mano de obra para el proceso de volteo de la MO.

2.3.9. Tipos de compostaje

Según la época a la que se aplica a la tierra y al tipo de cultivo, pueden mencionarse dos tipos de compost.

a) Compost maduro

Es aquel que está muy descompuesto y puede utilizarse en cualquier tipo de cultivo, pero en cantidades homogéneas, tienen un valor fertilizante menos elevado que el compost joven. Se emplea en cultivos que no toleran materia orgánica fresca o poco descompuesta y sirven como cubierta en los plántones. Este compost presenta equilibrio en las propiedades químicas, tales como, capacidad de intercambio catiónico, pH y materia orgánica; tiene bajo contenido de ácidos fúlvicos, relación C/N menor a 20 (Navarro, 2006).

b) Compost joven

Navarro (2006) El compost que no está descompuesto completamente utilizándose en el abonamiento de plantas soportan bien este tipo de compost (patata, maíz, tomate, pepino o calabaza). Este compost presenta desequilibrio en sus propiedades orgánicas; tiene alto contenido de ácidos fúlvicos y relación C/N mayor a 20.

2.3.10. Calidad del compost

La calidad del compost no es un concepto absoluto, si no que depende de los usos a que se destine, se define como “la capacidad o aptitud del compost para brindar los nutrientes necesarios para el desarrollo de la planta, con un mínimo impacto ambiental y sin riesgo para la salud pública” (Merino y Ansorena, 2014).

“La calidad del compost también tiene un valor agronómico y comercial como un acondicionador del suelo. Se determina en base a sus características físicas y químicas como contenido de materia orgánica, humedad, pH, relación C/N, contenido de sales, presencia de metales pesados, entre otros. Si estos parámetros son bien operados se tendrá un compost de buena calidad, con las siguientes características: libre de contaminación, higienizado, alto potencial fitosanitario, potencial de capacidad de retención de agua, potencial de protección de erosión, libre de malos olores y estabilidad microbiológica” (Avendaño, 2003).

La calidad del compost para ser clasificado como buena, los metales pesados deben de hallarse por debajo de los límites máximos determinados por la legislación vigente en el país que corresponda (Basaure, 2011).

2.3.11. Índices de calidad del compost

a) Índice químico y físico-químico

Los análisis químicos y físico-químicos más conocidos incluyen el pH, conductividad eléctrica, relación Carbono/Nitrógeno, capacidad de intercambio catiónico. Uno de los índices más utilizado es la relación C/N, estableciéndose, en general, que en un compost equilibrado esta relación debe ser < 20 (Gómez y Estrada, 2005).

b) Índices microbiológicos

Estos índices son dados en los textos legislativos como medida de garantía higiénica y sanitaria para el uso de compost y en menor medida como control de la eficacia del proceso de compostaje. (Gómez y Estrada, 2005).

Tabla 4. Normativa chilena 2880.of.2005 (Alcázar, 2005).

		Nch 2880	
PARAMETROS		Calidad A	Calidad B
	Relación C/N	≤ 10 a 25	≤ 10a 40
	pH	5.0 - 8.5	5.0 - 8.5
Parámetros generales y de Materia Orgánica	C.E	dS/m	< a 3 ds/m
	M.O	%	< a 8 ds/m
	N	%	≥ a 20%
	P2O5	%	≥ a 20%
	K2O	%	≥ a 5.0%
Micro elementos	CaO	%	8.5 a 2.5
	MgO	%	0.6 a 0.8
	Na	%	0.5 a 2
	Hd	%	1 a 2.5
		-----	-----
		30% - 45%	30% - 45%
Metales Pesados	Pb		100 mg/kg
	Cd		100 mg/kg
	Cr		2 mg/kg
		120 mg/ kg	8 mg/kg
Coliformes totales	(NMPg)	< a 1000 NMP	< a 1000 NMP
Coliformes fecales	(NMPg)	< a 1000 NMP	< a 1000 NMP

- Nch Norma Chilena 2880.

2.3.12. Composición química del compost

Esta clasificación se ha dado en función de la cantidad de composición vegetal y la proporcionalidad de cada elemento en conjunto. Estos son 13 elementos químicos que requieren las plantas para su desarrollo, (Camales, 2010).

Tabla 5. Propiedades químicas del compost (Camales., 2010).

Macronutrientes		Micronutrientes	
Primarios	Secundarios	Fe, Zn, Mn, B, Cl, Cu	
N	2.0 %	Ca	1.3%
P	0.4 %	Mg	0.4%
K	2.4 %	S	0.4%

2.4.Cacao

Es una planta leñosa reclasificada en la familia Malvácea y es un cultivo permanente, oriundo de los bosques húmedos de Sudamérica. Su semilla se destina a la fabricación de chocolate, a las industrias alimentarias, farmacéutica y cosmética (Gutiérrez, Gómez. y Rodríguez, 2011).

El fruto de *Theobroma cacao* L. Contiene entre 30 y 40 semillas de color marrón rojizo en el exterior y está cubierto con una carne blanca azucarada y comestible, el embrión consta de dos grandes hojas embrionarias y los nutrientes que se encuentran en ellos constituyen el producto comercial. En los tejidos del parénquima cotiledón, los principios estimulantes son la teobromina y la cafeína en porcentajes del 1 al 0,5% respectivamente (Castellanos et al. 2007).



Figura 6. Árbol del cacao -Comunidad de Malvinas. (Fuente Propia).

2.4.1.Origen del cacao

Baena y García (2012) describe que los antiguos mayas comenzaron a cultivar esta planta hace más de 2,000 años, valoraron altamente sus frutos como la semilla por los nutrientes que contenía como también por su valor, ya que se usó como moneda, para los antiguos aztecas el cacao era como un regalo de los dioses. Hay muchas confusiones sobre

la aparición del *Theobroma cacao* L. en 2002, se determinó que el cacao apareció en los valles de la selva Amazónicas (entre las orillas del río Napo que cubre gran parte de los territorios de la selva amazónica como de Ecuador y Perú) como también de los estados de, Bolivia y Brasil; con el pasar del tiempo se introdujo en América Central, algunos investigadores lo consideran que el primer lugar de domesticación y plantación de este árbol fue América Central.

Romero y Urrego (2016) menciona que el cacao descende de las Sterculiaceae, cuyo nombre científico es *Theobroma cacao* L. y es oriunda de las selvas cálidas de Sudamérica, localizada en medio de las cuencas de los ríos Napo, Caquetá y Putumayo; los cuales son afluentes del río Amazonas.

2.4.2. Clasificación Botánica del cacao

Linneo, clasificó el cacao con el nombre de *Theobroma cacao* L. en el año 1737. Así mismo, Benthán y Hooker en 1862, determinaron una clasificación definitiva como género de la parentela de Sterculiaceae, por siguiente en la actualidad pertenecen al orden de las Marvales. Las distintas especies de la familia *Theobroma* con el tiempo tuvieron diferentes clasificaciones botánicas (Baptista, 2009).

El género *Theobroma*, de la familia Malvaceae, incluye 22 especies. El árbol de cacao (*Theobroma cacao* L.) es la especie de cultivo dominante. Otras especies locales de importancia son *T. bicolor* (pataste), *T. angustifolium* (cacao de mono) y *T. grandiflorum* (cupuassu). La nuez de cola (*Cola acuminata*) es una especie relacionada (Pohlen y Pérez, 2010).

Tabla 6. Clasificación botánica del cacao (Batista et al 2009).

División	Espermatofita
Clase	Angiosperma
Sub-clase	Dicotiledónea
Orden	Malvales
Sub-orden	Malvinas
Familia	Esterculiácea
Tribu	Bitneria
Género	Theobroma
Especie	Cacao

2.4.3. Clasificación morfología del cacao

la planta del cacao consta de las siguientes partes que se mencionaran a continuación:

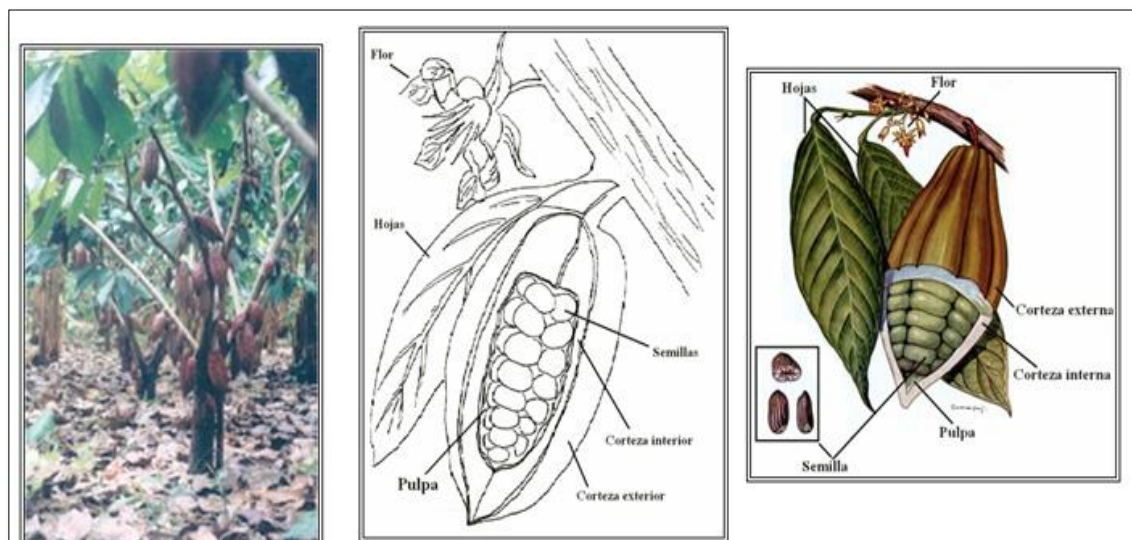


Figura 7. Partes del cacao-Comunidad de Malvinas-(Pohlan y Pérez, 2010).

- **Árbol**

El árbol de cacao puede medir hasta 8-12 metros y sus frutos miden entre 15 y 40 cm de largo. El tallo es recto, la madera es clara y blanca y la corteza es delgada, algo lisa y de color marrón. Los árboles de cacao tienen una raíz de claqué bien definida, con remolinos laterales a intervalos. El sistema de raíces está influenciado por la textura del suelo, la

profundidad miento, el tallo ortotrópico, generalmente de 100-150 cm de alto, cesa su crecimiento vertical y forma un verticilo, llamado jorquette, de 3-5 ramificaciones plagiotrópicas (abanico) y uno o más retoños orto trópicos (Pohlan y Pérez, 2010).

Munongo et al. (2012) menciona que el cacao es un arbusto que crece entre dos y siete metros de altura llamado cacao o cacao. Cuando esta planta crece salvaje puede crecer hasta alcanzar una altura de 20 metros aproximadamente, este árbol tiene una corona baja y densa y debe podarse cada 3 meses para que pueda dar una producción adecuada.

- **Ramas y Tallo**

Se sabe que las ramas del cacao al igual que las de otras plantas que pertenecen al género de theobroma:

- “Son de crecimiento vertical hacia arriba, denominadas ramas de crecimiento ortotrópico y constituyen el tallo y/o los chupones”.
- “Otras son de crecimiento oblicuo hacia fuera, denominadas ramas de crecimiento plagiotrópico”.

Los arbustos de cacao, sembradas por semillas, pueden desarrollan un peciolo principal de un crecimiento vertical que puede llegar 1 a 2 metros de altura con una edad de 12 a 18 meses desde su sembrío. Es desde ese momento que la yema apical detiene su crecimiento y desde el mismo nivel surgen de 3 a 5 ramas laterales. Este conjunto de ramas se denomina comúnmente verticilio o conjunto de ramas (Baptista, 2009).

2.5.Fruto del cacao

Según Chacón et al. (2011) Afirma que el fruto del cacao que comúnmente conocido como “mazorca” es carnosa, color amarillo como también hay de color de purpúrea, que mide de 15 a 30 centímetro de largo y 7 a 10 centímetro de grueso, tienen una forma de puntiaguda y con camellones longitudinales, cada mazorca en su interior contiene 30 a 40

semillas que están ubicadas en placentas axial cubiertas por una masa de pulpas que son dulces y comestibles (Chacón et al. 2011).

En el sistema de producción de cacao se genera un gran volumen de residuos, así: cada tonelada de semilla seca representa cerca de 10 toneladas de cáscara del cacao (peso fresco), y aproximadamente 40 litros de pulpa se pueden obtener de 800 kilos de semillas frescas (Mejía y Argüello, 2000) y de 1000 kg de fruta fresca de cacao se pueden obtener aproximadamente 32 47 kg de almendras crudas de cacao fermentadas y secas (Augstburger et al., 2000). Es decir que por cada kilogramo de semilla seca se producen 10kg de cáscara de cacao fresca y por cada kilogramo de semilla fresca se producen 50ml de exudado. Para los fines de este trabajo se registran en la tabla 4-3. Las cáscaras y el exudado derivados del *Theobroma cacao* son materias primas que debido al poco conocimiento que se tiene actualmente sobre sus posibles usos por parte de los cacao-cultores, éstos optan por acumularlos y depositarlos en una sola área del cultivo sin realizarles algún tipo de tratamiento o proceso, porque a la vez ellos carecen de técnicas y métodos que favorezcan el aprovechamiento de los mismos (López et al.,1984).

- **Semillas**

Las semillas del cacao son de un tamaño de un haba con un color de chocolate o de color purpúreo de una medida dos a tres centímetros de longitud y con un sabor amargo y no cuenta con albumen, son cubiertas con pulpas gelatinosas de un color blanco azucarado. Mientras todo el espacio de la semilla en el interior está ocupado por los dos embriones también son conocidos comúnmente “granos” o “habas” de cacao y son ricos en almidones como en proteínas lo cual da un valor nutritivo real (Chacón et al. 2011).

2.5.1.Cáscara de Mazorca de cacao

Syamsiro (como cito Martínez ,2014) menciona que la cascara de mazorca de cacao es un residuo que queda después de extraer la pulpa del cacao, representa el 52 a 90% del

peso húmedo del fruto. Este residuo contiene 35, 30 y 10 % de lignina, celulosa y hemicelulosa y el porcentaje restante corresponde a extractos. La mala disposición de este residuo trae consigo grandes consecuencias ambientales como la contaminación de los suelos, la aparición de vectores y de enfermedades para el mismo producto (Martínez ,2014).

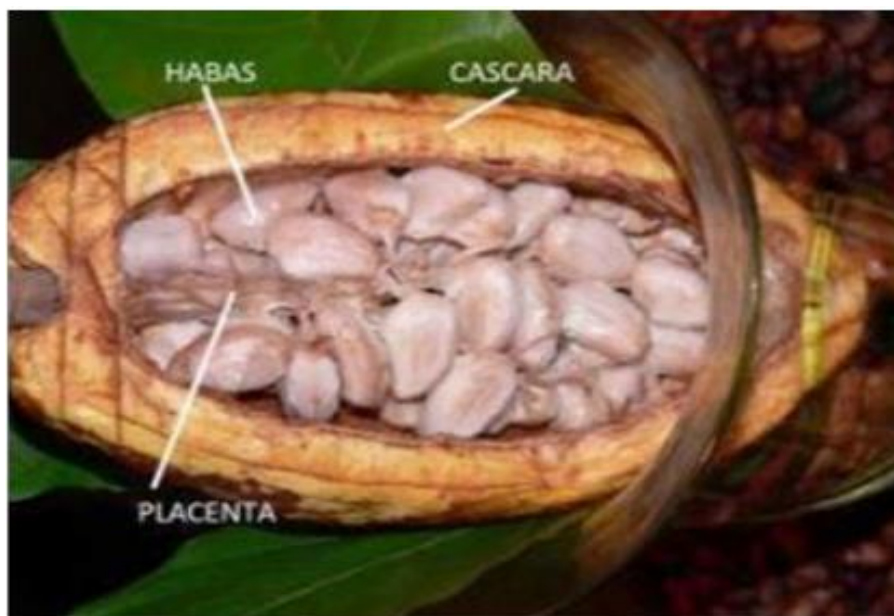


Figura 8. Composición del fruto de cacao según Navarro y Mendoza (2009).

2.5.2. Composición nutricional de la cáscara de mazorca de cacao

La composición química de la cáscara de mazorca de cacao se presenta en la siguiente tabla 7.

Tabla 7. Composición química de la cáscara de mazorca de cacao (Mejía y Arguello, 2000).

Componentes	% p/p
Humedad	85
Proteína	1,07
Minerales	1,41
Grasa	0,02
Fibra	5,45
Carbohidratos	7,05
N	0,171
P	0,026
K	0,545
Pectinas	0,85

2.5.3. Usos de la cáscara de mazorca de cacao

Según Burnett (1974) el sub producto de la post cosecha del cacao específicamente las cáscaras de mazorca del cacao han tenido múltiples usos. Se ha usado como fertilizante, ya sea como composta o aplicado directamente, lo cual ha traído consigo impactos negativos debido a la probable transferencia de patógenos, pero con un previo proceso de transformación en la elaboración de compost y sustratos su uso ha sido más efectivo. Asimismo, se lo usa en biodigestores debido a que una tonelada de cascara de mazorca de cacao seca puede contribuir 12 kg de N; 2,5 kg de P₂O; 42 kg de K₂O; 4,2 de Ca; y 4,2 kg MgO (Brenes, 1989). Otras aplicaciones que ha tenido son como comida para animales, como absorbente en la eliminación de azul de metileno de soluciones acuosas, para producir catalizadores y pectinas. Así como, para producir energía en forma de combustible sólido como sustituto de leña, ya que tiene alto poder calórico (17 a 22 MJ kg⁻¹) y contenido de ceniza similares a otros tipos de biomasa.

Cada tonelada de semilla seca representa cerca de 10 toneladas de cáscara del cacao (peso fresco). Hoy en día, las cáscaras son producto de desecho de la industria del cacao, y representa un grave problema para las industrias deshacerse de él. Este desecho se convierte en una fuente significativa de enfermedades cuando es usado como abono en las plantaciones. Las cáscaras frescas o secas pueden ser utilizadas como alimento para el ganado. El contenido de teobromina restringe la proporción en la cual puede ser consumido, por lo que su uso ha sido limitado. Pero, los reportes indican que este alimento puede constituir el 20% de una ración para aves de corral, de 30-50% para cerdos, y 50% para ovejas, cabras y ganado lechero (Wood y Lass, 1985). Además, su aceptación por los animales es satisfactoria. Y no es solo esto: la cáscara de cacao contiene de 3-4% de sales de potasio sobre base seca (Wood y Lass, 1985). La ceniza ha sido usada para fabricar jabón en Ghana y Nigeria (Oduwole y Arueya, 1990; Arueya, 1991).

El Instituto de Nutrición, Educación y Desarrollo (INED) impulsa el uso de la cáscara de cacao en la lucha contra la desnutrición, debido a que es un insumo utilizado en la preparación de platos tradicionales, pero que posee un alto valor proteico, asimismo indican que la cáscara de cacao puede ser utilizada como ingrediente principal en la formulación de galletas para personas con estreñimiento.

2.6. Variedades del cacao

Prakash, Doherty, y Bittenbender (2011) mencionan que de las 22 especies conocidas del género *Theobroma*, solo *T. cacao* se cultiva ampliamente fuera de su rango nativo de distribución. Varias otras especies se cultivan o se recolectan en forma silvestre en una escala relativamente pequeña para el consumo humano. Desde mediados del siglo XX, las variedades de *T. cacao* han sido clasificadas en tres grupos generales: 'Criollo', 'Forastero' y 'Trinitario'. Recientes estudios genéticos indican que esta amplia categorización es demasiado simplista con respecto al término "Forastero" y no reconoce la cantidad significativa de variación genética contenida dentro de este grupo.

a) Criollo

El criollo proviene de un grupo genéticamente estrecho y se cree que fue domesticado por la civilización maya. Hasta mediados del siglo XVIII, 'Criollo' era el tipo de cacao más comúnmente cultivado, pero la gran mayoría de los árboles han sido reemplazados por árboles más vigorosos y resistentes de ascendencia híbrida o 'Forastero'. Criollo puede traducirse como nativo o primero crecido en los países hispanohablantes de las Américas. Por lo tanto, debe tenerse en cuenta que el llamado cacao "Criollo" en muchos países puede no tener el perfil genético típico del "Criollo" puro (Prakash et al. 2011).

b) Trinitario

El trinitario es un híbrido entre los árboles 'Criollo' y 'Forastero'. En sentido estricto, 'Trinitario' se refiere a los clones, de los híbridos originalmente producidos en Trinidad entre

los árboles 'Criollo' y 'Forastero' que se originaron en la cuenca baja del río Amazonas. Sin embargo, muchas plantaciones modernas de cacao en todo el mundo, están compuestas por híbridos de ascendencia mixta y no encajan en las categorías tradicionales de "Criollo", "Forastero" y "Trinitario". (Prakash et al. 2011).

c) Forastero

El término "Forastero" abarca una amplia gama de poblaciones distintas con características únicas y no es un término descriptivo significativo. Debido a la alta variabilidad genética dentro de este grupo, los tipos 'Forastero' exhiben una mayor variabilidad en la morfología del árbol y la fruta y son generalmente más vigorosos y menos susceptibles a las enfermedades y plagas que los árboles 'Criollo'. Varias variedades locales son particularmente conocidas. El tipo 'Amelonado' se cultiva ampliamente en todo el oeste de África y produce la mayoría de los granos de 'cacao a granel' (Prakash, Doherty, y Bittenbender, 2011).

2.6.1.Requerimientos Ambientales del cacao

Según Enríquez (1985) el cacao se cultiva en todos los países que disponen de tierras tropicales y húmedas; así mismo Gómez et al. (2014) menciona que la planta de cacao se siembra en las regiones cálidas como es el caso de la Amazonía. Por lo general el cacao es plantada entre 15° de latitud sur y norte de la línea ecuatorial, sin embargo, esta planta puede ser cultivada hasta las latitudes subtropicales que van desde los 23°, llegando hasta el Trópico de Cáncer por el norte y al Trópico de Capricornio por el sur. A continuación, se mencionará requerimientos climáticos para el crecimiento del cacao: La temperatura y la lluvia son los factores climáticos muy importantes para el crecimiento del cacao. Igualmente, por supuesto, tienen influencia el viento, la luz o radiación solar y la humedad relativa.

a) Temperatura

Para el cultivo de cacao se necesita una temperatura promedio anual de 23° a 30° C, siendo la temperatura más adecuada de 25° C. Esta especie se siembra a una altitud que va desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 1 200 msnm, presentando una altitud óptima de 500 a 800 msnm. Con respecto a la humedad relativa se requiere que esté entre el 70% y 80%.

2.7.Producción mundial de cacao.

Según la FAO (2004) la producción mundial de cacao fue de una tasa de crecimiento anual de 2,2% desde el año 1998-2000 hasta el año 2010, si podemos comparar el crecimiento de tasa de 1,7% en los 10 años anteriores y llegara a 3,7 millones de toneladas. De continuar esta tendencia, el volumen del cacao producido podría registrar un crecimiento anual de 1,6%.

2.7.1.Producción Nacional de cacao

Según el Ministerio de Agricultura para el valle de los ríos Apurímac y Ene (MINAGVRAE, 2013) las zonas productoras de cacao en el Perú son: El valle del río Apurímac- Ene (VRAEM), en los departamentos de Ayacucho Cusco y Junín; el valle del Huallaga en los departamentos de Huánuco y San Martín, El valle del tambo, del departamento de Junín, el valle de la convención, del departamento de Cusco y el valle del Marañón en los departamentos de Cajamarca y Amazonas.

Según el Ministerio de Agricultura, el primer productor a nivel nacional es el valle de Quillabamba en Cusco con una producción de 8,218.6 TM en el año 2002; le sigue el valle de río Apurímac y el Ene (VRAE) en Ayacucho, Cusco y Junín con una producción de 4,603 TM en 2002. Ambos representan el 54% de la producción nacional.

2.7.2. Producción del cacao en el VRAEM

El valle del río Apurímac-Ene cuenta con una superficie de cultivo para la agricultura de 180,000 hectáreas aproximadamente de los cuales 22, 000 hectáreas aproximadamente fueron destinadas al cultivo de la coca. El cacao representa una de las fuentes económicas más importantes en el VRAEM siendo superado solo por la coca. Se estima que existen el 40 % de áreas plantadas con este fruto a nivel nacional.

El rendimiento promedio es de 480 Kg/ha/año obteniendo una producción 90 superior a las 9,000 TM de cacao en grano por año. El cultivo se realiza entre los 400 m.s.n.m. hasta los 1,200 m. s. n. m, distribuidas en pequeñas parcelas. Las plantaciones según el Ministerio de Agricultura para el valle de los ríos Apurímac y Ene (MINAGVRAE, 2013) son conducidas en aproximadamente 15,050 unidades de producción agropecuaria familiares, dispersándose a los 12 distritos que abarca la región. El promedio del área de cacao conducida por agricultor es de 1.25 has.

2.8. Sub productos de la industria cacaotera

Pohlan y Pérez (2010) mencionan que el procesamiento de manera industrial del cacao se obtiene residuos, los cuales por sus propiedades tanto físicas y químicas pueden ser usados para producir elementos útiles, siendo esto denominado “subproducto”. Entre estos productos podemos mencionar a las cascarillas un subproducto que se obtiene después al secar el grano de cacao, fermentarlo y tostarlo, lo cual representa el 12% de la semilla, el mucilago otro sub producto que se obtiene de la fermentación del cacao este se desintegra y es recolectado en una pila en forma de un líquido viscoso de color claro, conocido como jugo de mucílago o exudado de cacao. Finalmente la cascara de mazorca de cacao, este se obtiene después de la cosecha del cacao. Cada tonelada de semilla seca representa cerca de 10 toneladas de cáscara del cacao (peso fresco), representando un grave problema para los

cacaoteros el deshacerse de él; ya que representa el 90 % del fruto. (Zlatko, Garzaro, y Guerra, 1998).

2.9.Estírcol

El “estírcol” es el resultado de la descomposición de los excrementos combinados en lugares adecuados lo cual pueden ser llamados “Estercoleros”. (Torres, 1993). Asimismo, durante la descomposición se producen líquidos denominados purines.

Guerrero (2004) menciona que el estiércol es una excelente alternativa para brindar nutrientes a las plantas y de esa forma optimizar las características químicas del suelo, siendo así fuente primordial del abono orgánico. El estiércol no solamente está compuesto de heces y orines pueden estar compuestas de elementos como son la paja, productos químicos, papel periódico, se suele incluir también restos de animales de ganado, aguas procedentes de bebederos, de los establos o agua de lluvia que se puede introducir en un establo (Iglesias, 1995).

2.9.1.Composición del estiércol

Como todo elemento, el estiércol no contiene una concentración fija de nutrientes, dependerá exclusivamente de la edad, especie, y el tipo de alimentación que el animal tenga siendo esta manera la composición variada y útil tanto en el contenido de agua, los carbohidratos, las proteínas, los minerales, y microorganismo. Asimismo, existen factores externos que influyen en la composición del estiércol, ya sea por el tipo de manejo y almacenaje que se le dé, o bien por la rapidez con la que se realiza el proceso de descomposición (Fundación Agricultura y medio Ambiente, 2004).

Para el uso frecuente del estiércol se debe considerar que esta contiene: 0,5 % de potasio, 0,25 % por ciento de fosforo, 0,5 % de nitrógeno, es decir que en promedio el estiércol brinda 5kg de potasio 25 kg de fosforo y 5 kg de nitrógeno, y este elemento al estar

expuesta al sol y a la intemperie, pierde casi en general su valor. Por lo general casi todos los estiércoles tienen bastante nitrógeno y potasio, pero muy poco fósforo (INIA, 2004).

2.9.2.Cuyaza

García et al. (2007) dice que en el caso de la cuyaza (estiércol de cuy) se identifica por la facilidad de recolección en comparación del estiércol de otros animales, puesto que normalmente se los encuentra en galpones, la cantidad de estiércol producido por un cuy es de 2 a 3 Kg por cada 100 Kg de peso vivo.

Lozada (2013) considera la cuyaza (estiércol de cuy) es uno de los estiércoles de mejor calidad, junto con el de caballo por sus propiedades físicas y químicas, por lo que usualmente es usado por agricultores como abono directo.

Según Guamán, (2010) la importancia de los estiércoles es su uso en el suelo ya que ayuda a dar resistencia contra plagas y patógenos debido a que se producen nutrientes que mantiene el suelo sano y mejorado su fertilidad y textura.

- Incrementa la retención de la humedad y mejora la actividad biológica.
- No contamina el medio ambiente y no es tóxico.
- Tiene mayor peso por volumen. (Más materia seca).
- Permite el aporte de nutrientes.

Los suelos con abono orgánico producen alimentos con más nutrientes y ayudan a la salud.

2.9.3.Composición físico químico de la cuyaza

Tabla 8. *Composición química del estiércol de cuy* (Molina, 2012)

Nutrientes (ppm)	%
Nitrógeno	2.70
Fósforo	2.81
Potasio	2.69
Ca	6.01
pH	5.17
C.E	13.80

Molina (2012) manifiesta que el estiércol de cuy se lo utiliza dentro de las fincas cafetaleras con múltiples beneficios, sobre todo para la elaboración de abonos orgánico, su alto contenido de nutrientes especialmente de elementos menores. El estiércol de cuy es uno de los mejores junto con el de caballo y tiene ventajas como que no huele y no atrae moscas.

2.9.4.Usos de Cuyaza

LEISA (2005), El estiércol de cuy, es usado para producir biogás, que es fuente de energía limpia, así como bio-abonos líquidos y sólidos. Este consiste en depositar los desechos del roedor en un depósito bajo tierra que se denomina biodigestor donde se mezcla con agua, produciéndose una fermentación de la cual sale gas metano y abono líquido. El gas le sirve para encender la cocina de su casa y genera además energía eléctrica. favorece a una mejor distribución de las raíces en el suelo, mejor transporte de oxígeno, mayor captación de nutrientes.

MORENO (2008) aplicando una mezcla del estiércol con hojarasca y residuos de cosecha en pequeños montículos de un metro y medio de altura, cuya unión genera compost o abono, se utiliza para sus frutales, hortalizas, plantas aromáticas, subrayando que se trata de un proceso de reciclaje natural y tradicional en que se puede utilizar otros tipos de guano orgánico. Sino que, por su contenido de fitohormonas, es un valioso activador del crecimiento y floración de las plantas, en particular de los frutales.

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.Lugar de ejecución

El presente proyecto se llevó a cabo en dos fases. La primera parte se dio inicio con el proceso de producción del compost mediante un sistema de compostaje (Pilas con volteo) lo cual se llevó a cabo en las instalaciones de la Estación Experimental Agraria -Perla del VRAEM (INIA), comunidad de Malvinas, distrito de Kimbiri, provincia la Convención, Región Cusco. Ubicada geográficamente en las siguientes coordenadas paralelas $11^{\circ}64'$, $13^{\circ}22'$ de Latitud Sur y $73^{\circ}11'$, $75^{\circ}35'$ de Longitud Oeste, está ubicado a 739 msnm en la ceja de selva (selva alta), la investigación tuvo una duración de 76 días en los meses de octubre a enero.

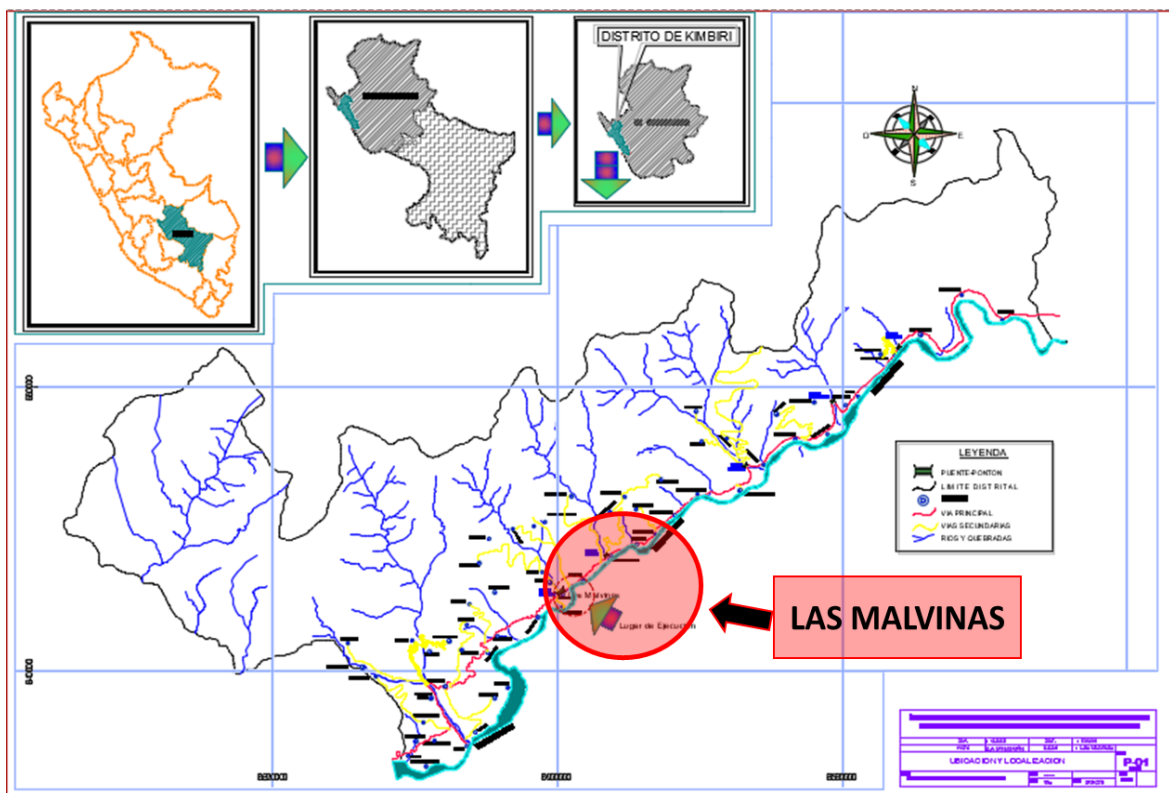


Figura 9. Mapa de ubicación del proyecto de tesis (Comunidad de Malvinas, Distrito de Kimbiri, provincia La Convención, Región Cusco).

En la segunda parte se llevó a analizar los parámetros físico químicos para lo cual se solicitaron al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) de la Universidad Agraria La Molina -Lima para su respectivo análisis.

3.2. Condiciones Meteorológicas del lugar

Tabla 9. *Condiciones Meteorológicas en la investigación (Ministerio de la Mujer y desarrollos social (MIMDES, 2015).*

Temperatura	• Temperatura promedio anual 26 °C
Humedad	• Humedad relativa media anual es de 60 %
Precipitación	• Precipitación total anual es de 2100-3374 mm
Radiación	• Intensa

3.3. Materiales y equipos

Durante el desarrollo de la investigación se utilizó los siguientes equipos y materiales.

3.3.1. Materiales y equipos Para la construcción de las pilas del proceso de compostaje

a) Herramientas

- Lampa Recta
- Rastrillo
- Machetes
- Dos carretillas
- Libreta de campo
- Escoba
- Un recipiente de plástico
- Balde de 5 litros
- Wincha

b) Equipos

- Termómetro higrómetro modelo KC3008 medidor de pH y T°C
- Termómetro higrómetro digital Lcd medidor de T°C y Humedad
- Balanza romana de 50Kg
- Balanza romana de 5 Kg
- Cámara digital
- Computadora PC Windows 10

3.3.2.Materiales Para la preparación del compost

- Agua para el sistema de riego
- Materia Orgánica (Cascaras de Cacao)
- Excremento de Animal (cuyaza)

3.3.3.Programas

- Software Statistica versión 13.4
- Minitab
- Matlab

3.4.Metodología

3.4.1.Población

La población estuvo constituida por residuos de la cosecha de cacao específicamente cáscaras de mazorca de cacao de una hectárea de terreno de la comunidad de Malvinas, distrito de Kimbiri, provincia. La Convención, Región Cusco; el cual produce de 600 kg a 1000 kg de residuo orgánico por hectárea de terreno. Para la realización de este proyecto se utilizó 300Kg de dicho residuo.

En una hectárea de terreno contiene 1,111 plántones de cacao que es sembrado 3m x 3m. A esta distancia se produce más de 3,000 kilos de cacao seco por hectárea/año el compromiso de cada planta es de 1.17 kilos o 34 mazorcas o frutos aproximadamente al año (Paredes, 2015).

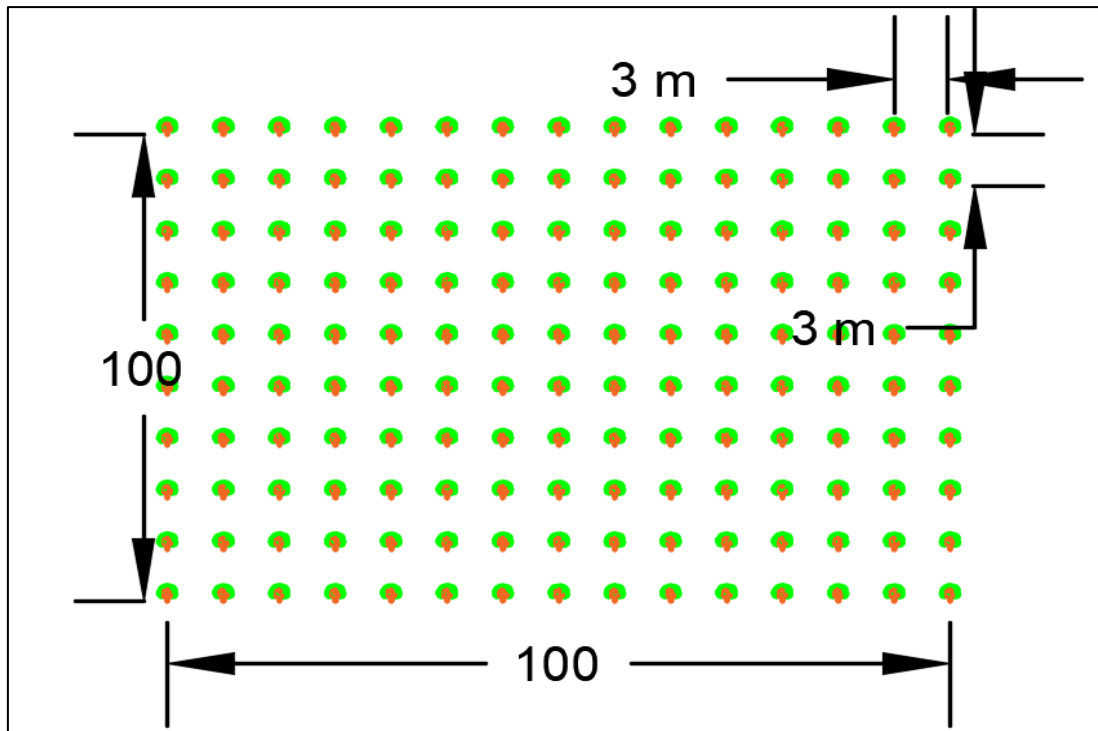


Figura 10. Terreno de una hectárea de la comunidad de Malvinas-VRAEM.

Asimismo, la cuyaza fue proveído de la Estación Experimental Agraria Perla del VRAEM (INIA), cuyo centro cuenta con un área que se dedica a la crianza de este roedor.

3.4.2.Muestra

La muestra que se utilizó en la investigación estuvo estratificada por los siguientes datos:

Tabla 10. Muestra de la investigación

Muestras		Factor	
Cáscara de la mazorca de Cacao	600 kg	50%	300 kg
Cuyaza	300 kg	50%	150 kg
Total			n=450 kg

La muestra a tratar estuvo constituida por 450 kg de residuos orgánicos (Cáscara mas Cuyaza).

De la misma forma la muestra que se extrajo de las pilas correspondientes para realizar los análisis fue de 1kg de compost seco.

3.4.3. Variables

Tabla 11. Variables Independientes y dependientes

Interviniente	Independiente	Dependiente
<ul style="list-style-type: none">• Temperatura• Humedad• Oxigenación• Tiempo (días)	<ul style="list-style-type: none">• Dosis de Cuyaza• Cáscara de Mazorca de Cacao (Fija).	<ul style="list-style-type: none">• Características fisicoquímicas del compost.

3.4.4. Hipótesis

- **Hipótesis Nula**

H0= La aplicación de cuyaza no influye en la elaboración de compost a partir de Cáscara de Mazorca de cacao (*Theobroma Cacao L.*) mediante el Sistema Pilas con Volteo en la comunidad de Malvinas-Kimbiri-VRAEM.

- **Hipótesis Alterna**

H1= La aplicación de cuyaza influye en la en la elaboración de compost a partir de Cáscara de Mazorca de cacao (*Theobroma Cacao L.*) mediante el Sistema Pilas con Volteo en la comunidad de Malvinas-Kimbiri-VRAEM.

3.4.5. Tipo de investigación

Experimental: Hernández et al, (2006) Este tipo busca dar una explicación de la relación causa (variable independiente) - Efecto (variable dependiente), lo cual en este caso se examinó como las diferentes dosis de cuyaza afecta en la elaboración de compost a partir de cáscaras de mazorca de cacao.

3.4.6. Nivel de investigación

Explicativo: Tiene la finalidad de indagar y dar a conocer fenómenos como es el efecto de diferentes dosis de cuyaza en la elaboración de compost a partir de cáscara de mazorca de cacao, lo cual se definirá por características fisicoquímicas, así con ciertos criterios de evaluación de calidad del producto final con la Norma Chilena Nch-2880 lo cual

ayudará a analizar los resultados de los tratamientos dados en la investigación. (Hernández et al, 2006).

3.4.7. Metodología Experimental

En la figura N°11 se detalla el diagrama de flujo del proceso de compostaje para evaluar el efecto de la cuyaza en la elaboración de compost mediante el sistema pilas con volteo a partir de la cáscara de la mazorca de la comunidad de Malvinas-Kimbiri.

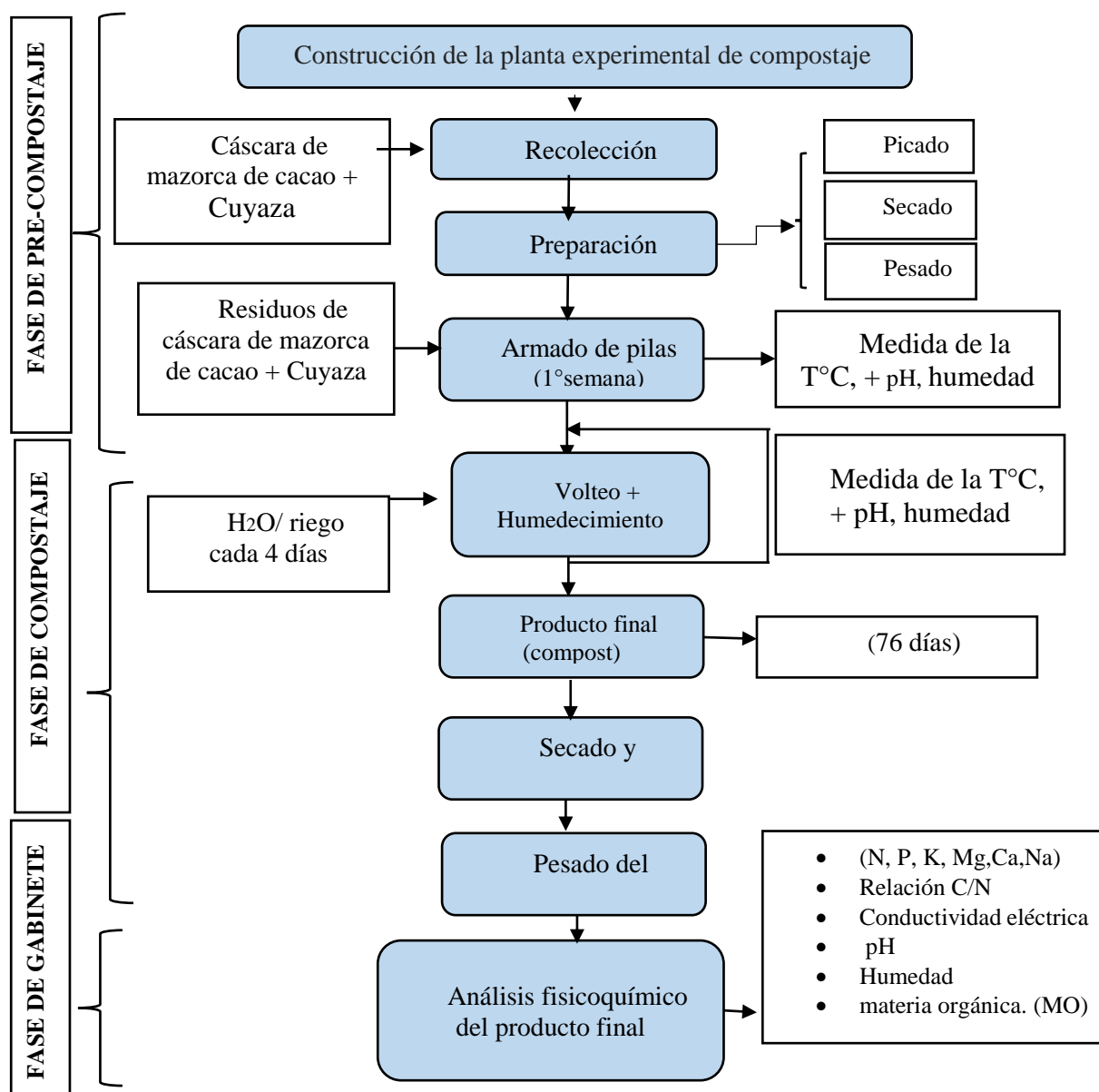


Figura 11. Flujo grama de la elaboración de Compost a base de cuyaza y cascara de mazorca de cacao en la comunidad de Malvinas, Kimbiri, VRAEM.

3.5.Ejecución del experimento

3.5.1.Fase de pre compostaje

a) Recolección la materia prima

Antes de la experimentación, se localizó las zonas cacaoteras de donde se extrajo el material orgánico (cáscara de mazorca de cacao), este fue producto de la cosecha de cacao de 1 hectárea de terreno ubicada en la comunidad de Malvinas, distrito de Kimbiri, provincia La Convención, Región Cusco, los cuales cuentan con áreas de cultivo de 3 a 6 años.



Figura 12. Terreno de cacao de la comunidad de Malvinas, Kimbiri, VRAEM.

Asimismo, se recolecto el estiércol de cuy (Cuyaza) de la Estación Experimental Agraria Perla del VRAEM (INIA), lo cual cuenta con un área que se dedica a la crianza cuyes, siendo esta manejada por la misma comunidad.



Figura 13. Proyecto cuy del centro experimental Perla del VRAEM (INIA) comunidad de Malvinas, Kimbiri, VRAEM.

b) Construcción de la planta experimental de compostaje

La ejecución del experimento se llevó a cabo en las instalaciones de la Estación Experimental Agraria Perla del VRAEM (INIA) comunidad de Malvinas, distrito de Kimbiri, provincia La Convención, Región Cusco. Dicha institución cedió un espacio de 55 m^2 para el desarrollo del proyecto, ubicado en la cercanía de los terrenos de siembra de cacao, que facilitó el traslado del material.

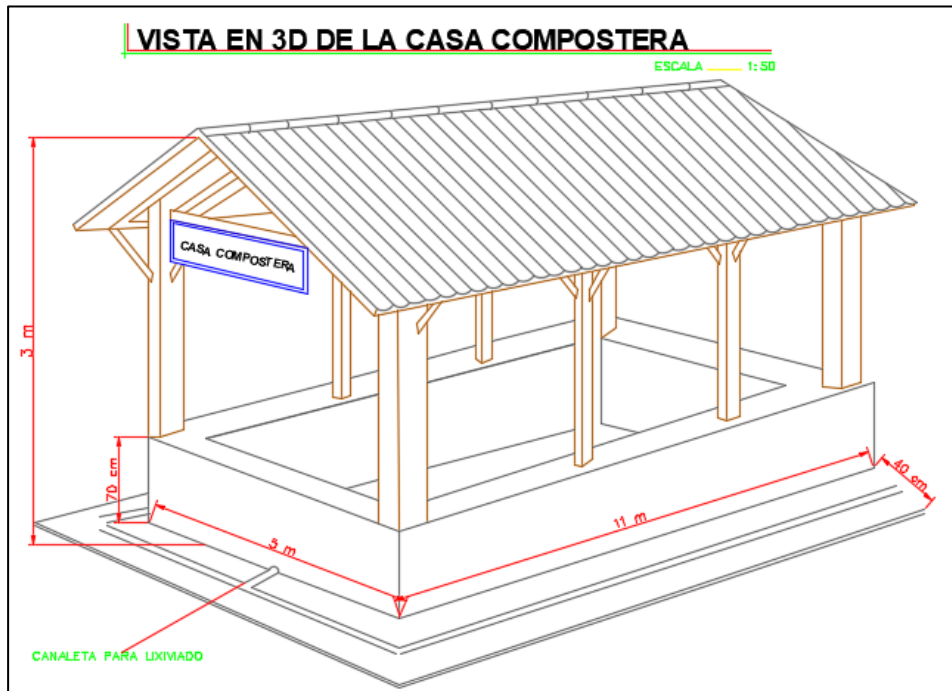


Figura 14. Estructura para el desarrollo del proceso experimental.

Además, ya contaba con una cobertura de techo de calamina, que ayudo a reducir la radiación solar, la alta luminosidad, lluvias, altas temperaturas y evitar la pérdida de humedad de la pila y con un piso de concreto lo cual evito la infiltración de lixiviados al suelo, estos elementos ya implementados facilitaron el proceso de construcción ya que solo necesito ser limpiado y delimitado para la ubicación de las composteras.



Figura 15. Limpieza del área de trabajo.

Para el diseño experimental se separaron 15 áreas de 0.60m x 0.70m, como se aprecia en la siguiente figura N°16.



Figura 16. Dimensión del área de trabajo para el desarrollo de proceso experimental

c) Preparación de la materia prima para el proceso del compostaje

Dado la importancia de conocer la cantidad de residuos orgánicos (cáscaras de mazorca de cacao) que ingresa y disminuye con proceso de compostaje, se estimó mediante el pesaje con una báscula romana colgante la cantidad de cáscaras de mazorca de cacao a utilizar en el proceso lo cual posteriormente será utilizado para elaborar el compost. Asimismo, al finalizar el proceso se pesó el compost elaborado para visualizar cuánto ha reducido con el proceso.



*Figura 17.*Recojo y transporte del material y pesado de la misma.

- **Picado, secado y homogenización de la cascara de mazorca de cacao.**

El picado se realizó según el (FAO, 2013) que menciona que se debe picar en fragmentos de 5-20 cm, según lo mencionado se adecuo el material obteniendo material de entre 10-15cm.

Para el secado de la materia prima se contó aproximadamente con 400 Kg de cascara de mazorca de cacao (CMC) con una humedad de 85%, por lo que se dejó durante 24 horas expuestos al sol para reducir la humedad hasta 60 %. Luego se tomó los 300 Kg de CMC para el armado de las pilas.



Figura 18. Secado y picado de la cáscara de mazorca de cacao

d) Armado de las composteras por el sistema pilas con volteo

Dependiendo de la cantidad de material mostrada en la tabla N°12 se armaron las pilas en una mezcla homogénea, el estiércol de cuy (Cuyaza) y cascara de mazorca de cacao lo cual se detalla a continuación:

- Se elaboró 15 pilas para la producción de compost a partir de mazorca de cacao y diferentes dosis de estiércol de cuy, utilizando el sistema abierto pilas con volteo de medidas 0.60m x 0.70m y 0.50 m de altura aproximadamente.

Se utilizó el método Indore para la preparación del compost que a continuación se describe:

- Se limpió el área sobre el cual se instalará las pilas
- Se colocó el residuo vegetal (cáscara de mazorca de cacao) formando una capa de 10 cm aproximadamente de alto por cada capa de residuo.
- Se rego la capa del residuo vegetal hasta que el material alcance la humedad adecuada. Seguidamente se espació el estiércol de manera uniforme sobre la capa del residuo vegetal (cáscara de mazorca de cacao) hasta alcanzar aproximadamente 10 cm de espesor.

- Se repitió el mismo proceso hasta formar 5 capas alternadas de estiércol de cuyaza y 6 de cascara de mazorca de cacao.

Tabla 12. *Tratamientos para las pilas de compostaje.*

Tratamientos	Composición del compost a Mezclar
1	20 kg de Cáscaras de Mazorca de Cacao+ 0 kg de Cuyaza
2	20 kg de Cáscaras de Mazorca de Cacao+ 5 kg de Cuyaza
3	20 kg de Cáscaras de Mazorca de Cacao+10 kg de Cuyaza
4	20 kg de Cáscaras de Mazorca de Cacao+15 kg de Cuyaza
5	20 kg de Cáscaras de Mazorca de Cacao+ 20 kg de Cuyaza



Figura 19. Armado de Pilas de compostaje homogéneamente

3.5.2.Fase de Compostaje

Durante el proceso de compostaje se realizó la medición de parámetros (Humedad, Temperatura, pH), los volteos para la homogenización del material fue cada 4 días hasta el día de su cosecha (76 días), (Ver anexo 4).

a) Humedecimiento

En el proceso de compostaje el humedecimiento se realizó con un balde de 5L en cada volteo del material, asimismo se empleó la técnica de puño cerrado, lo cual consiste en

introducir la mano en el montículo, sacar un puñado de esta y abrir la mano. Este material debe quedar compacto sin escurrir agua. Si corre agua, se debe voltear y/o añadir material secante (aserrín o paja). Si el material queda suelto en la mano, entonces se debe añadir agua y/o añadir material fresco (restos de hortalizas o césped) hasta comprobar que tenga una humedad idónea (FAO, 2013). Asimismo, se utilizó termo higrómetro digital el cual ayudo a corroborar el porcentaje de humedad. (Ver figura 21).

b) Aireamiento

La aireación del sistema se realizó cada 4 días durante todo el proceso de compostaje. Labrador (1996) citado por Del Pozo (2008) menciona que mediante el volteo se asegura la homogenización de la mezcla y se permite que todas las zonas tengan temperatura uniforme.

c) Temperatura y pH

Para la evaluación de la temperatura se utilizó un Higrómetro digital. Se midió la T°C y el pH. El monitoreo de estos parámetros se realizó al finalizar la conformación de los montículos, así como también después de cada volteo (4 días) y al finalizar el experimento, los parámetros que fueron medidos en la parte superior e inferior de cada pila. Estos datos fueron promediados para ser una lectura única que pueda ser analizado estadísticamente. Las mediciones se realizaron en horas de la mañana, con la finalidad de evitar distorsiones por la alta radiación solar u otros factores meteorológicos.



Figura 20. Medición de los parámetros físicos Humedad pH y Temperatura del compostaje.

d) Obtención del compost

Para la obtención del compost se realizó los siguientes pasos:

- Medición final del pH, T°C, humedad.
- Mezcla homogénea de cada pila.
- Secado de las pilas en un ambiente adecuado.
- Tamizado del material con el fin de eliminar los elementos gruesos y otros contaminantes (metales, vidrios, piedras). El tamaño del tamiz es de 1,6 cm (FAO,2013).
- Se realizó el pesaje final del producto (Compost) haciendo uso de una báscula romana colgante para determinar la cantidad de residuo que disminuyó después del proceso de compostaje.

e) Análisis del compost obtenido después del proceso de compostaje

Se tomó un 1k de muestra de cada pila en una bolsa ziploc (código y datos de la muestra), luego se envió al laboratorio de análisis de suelos, plantas y fertilizantes de la facultad de agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina –Lima.

3.6.Diseño de Experimentos

Se empleó el diseño experimental Completamente al Azar (DCA) de un factor con 5 tratamientos con 3 repeticiones como se puede apreciar en tabla N°13.

Tabla 13.Tratamientos para las pilas de compostaje

Tratamientos		Repeticiones			Cantidad
Muestra Tratamiento	Residuo (Kg) CMC	R1	Cuyaza (kg) R2	R3	X Pila Kg
T1	20 kg	0Kg	0Kg	0Kg	20Kg
T2	20 kg	5Kg	5kg	5kg	25 kg
T3	20 kg	10kg	10kg	10kg	30 kg
T4	20 kg	15kg	15kg	15kg	35 kg
T5	20 kg	20kg	20kg	20kg	40 kg

3.6.1.ANOVA de un solo factor

El diseño estadístico que se empleó para la investigación fue el análisis de varianza de un solo factor (ANOVA de un solo factor), donde K es la población se seleccionada aleatoriamente de tamaño n . las poblaciones diferentes se clasificaran con base en criterio único, como tratamiento o grupos diferentes. En la actualidad, el termino tratamiento se utiliza por lo general para designar las diversas clasificaciones, ya sean diferentes agregados, analistas, fertilizadores o regiones del país (Walpole, Myers, y Myers, 2007).

a) Suposiciones e hipótesis del ANOVA de un solo factor

Se supone que las K poblaciones son independientes y están distribuidas en forma normal con medias $\mu_1, \mu_2 \dots \mu_5$ y varianza común σ^2 . Estas suposiciones son más

aceptables mediante la aleatoriedad. Se desean obtener métodos adecuados para probar las hipótesis.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

H_1 : Al menos dos de las medias no son iguales.

b) Modelo de ANOVA para un solo factor

Cada observación puede escribirse en la forma.

$$Y_{ij} = \mu_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde ε_{ij} mide la desviación que tiene la observación j -ésima de la i -ésima muestra, con respecto de la media del tratamiento correspondiente. El término ε_{ij} representa el error aleatorio y juega el mismo papel que los términos de error en los modelos de regresión. Una forma alternativa y preferible de esta ecuación se obtiene al sustituir

$\mu_1 = \mu + \alpha$, sujeta a la restricción $\sum_{i=1}^K \alpha_i = 0$. Por lo tanto, se escribe

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde μ tan sólo es la media global de toda las μ_i es decir

$$\mu = \sum_{i=1}^K \mu_i$$

Y α_i se denomina el efecto del i -ésimo tratamiento.

Tabla 14. *K* muestras aleatorias

Tratamiento:	1	2	3	4	5
	y_{11}	y_{21}	y_{31}	y_{41}	y_{51}
	y_{12}	y_{22}	y_{32}	y_{42}	y_{52}
	y_{13}	y_{23}	y_{33}	y_{43}	y_{53}
Total	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5
Media	\bar{y}_1	\bar{y}_2	\bar{y}_3	\bar{y}_4	\bar{y}_5

La prueba de la hipótesis nula de que k medias poblacionales son iguales, contra la alternativa de que al menos dos de las medias son distintas, ahora puede reemplazarse por las hipótesis equivalentes (Walpole et al. 2007).

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 0,$$

H_0 : Al menos uno de las α_1 no son igual a cero.

De la misma forma cada pila tuvo una distancia entre ellas es de 1m figura N°21.

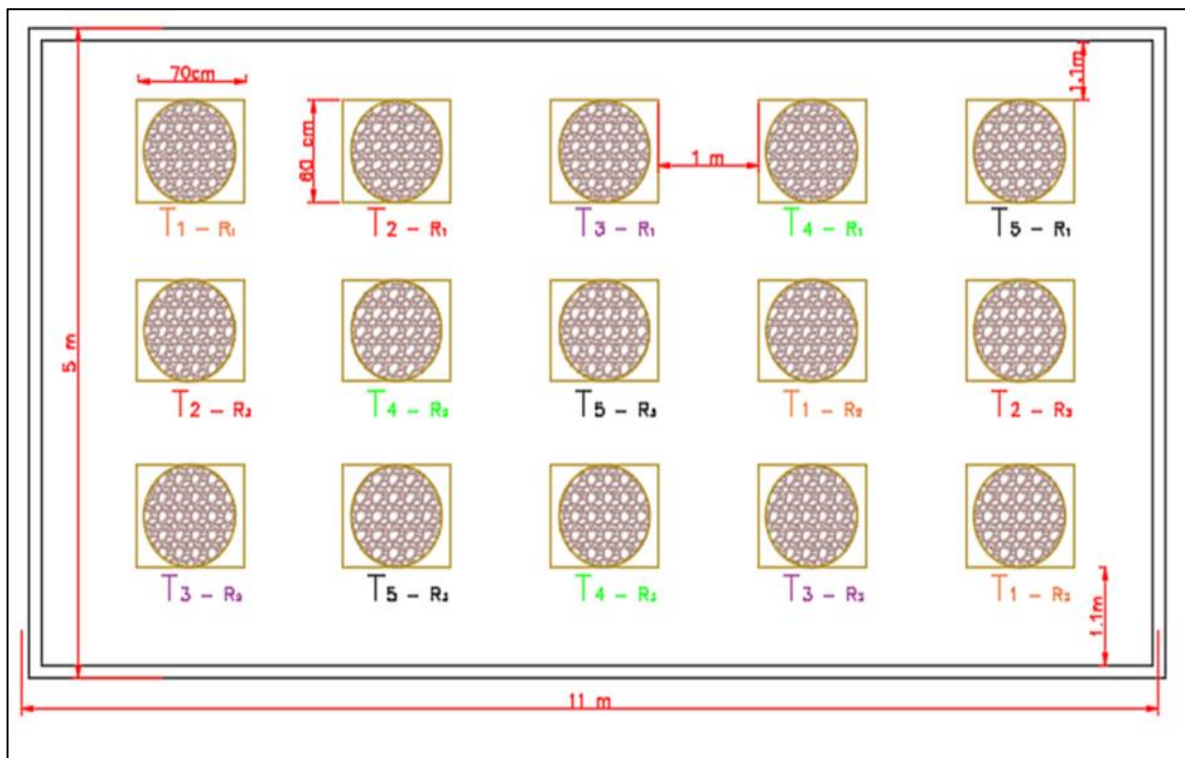


Figura 21. Unidad Experimental para el proceso de investigación del proceso de compostaje.

3.7. Análisis Estadístico

Los resultados recogidos, se examinaron mediante el software de estadística versión 13.4. Al tener la totalidad de los datos se contrastará su distribución normal mediante la prueba de Shapiro-Wilk, ya que esta es utilizada para comprobar si las muestras han sido extraídas de una población normal, asimismo en esta prueba los parámetros a trabajar son la media y la desviación estándar Típica, lo cual dicha prueba es aplicada para muestras menores a 50 individuos ($n < 50$). Seguidamente se realizó la comparación de medias

mediante la prueba de t-Student para muestras independientes agrupadas. utilizando el software estadística versión 13.4.

- Análisis con la Prueba estadística t-Student.

Hipótesis de diferencias de medias:

H₀: No existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos en la elaboración de compost con cascara de mazorca de cacao (CMC) con diferentes dosis de cuyaza.

H_a: Existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos en la elaboración de compost con CMC con diferentes dosis de cuyaza.

La hipótesis se resume estadísticamente para comprobar las diferencias entre las medias:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

H_a: Al menos dos de las medias son diferentes

La estadística de prueba mediante las suposiciones se da a continuación:

$$\frac{X_d}{S_d/\sqrt{n}} \Rightarrow X_d = \sum_1^n \frac{X_{i1} - X_{i2}}{n}$$
$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_1^n (d_1 - X_d)^2}{n - 1}}$$

Donde:

X_d = Media aritmética de las diferencias

S_d = Desviación estándar de las diferencias

n = Número de sujetos de la muestra

Distribución de la estadística de prueba:

La estadística t-Student de la prueba está considerando:

$n - 1$ grados de libertad

$1 - \alpha$ de probabilidad.

La H₀, se detalla a continuación; se rechaza la H₀ si el p-Valor calculado (sig.) es menor que el p-Valor (0.05), lo cual indica que existe una diferencia significativa entre los

tratamientos de la elaboración de compost con CMC y con diferentes dosis de cuyaza. Pero si se acepta la H0, indica que no existe diferencias significativas entre los tratamientos de la elaboración de compost con CMC y con diferentes dosis de cuyaza.

Rechazar la H0, sig. < α (0.05)

Aceptar la H0, sig. > α (0.05)

- a) **Rendimiento después del proceso de compostaje:** Con los valores de peso de los residuos orgánicos (peso Inicial) y compost (peso final) respectivamente, se obtuvo una relación matemática para establecer la conversión de materia orgánica en compost que se produjo en cada unidad experimental.

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso Inicial}}{\text{Peso Final}} * 100$$

- b) **Costos del proceso de compostaje mediante el sistema pilas con volteo:**

Se llegó a calcular por medio de registros durante el desarrollo de la investigación y en base al mejor tratamiento en cuanto a contenido de macronutrientes.

3.8. Matriz de consistencia

Tabla 15. *Matriz de consistencia del trabajo de investigación*

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.1. Análisis de los parámetros evaluados durante el proceso de compostaje

Los gráficos presentados corresponden a las evaluaciones periódicas que se realizó a los tratamientos durante el proceso de compostaje a base de cáscara de mazorca de cacao y cuyaza, en lo cual se evaluó parámetros de campo como pH, temperatura y humedad. El proceso se inició el 27 de octubre y finalizó el 11 de enero es decir una duración de 76 días de medición.

a) La temperatura

Moreno y Moral (2008) el aumento de la temperatura representa muy bien el proceso de compostaje, se ha comprobado que pequeñísimas variaciones de temperatura afectan más a la acción microbiana que cambios de humedad, pH o C/N.

Según Thivierge y Seito (2005), la temperatura es un factor que mejor indica el proceso de descomposición de la materia orgánica. El incremento de esta cumple dos funciones muy importantes: Acelera el proceso de descomposición y elimina las poblaciones de microorganismos patogénicos existentes en el proceso.

En el presente estudio la temperatura se evaluó cada 4 días, con la finalidad de determinar el momento en el cual se daba inicio la etapa de cada proceso. De la Figura 22 se observa que en la primera medición (día 0) las temperaturas obtienen valores entre 31°C-33°C. Pasado los cuatro primeros días la temperatura habían ascendido, obteniendo la mayor temperatura en el tratamiento 5 (20 kg CMC+20 kg de cuyaza) de 48°C, siendo esta su máxima alza durante todo el proceso del compostaje e iniciando la fase Termofílica, lo cual dura unas 3 semanas (día 4, 8,12). Iniciado la quinta semana (día 20) la temperatura empezó a descender a 31 °C en el tratamiento 1 y 2 y 37°C -41°C en el T3,T4,T5 respectivamente dando inicio a la fase de enfriamiento obteniendo en el T5 la

temperatura máxima en esta etapa, lo cual tiene una duración hasta el día 40, donde el material empieza la etapa de maduración e inician el descenso hasta llegar a una temperatura de 29°C - 27°C en el T1, T2 y entre 31°C -32°C en el T3, T4 y T5 durante toda la fase de maduración y su posterior cosecha del producto donde la T°C llegó a los 27°C en su etapa final.(Ver anexo 1). Los descensos abruptos presentados durante el proceso se deben a la humectación y volteo en las pilas.

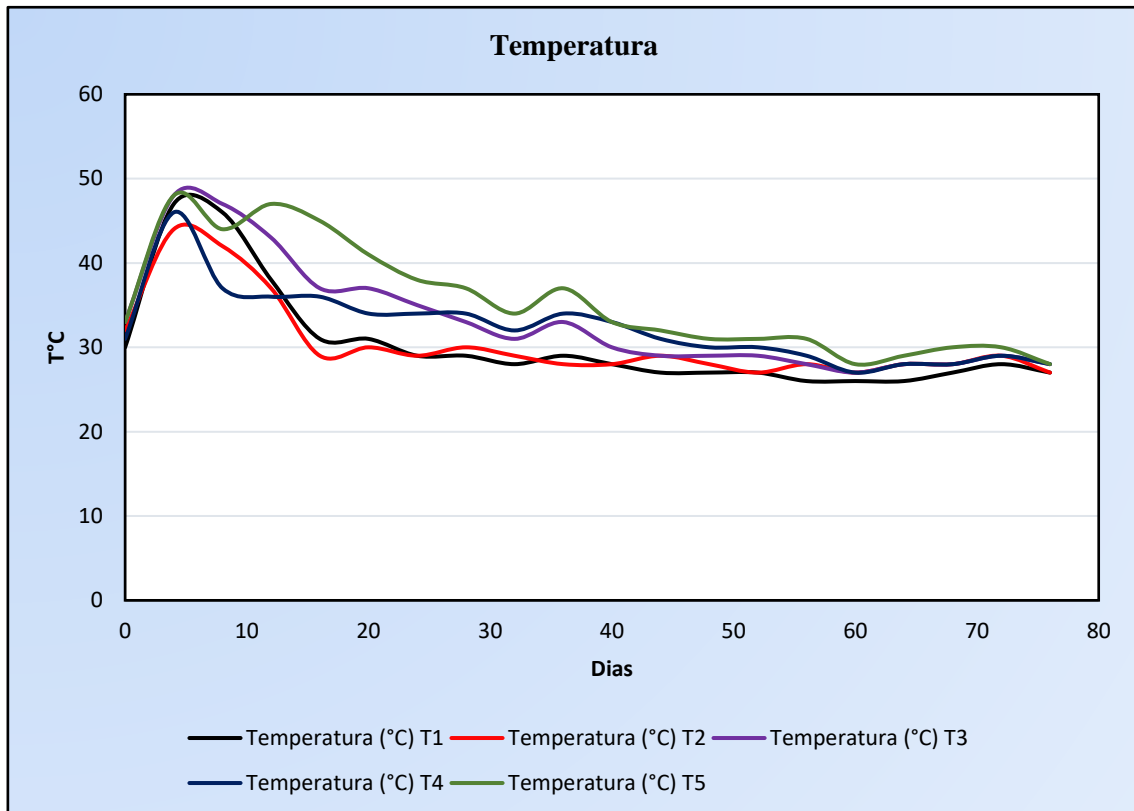


Figura 22..Gráfica de la temperatura en los 5 tratamientos durante el proceso del compostaje

Según Navarro (2006) cuando el material se está compostando pasa por un ciclo de temperaturas que es ocasionado por la actividad microbiológica. Al inicio la pila aumenta rápidamente la temperatura por el compostaje de los materiales que se degradan más fácilmente, se mantiene así por un corto tiempo y luego comienza a enfriarse y estabilizarse.

Cabe destacar, que una subida de temperatura sobre los 55°C que se mantenga durante los tres primeros días produce un efecto de reducción de microorganismos patógenos, lo cual no sucedió en el proceso (NCh2880.of2005).

Asimismo, para Navarro (2006) menciona que es deseable alcanzar temperaturas termófilas entre (40°C y 93°C) ya que se necesitan altas temperaturas para destruir patógenos que se encuentren en la pila, por cual dicho enunciado si cumpliría con la temperatura alcanzada en las primeras semanas durante el proceso de compostaje.

A partir de la evaluación realizada a los 40 días, la temperatura empieza a disminuir. Esto debido a que los montículos con las diferentes mezclas iban disminuyendo el volumen de las pilas, asimismo después de la fase termófila, la temperatura comienza a bajar y trituradores como (insectos, crustáceos y lombrices) van a desmenuzar los materiales orgánicos, luego los hongos se encargan de fabricar el humus a partir de las celulosas y ligninas (cada grupo de microorganismos realiza su actividad en una temperatura dada: mesófilicos de 16°C a 45°C, termófilicos de 45°C a 70°C). En el caso de este estudio el grupo de los mesófilicos fue favorecido por las condiciones dadas para la descomposición de la materia orgánica para obtener materia y energía y en su actividad emitan calor.

Asimismo, se evidencia con la gráfica que el volumen del material y la altura de la pila, las condiciones ambientales y el tipo de adición de aire a la pila, ya sea con volteos o con aire a presión ayudan a mantener las proporciones óptimas de temperatura para la obtención de un buen compost (Ekinci y col, 2004). En el caso del experimento según las gráficas mostradas influyo mucho el factor volumen y altura de la pila, ya que se trabajaron con proporciones experimentales de material de menor cantidad, esto se evidencia con la temperatura mínima alcanzada en el tratamiento 1, obteniendo una temperatura de 25°C en el cual se utilizó solo 20 kg de cascara de mazorca de cacao.

De la misma forma en la investigación los valores de la temperatura no supero el rango de 55°C. Lo cual lo recomiendan algunos autores. Según Dalzell et al (1991) el factor temperatura -tiempo es el factor más importante de la causa de la muerte de patógenos, por encima de un nivel de temperatura, una temperatura alcanzada por un corto tiempo o una temperatura más baja por un periodo más largo puede tener el mismo efecto en la muerte de los microorganismos patógenos. Esto es corroborado con el estudio donde se alcanzó temperaturas que llegaron a 48°C por corto tiempo y luego descendieron y mantuvieron la temperatura de esta forma estabilizando el material, lo cual tuvo una duración total de 76 días, aproximadamente 2 meses y medio.

Asimismo, en la figura 23 el coeficiente de variabilidad(S) es de 4,34 % lo cual nos indican que existe homogeneidad en los resultados de la temperatura al estar dentro del rango aceptable para trabajo en campo (0 – 20%), según (Calzada, 1970).

En la tabla 16 se observa el análisis de regresión cubica donde el valor-p=0.002, que por ser menor al nivel de significancia $\alpha=5\%$ significa que el modelo de regresión $GR1(X) = 40.20 - 0.3526 * x - 0.00110 * x.^2 + 0.000049 x.^3$ con tres grados de libertad es significativo y contribuye en un 58.7% de efectividad de los datos con el modelo empleado, encontrándose dentro del rango de aceptación para trabajos experimentales.

Tabla 16. *Análisis de regresión de la temperatura T1*

Fuente	GL	SC	MC	F	Valor-P
Regresión	3	428.920	142.973	7.59	0.002
Error	16	301.363	18.835		
Total	19	730.283			

S = 4.33995 R-Sq = 58.7% R-Sq(adj) = 51.0%

Modelo GR1 (X) 1

$$GR(X) = 40.20 - 0.3526 * x - 0.00110 * x.^2 + 0.000049 * x.^3$$

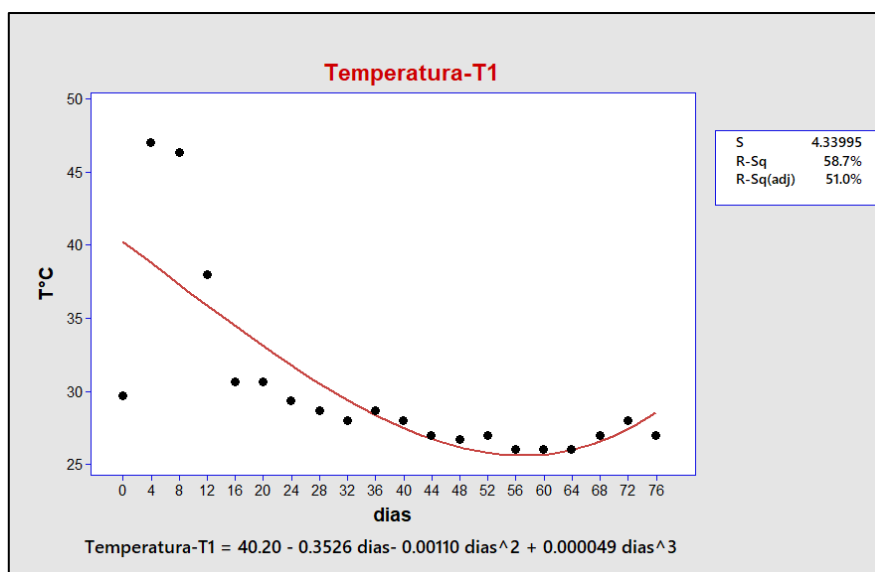


Figura 23..Gráfica de dispersión temperatura vs días Tratamiento 1

En la tabla 17 se observa el análisis de regresión cubica de la temperatura T2 el valor-p=0.001, que por ser menor al nivel de significancia $\alpha=5\%$ significa que el modelo de regresión $GR2(x) = 39.42 - 0.4576x + 0.004531x^2 - 0.000005x^3 + 0.000005x^3$ con tres grados de libertad es significativo y contribuye en un 61.6 % de efectividad de los datos con el modelo empleado, encontrándose dentro del rango de aceptación para trabajos experimentales.

Asimismo, en la figura 24 el coeficiente de variabilidad(S) es de 3,31 % lo cual nos indican que existe homogeneidad en los resultados de la temperatura T2 al estar dentro del rango aceptable para trabajos en campo (0 – 20%), según (Calzada,1970).

Tabla 17. Análisis de regresión de la temperatura T2

Fuente	GL	SC	MC	F	Valor-P
Regresión	3	280.878	93.6260	8.54	0.001
Error	16	175.405	10.9628		
Total	19	456.283			

$$S = 3.31102 \quad R-Sq = 61.6\% \quad R-Sq (adj) = 54.3\%$$

Modelo GR(x) 2

$$GR(x) = 39.42 - 0.4576x + 0.004531x^2 - 0.000005x^3 + 0.000005x^3$$

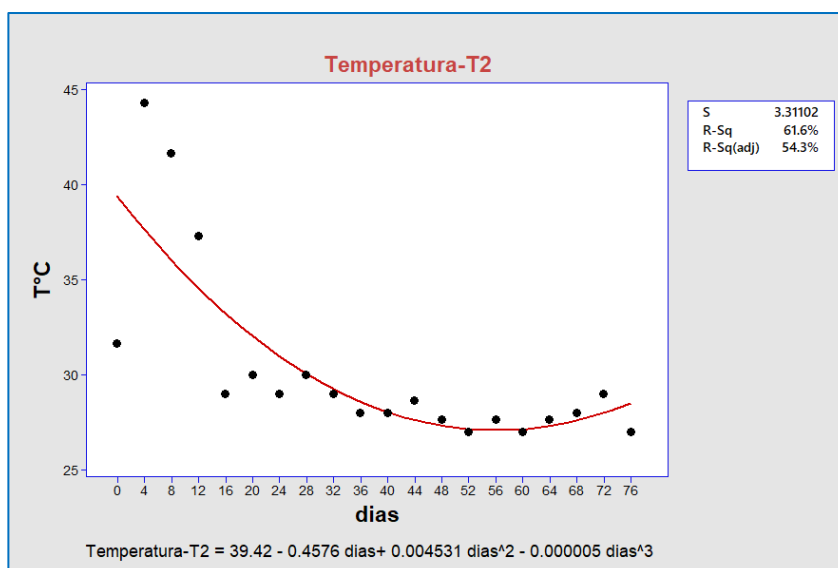


Figura 24. Gráfica de dispersión entre la temperatura vs días Tratamiento 2

En la tabla N°18 se observa que el valor-p=0.000, que por ser menor al nivel de significancia $\alpha=5\%$ significa que el modelo de regresión GR 3 $(x)=41.59+0.0210*x-0.01283*x.^2+0.000139*x.^3$ con tres grados de libertad es significativo y contribuye en un 74.4 % de efectividad de los datos con el modelo empleado, encontrándose dentro del rango de aceptación para trabajos experimentales.

Asimismo, en la figura 25 el coeficiente de variabilidad(S) es de 3,54 % lo cual nos indican que existe homogeneidad en los resultados de la temperatura T3 al estar dentro del rango aceptable para trabajos en campo (0 – 20%) (Calzada, 1970).

Tabla 18. Análisis de regresión de la Temperatura T3

Fuente	GL	SC	MC	F	Valor-P
Regresión	3	583.608	194.536	15.48	0.000
Error	16	201.120	12.570		
Total	19	784.728			

$$S = 3.54542 \quad R-Sq = 74.4\% \quad R-Sq(adj) = 69.6\%$$

Modelo GR3 (x) 3

$$GR(x) = 41.59 + 0.0210 * x - 0.01283 * x.^2 + 0.000139 * x.^3$$

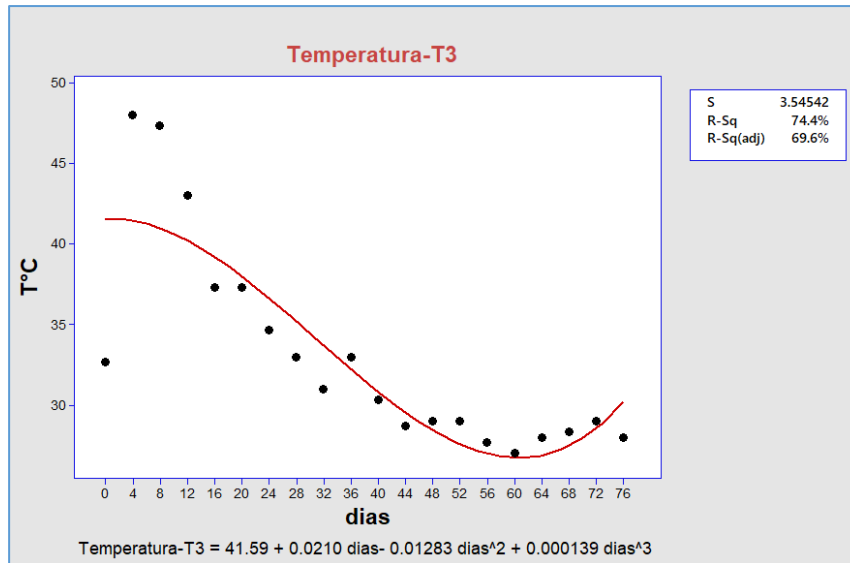


Figura 25. Gráfica de dispersión entre la temperatura vs días Tratamiento 3

En la tabla N°19 se observa que el valor-p=0.001, que por ser menor al nivel de significancia $\alpha=5\%$ significa que el modelo de regresión $GR\ 4(x) = 36.79 + 0.0861 * x - 0.008296 * x.^2 + 0.000075 * x.^3$ con tres grados de libertad es significativo y contribuye en un 65.9% de efectividad de los datos con el modelo empleado, encontrándose dentro del rango de aceptación para trabajos experimentales.

Asimismo, en la figura N°26 el coeficiente de variabilidad(S) es de 2.77 % lo cual nos indican que existe homogeneidad en los resultados de la temperatura del T4 al estar dentro del rango aceptable para trabajo en campo (0 – 20%) (Calzada,1970).

Tabla 19. Análisis de regresión de la Temperatura T4

Fuente	GL	SC	MC	F	Valor-P
Regresión	3	238.558	79.5192	10.33	0.001
Error	16	123.198	7.6999		
Total	19	361.756			

$$S = 2.77486 \quad R-Sq = 65.9\% \quad R-Sq(adj) = 59.6\%$$

Modelo GR 4 (x) 4

$$GR(x) = 36.79 + 0.0861 * x - 0.008296 * x.^2 + 0.000075 * x.^3$$

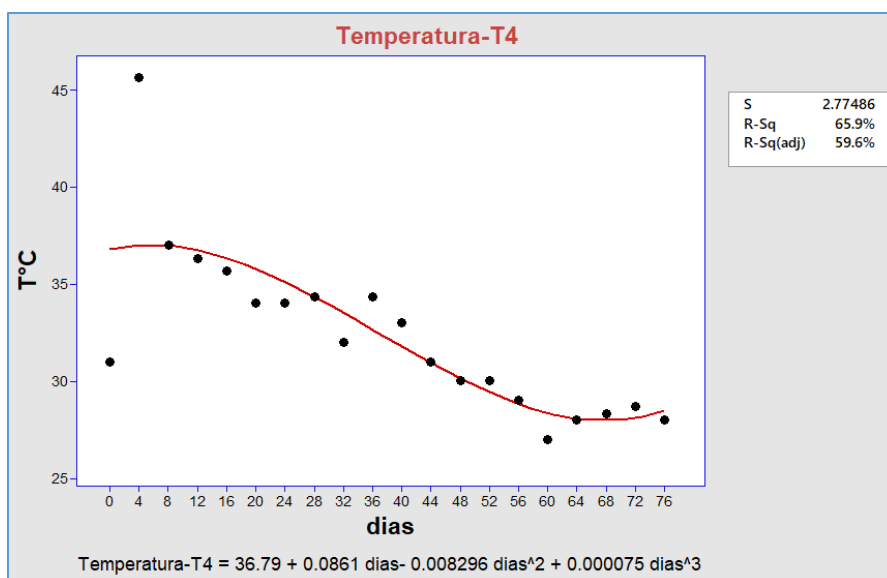


Figura 26. Gráfica de dispersión entre la temperatura vs días Tratamiento 4

En la tabla N°20 se observa que el valor-p=0.000, que por ser menor al nivel de significancia $\alpha=5\%$ significa que el modelo de regresión GR5 $(x) = 40.27+0.4212*x-0.02226*x.^2+0.000198*x.^3$ con tres grados de libertad es significativo y contribuye en un 79.9% de efectividad de los datos con el modelo empleado, encontrándose dentro del rango de aceptación para trabajos experimentales.

Asimismo, en la n la figura N°27 el coeficiente de variabilidad(S) es de 3,056 % lo cual nos indican que existe homogeneidad en los resultados de la temperatura al estar dentro del rango aceptable para trabajo en campo (0 – 20%) (Calzada,1970).

Tabla 20. Análisis de regresión de la Temperatura T5

Fuente	GL	SC	MC	F	Valor-P
Regresión	3	593.691	197.897	21.18	0.000
Error	16	149.481	9.343		
Total	19	743.175			

$$S = 3.05656 \quad R\text{-Sq} = 79.9\% \quad R\text{-Sq}(\text{adj}) = 76.1\%$$

Modelo GR5 (x) 5

$$GR(x) = 40.27 + 0.4212 * x - 0.02226 * x.^2 + 0.000198 * x.^3$$

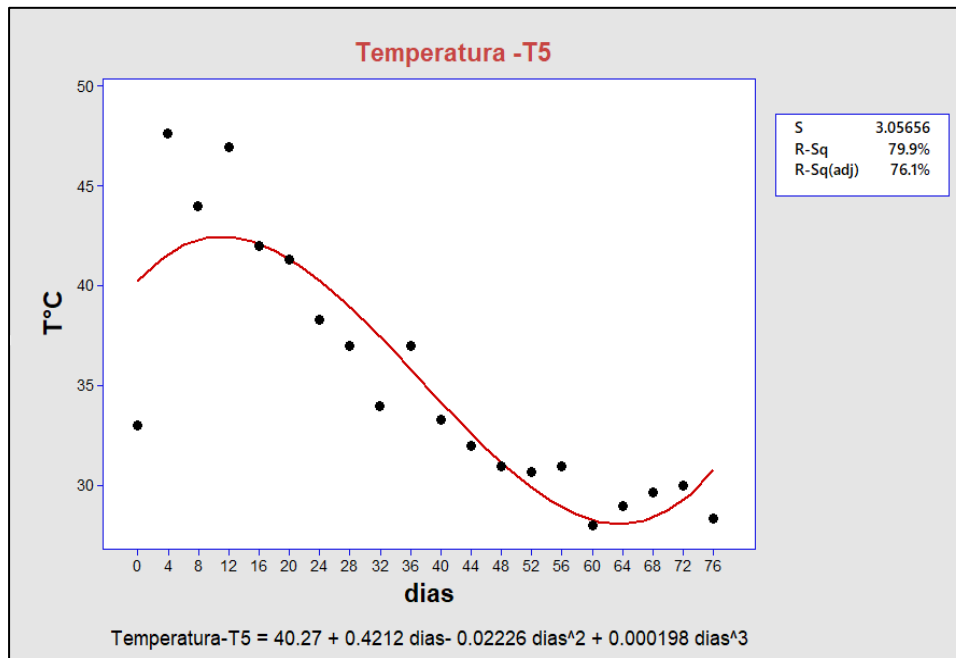


Figura 27. Gráfica de dispersión entre la temperatura vs días Tratamiento 5.

Tabla 21. Resumen del análisis de regresión de la Temperatura durante el proceso de compostaje

Variable	Tratamiento (dosis de cuyaza)	p-Valor	Nivel de Significancia
Temperatura	T1 (0 kg)	0.002	<0.05
	T2(5 kg)	0.001	<0.05
	T3(10 kg)	0.000	<0.05
	T4(15 kg)	0.001	<0.05
	T5(20 kg)	0.000	<0.05

En la tabla 21, se presentan el resumen de los resultados del análisis de regresión realizada a cada tratamiento con respecto a la temperatura, de lo cual con la prueba estadística se halló un *p valor* que se encontraba en un rango de “p=0.000-0.002” siendo menor al *p-valor* de la prueba estadística “P >0.05” lo que indica que por ser menor al nivel de significancia $\alpha=5\%$ significa que el modelo de regresión ya antes mencionado con tres grados de libertad es significativo y contribuye a la buena efectividad de los datos con el modelo empleado, encontrándose dentro del rango de aceptación para

trabajos experimentales. Por lo cual el T3 y el T5 fueron altamente significativos dentro los resultados dados los cuales se adecua más al modelo empleado.

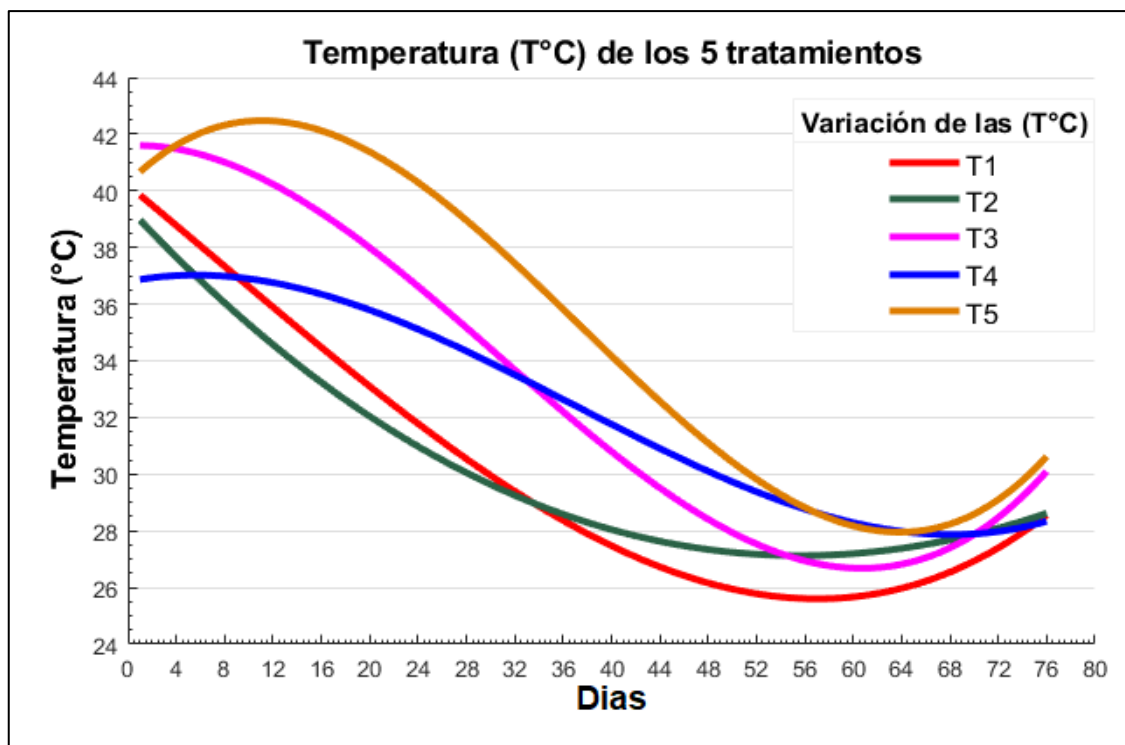


Figura 28. Comportamiento de la Temperatura para 5 los tratamientos datos ajustados a la curva de regresión.

En la figura 28 se observan los datos reajustados al modelo de regresión, en el cual complementan lo anteriormente mencionado, el tratamiento 5 reajustado al modelo GR5 (x) tiene una temperatura máxima de 43°C siendo este el tratamiento más significativo que más se ajusta al modelo. Asimismo, esto se debió a la cantidad de material que se utilizó lo cual fue mayor a los demás tratamientos, lo que favoreció al tratamiento del material y a mantener la Temperatura, favoreciendo a la mayor actividad de microorganismos como bacterias, hongos, etc. Según Meléndez y Soto (2003), el 10% de la descomposición es realizado por bacterias, y del 10-30% es realizado por actinomicetos.

Se concluye que existen diferencias significativas entre los tratamientos. Así mismo el T5 donde se empleó mayor cantidad de cuyaza favoreció a que allá mayor

actividad de microorganismos los cuales ayudaron a obtener temperaturas más altas que las demás mezclas. Se recomienda hacer pilas con mayor altura (1.5m) para llegar a la temperatura adecuada.

b)La humedad

Los valores de la humedad para que pueda darse una fermentación aerobia están entre el 30% y 70%, siempre que se asegure una buena aireación. En la práctica se deben evitar valores altos, pues desplazaría el aire de los espacios entre partículas del residuo y el proceso.

Según Castillo *et al* (2002) el punto óptimo de humedad que se necesita para conseguir la eficiencia máxima para la obtención de un buen compost es que se encuentra entre 50 y 65% durante el primer mes de medición del compostaje.

De la misma forma el contenido de humedad durante el proceso de compostaje, tiende a disminuir, dependiendo de la frecuencia del volteo y de las condiciones climáticas (Catie, 2005).

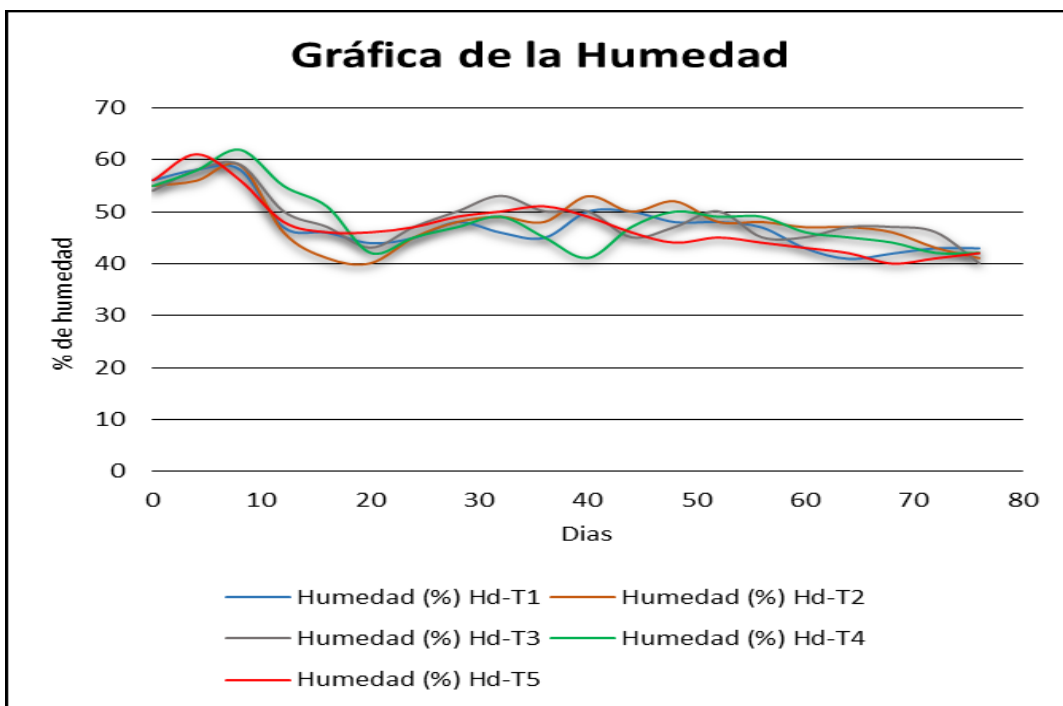


Figura 29. Gráfica del contenido de humedad durante el proceso de compostaje

En la figura 29 respecto al contenido de humedad los resultados dados después del monitoreo presentaron los siguientes porcentajes: Al inicio del proceso todos mantuvieron una humedad de 55%-56%, pasados las cuatro primeras fechas el contenido de humedad se mantiene encima del 55% variando mínimo al inicio del proceso, Los T1, T2 y T3 mantuvieron promedio de 57 a 58 % de humedad durante las 4 primeras fechas (hasta el día 16), mientras que los T4 y T5 alcanzaron un 62-63 % de humedad respectivamente. A partir del (día 20), las temperaturas descienden a 41% -46% en los 5 tratamientos estas debido a que en el día 16 el material no necesito un riego en el proceso, por lo cual en el día 20 la humedad había descendido, mejorando su rango mediante el riego. Pasado el día 32 las temperaturas se mantienen más constantes entre 48%-50%, en todos los procesos, ya en el día de la cosecha el porcentaje de humedad se estabilizo a 40%-43%. Manteniendo el mayor porcentaje de humedad el T1. Con 43%. (Ver anexo N°3).

Algunos autores (Haug, 1993; Madejón y col, 2002; Jeris y col, 1973) consideran que una de las variables más importantes en el proceso de compostaje es saber el contenido de humedad del material con la que se realiza el compost, esta ha sido considerada como un importante criterio para la optimización del compostaje. Durante el proceso del compostaje se puede observar un buen contenido de humedad del tratamiento T1 (20 kg de CMC) durante todo el proceso de compostaje y un contenido mínimo en el tratamiento T5 (lo cual utilizó 20 kg de CMC y 20 kg de cuyaza) de lo cual indica que la cáscara de mazorca de cacao tiene una gran capacidad de absorción y retención de humedad. Asimismo, en el estudio realizado según Mejía y Arguello (2000), señala que el contenido de humedad de la cáscara de mazorca fresca es de 85% lo que contribuye a lo antes mencionado. También simboliza mayor ahorro de agua en el proceso del compostaje.

Tabla 22.. Análisis de regresión de la Humedad T1

Fuente	GL	SC	MC	F	Valor-P
Regresión	3	332.376	110.792	11.75	0.000
Error	16	150.865	9.429		
Total	19	483.241			

S = 3.07068 R-Sq = 68.8% R-Sq(adj) = 62.9%

Modelo GR6 (x) 6

$$GR(x) = 58.56 - 0.9487x + 0.02383x^2 - 0.000192x^3$$

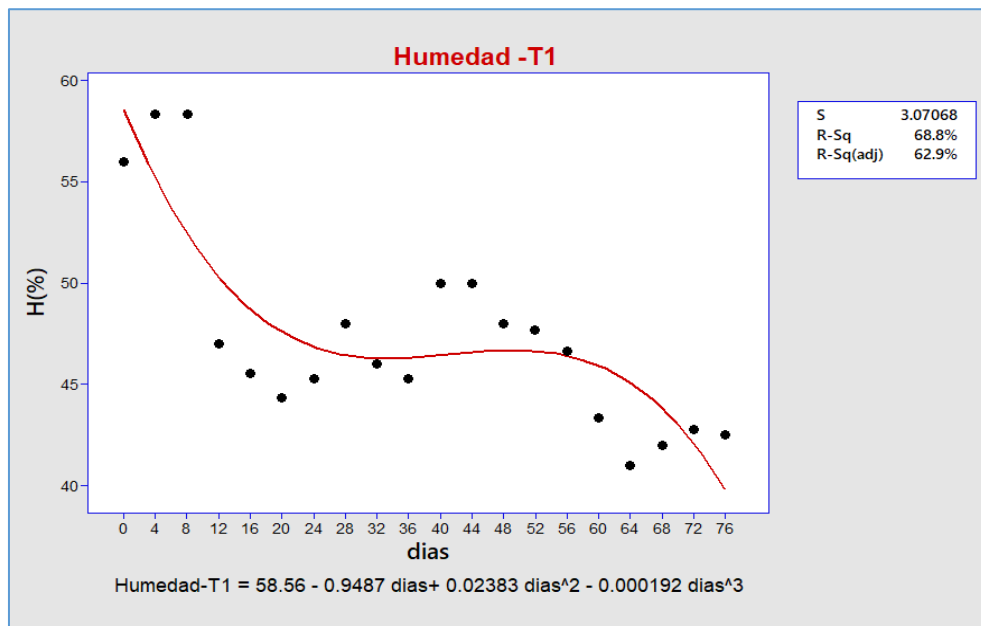


Figura 30. Gráfica de dispersión entre la humedad vs días T1

En la tabla 22 se observa que el valor-p=0.000, que por ser menor al nivel de significancia $\alpha=5\%$ significa que el modelo de regresión GR6 $(x)=58.56-0.9487x+0.02383x.^2-0.000192x.^3$ con tres grados de libertad es significativo y contribuye en un 68.8 % de efectividad de los datos con el modelo empleado, encontrándose dentro del rango de aceptación para trabajos experimentales.

Asimismo, en la figura 32 el coeficiente de variabilidad(S) es de 3,07 % lo cual nos indican que existe homogeneidad en los resultados de la humedad del T1 al estar dentro del rango aceptable para trabajo en campo (0 – 20%) (Calzada, 1970).

Tabla 23. Análisis de regresión de la Humedad T2

Fuente	GL	SC	MC	F	Valor-P
Regresión	3	255.958	85.3193	6.02	0.006
Error	16	226.719	14.1700		
Total	19	482.677			

S = 3.76430 R-Sq = 53.0% R-Sq(adj) = 44.2%

Modelo GR7(X) 7

$$GR(x) = 57.50 - 1.169 * x + 0.03592 * x.^2 - 0.000312 * x.^3$$

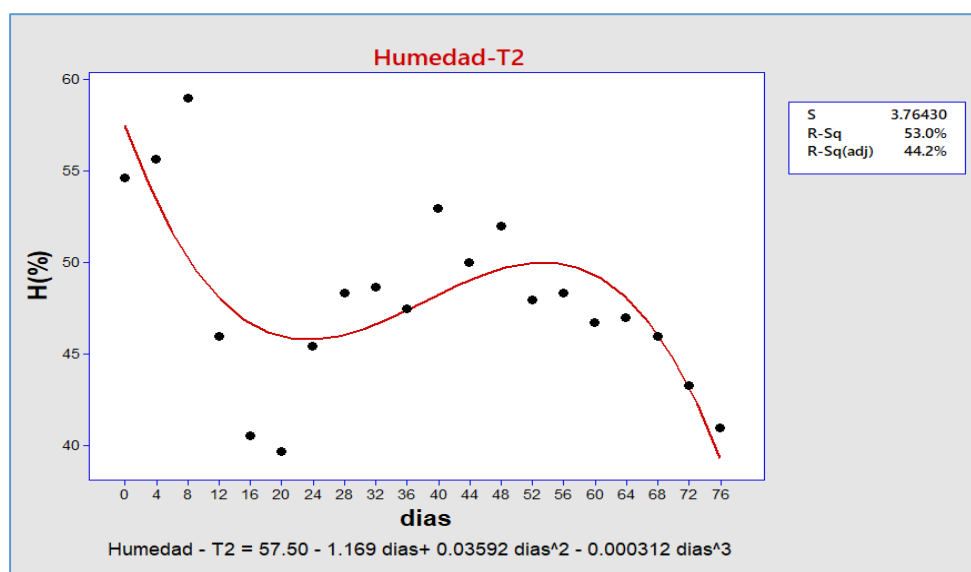


Figura 31. Gráfica de dispersión de la humedad en función de los días T2

En la tabla N°23 se observa que el valor-p=0.006, que por ser menor al nivel de significancia $\alpha=5\%$ significa que el modelo de regresión $GR7(x) = 57.50 - 1.169 * x + 0.03592 * x.^2 - 0.000312 * x.^3$ con tres grados de libertad es significativo y contribuye en un 53.0 % de efectividad de los datos con el modelo empleado, encontrándose dentro del rango de aceptación para trabajos experimentales.

Asimismo, en la figura 33 el coeficiente de variabilidad(S) es de 3,76 % lo cual nos indican que existe homogeneidad en los resultados de la humedad del T2 al estar dentro del rango aceptable para trabajo en campo (0 – 20%). (Calzada,1970).

Tabla 24. Análisis de regresión de la Humedad T3

Fuente	GL	SC	MC	F	Valor-P
Regresión	3	233.588	77.8628	6.59	0.004
Error	16	189.036	11.8147		
Total	19	422.624			

$$S = 3.43726 \quad R\text{-Sq} = 55.3\% \quad R\text{-Sq(aj)} = 46.9$$

Modelo GR8(x) 8

$$GR(x) = 57.42 - 0.7076 * x + 0.01772 * x.^2 - 0.000146 * x.^3$$

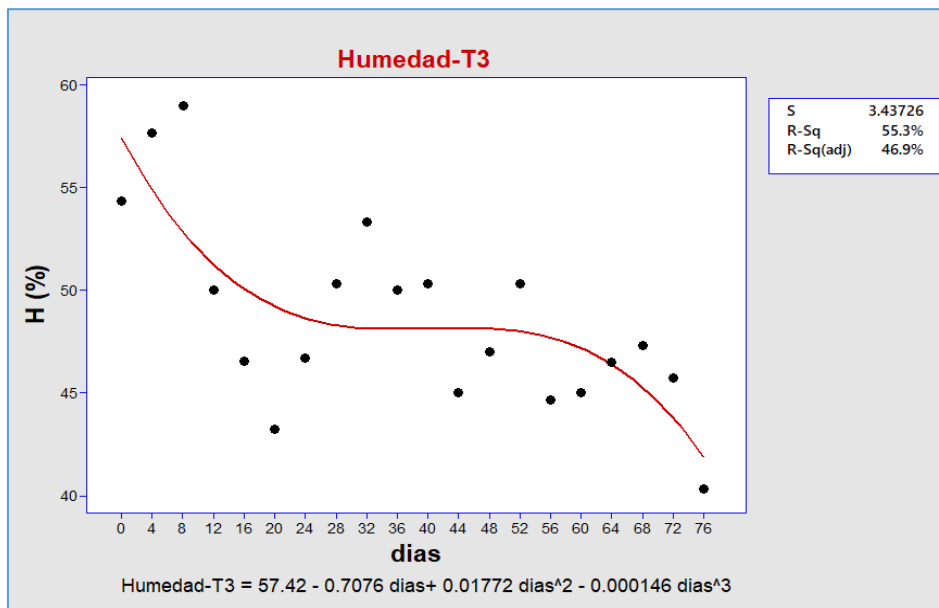


Figura 32. Gráfica de dispersión entre la humedad vs días T3

En la tabla N°24 se observa que el valor-p=0.004, que por ser menor al nivel de significancia $\alpha=5\%$ significa que el modelo de regresión $GR(x) = 57.42 - 0.7076 * x + 0.01772 * x.^2 - 0.000146 * x.^3$ con tres grados de libertad es significativo y contribuye en un 55.3 % de efectividad de los datos con el modelo empleado, encontrándose dentro del rango de aceptación para trabajos experimentales.

Asimismo, en la figura 34 el coeficiente de variabilidad(S) es de 3,43 % lo cual nos indican que existe homogeneidad en los resultados de la humedad del T3 al estar dentro del rango aceptable para trabajo en campo (0 – 20%) (Calzada,1970).

Tabla 25. Análisis de regresión de la Humedad T4

Fuente	GL	SC	MC	F	Valor-P
Regresión	3	398.665	132.888	9.36	0.001
Error	16	227.266	14.204		
Total	19	625.931			

S = 3.76884 R-Sq = 63.7% R-Sq(adj) = 56.9%

Modelo GR 9 (x) 9

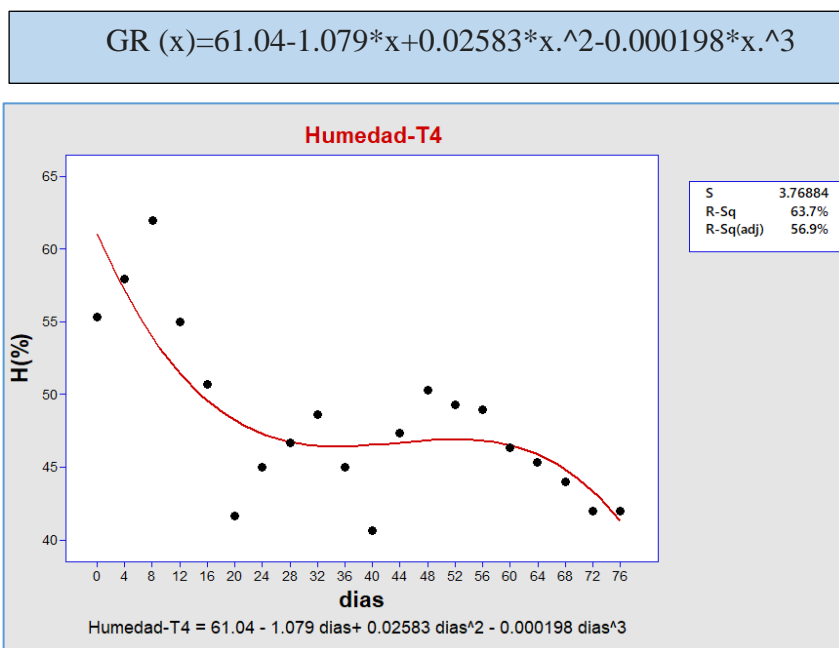


Figura 33. Gráfica de dispersión entre la humedad vs días T4

En la tabla N°25 se observa que el valor-p=0.001, que por ser menor al nivel de significancia $\alpha=5\%$ significa que el modelo de regresión GR9 $(X) = 61.04 - 1.079 * x + 0.02583 * x.^2 - 0.000198 * x.^3$ con tres grados de libertad es significativo y contribuye en un 63.7 % de efectividad de los datos con el modelo empleado, encontrándose dentro del rango de aceptación para trabajos experimentales.

Asimismo, la figura N°33 el coeficiente de variabilidad(S) es de 3,77 % lo cual nos indican que existe homogeneidad en los resultados de la humedad del T4 al estar dentro del rango aceptable para trabajo en campo (0 – 20%) (Calzada, 1970).

Tabla 26. Análisis de regresión de la Humedad T5

Fuente	GL	SC	MC	F	Valor-P
Regresión	3	456.747	152.249	15.31	0.000
Error	16	159.131	9.946		
Total	19	615.879			

S = 3.15368 R-Sq = 74.2% R-Sq(adj) = 69.3%

Modelo GR 10 (x) 10

$$GR(x) = 58.58 - 0.6921 * x + 0.01385 * x.^2 - 0.000106 * x.^3$$

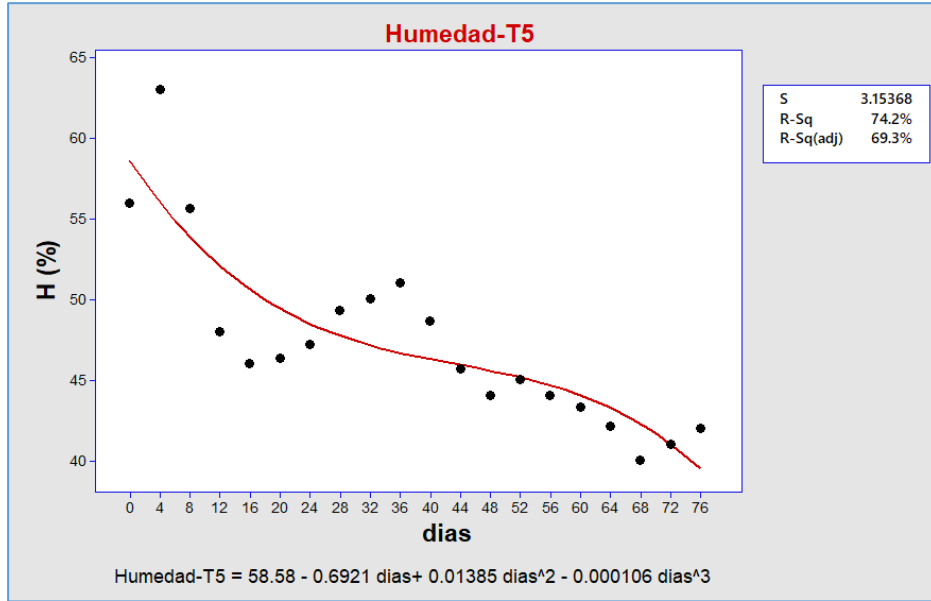


Figura 34. Gráfica de dispersión entre la humedad vs días T5

En la tabla N°26 se observa que el valor-p=0.000, que por ser menor al nivel de significancia $\alpha=5\%$ significa que el modelo de regresión GR10 $(x) = 58.58 - 0.6921 * x + 0.01385 * x.^2 - 0.000106 * x.^3$ con tres grados de libertad es significativo y contribuye en un 74.2 % de efectividad de los datos con el modelo empleado, encontrándose dentro del rango de aceptación para trabajos experimentales.

Asimismo, en la figura 36 el coeficiente de variabilidad(S) es de 3,15% lo cual nos indican que existe homogeneidad en los resultados de la humedad del T5 al estar dentro del rango aceptable para trabajo en campo (0 – 20%) (Calzada ,1970).

Tabla 27. Resumen del análisis de regresión de la humedad durante el proceso de compostaje

Variable	Tratamiento (dosis de cuyaza)	p-Valor	Nivel de Significancia
Humedad	T1 (0 kg)	0.000	<0.05
	T2(5 kg)	0.006	<0.05
	T3(10 kg)	0.004	<0.05
	T4(15 kg)	0.001	<0.05
	T5(20 kg)	0.000	<0.05

En la tabla 27 , se presentan el resumen de los resultados del análisis de regresión realizada a cada tratamiento con respecto a la humedad, de lo cual con la prueba estadística se halló un p valor que se encontraba en un rango de “ $p=0.000-0.006$ ” siendo menor al p-valor de la prueba estadística “ $P >0.05$ ” lo que indica que por ser menor al nivel de significancia $\alpha=5\%$ significa que el modelo de regresión ya antes mencionado con tres grados de libertad es significativo y contribuye a la buena efectividad de los datos con el modelo empleado, encontrándose dentro del rango de aceptación para trabajos experimentales.

Por lo cual el T1 y T5 fueron altamente significativos dentro los resultados dados los cuales se adecua más al modelo empleado.

En la figura 35 se observan los datos reajustados al modelo de regresión, en el cual complementan lo anteriormente mencionado, el T5 con el modelo de regresión de GR10 (x), es el más significativo y por tanto se ajusta mejor al modelo empleado con un porcentaje de efectividad de 74.2%. Asimismo esto se debe a la buena aireación y buen control de contenido de humedad durante la etapa de compostaje; de la misma forma se puede visualizar que también el T1 seguidamente con un porcentaje de efectividad de 68.8% se ajusta al modelo significativamente, por lo que el material utilizado para el proceso fue cascara de mazorca de cacao, siendo este un material fibroso que tiene la

capacidad de absorber y retener la mayor cantidad de agua ayudando de esta forma al proceso de compostaje.

Se concluye que existen diferencias significativas entre los tratamientos. Y que el T1 con contenido 100% de cáscara de mazorca de cacao obtuvo mayor contenido de humedad. Se recomienda medir el contenido de humedad del material a utilizar para el proceso de compostaje.

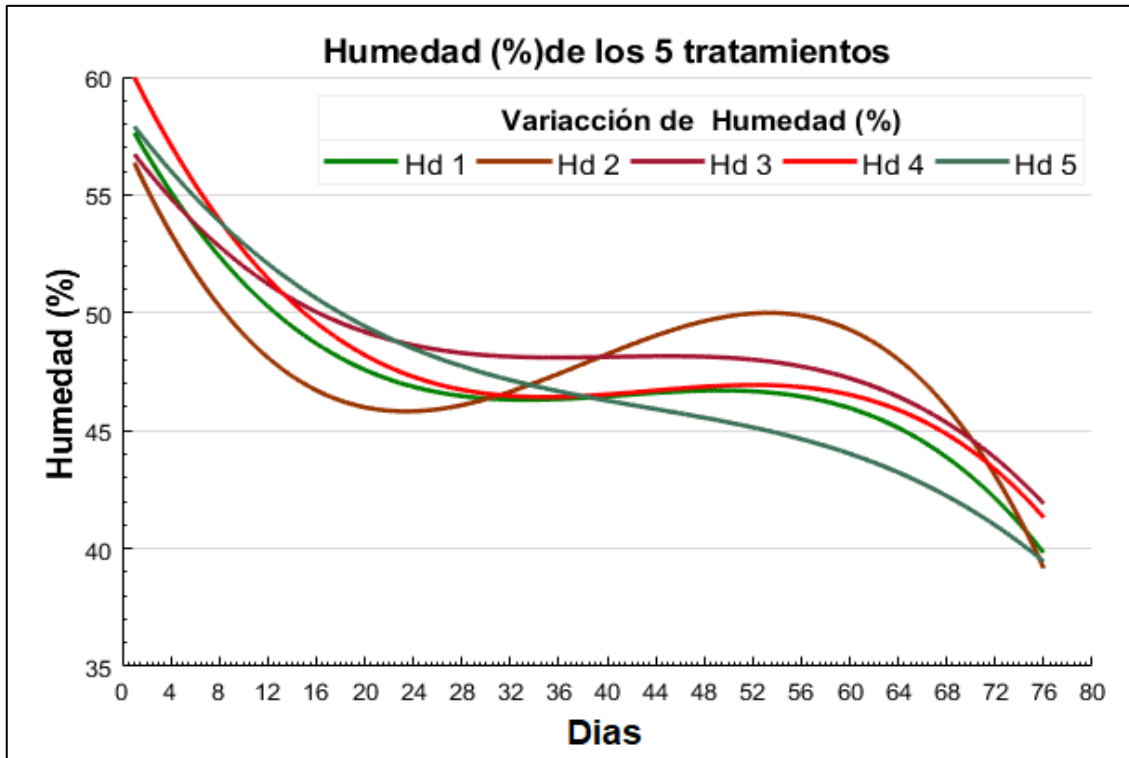


Figura 35. Comportamiento promedio la humedad de los 5 tratamientos datos ajustados a curva de regresión.

c) El pH

Durante todo el proceso de compostaje se puede observar un rango de pH entre 5-8.5. En la etapa mesófila se observa un pH de 5 a 6 durante las 5 primeras semanas, esto debido a la acción de los microorganismos sobre la materia Orgánica, lo que produce una liberación de ácidos orgánicos. Este descenso podría ser más pronunciada en condiciones anaeróbicas, ya que formarían más cantidad de ácidos orgánicos. En la semana 6 (día 18)

el pH se eleva a un pH de 7 a 8 en toda la pila manteniéndose un pH final constante y cercano a 8 para cada uno de las pilas del compostaje. (Ver Anexo 8).

En esta fase tiende a la neutralización debido a la pérdida de los ácidos orgánicos y la generación de amoníaco procedente de la descomposición de las proteínas

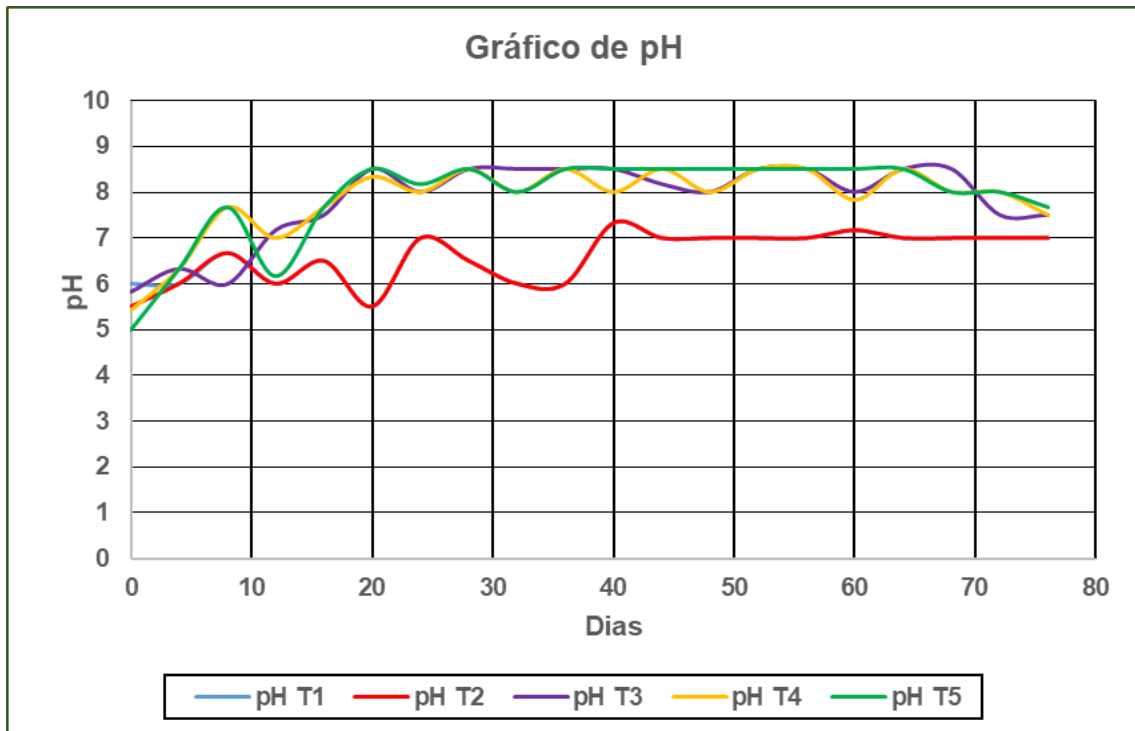


Figura 36. Gráfica del pH durante el proceso de compostaje

Asimismo, la constancia de mantención del pH hasta la etapa final indica que el proceso de compostaje ha mantenido las condiciones aeróbicas. Según Suler y Finstein (1997) si el pH se mantiene por encima de 7.5 durante el proceso de compostaje, esto es síntoma de una buena descomposición, ya que la degradación orgánica se inhibe a pH bajos, de la misma forma de que solo se utilizó cuyaza para la descomposición y no se adicióno cal en el proceso. Para no tener el problema de la alcalinidad o acidez del compost fue importante tener un especial control durante todo el proceso.

Tabla 28. Análisis de Varianza del pH T1

Fuente	GL	SC	MC	F	Valor-P
Regresión	3	2.73542	0.911805	5.66	0.008
Error	16	2.57570	10.9628		
Total	19	5.31111			

S = 0.401224 R-Sq = 51.5% R-Sq(adj) = 42.4%

Modelo GR11 (x) 11

$$GR\ 11(x) = 6.158 - 0.01239 * x + 0.001079 * x.^2 - 0.000010 * x.^3$$

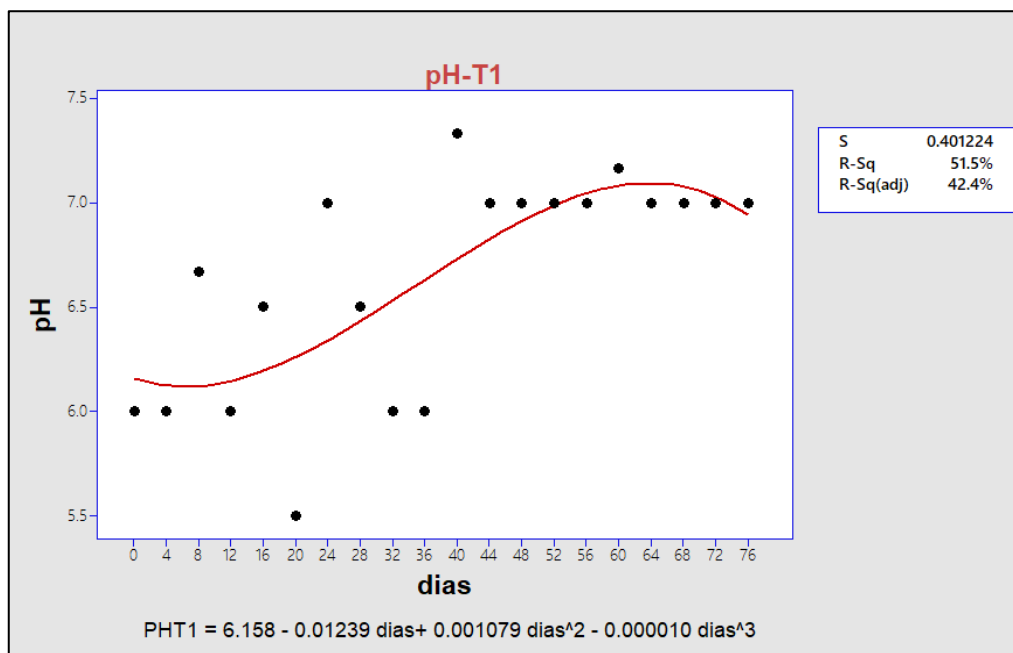


Figura 37. Grafica de dispersión entre el pH vs días T1

En la tabla 28 se observa que el valor-p=0.008, que por ser menor al nivel de significancia $\alpha=5\%$ significa que el modelo de regresión $GR\ 11(x) = 6.158 - 0.01239 * x + 0.001079 * x.^2 - 0.000010 * x.^3$ con tres grados de libertad es significativo y contribuye en un 51.5 % de efectividad de los datos con el modelo empleado, encontrándose dentro del rango de aceptación para trabajos experimentales.

Asimismo, en la figura N°37 el coeficiente de variabilidad(S) es de 0.40 % lo cual nos indican que existe homogeneidad en los resultados del pH T1 al estar dentro del rango aceptable para trabajo en campo (0 – 20%) (Calzada, 1970).

Tabla 29. Análisis de regresión del pH T2

Fuente	GL	SC	MC	F	Valor-P
Regresión	3	3.33911	1.11304	6.26	0.005
Error	16	2.84283	0.17768		
Total	19	6.18194			

S = 0.421518 R-Sq = 54.0% R-Sq(adj) = 45.4%

Modelo GR (x) 12

$$GR(x) = 5.877 + 0.01449 * x + 0.000391 * x.^2 - 0.000005 * x.^3$$

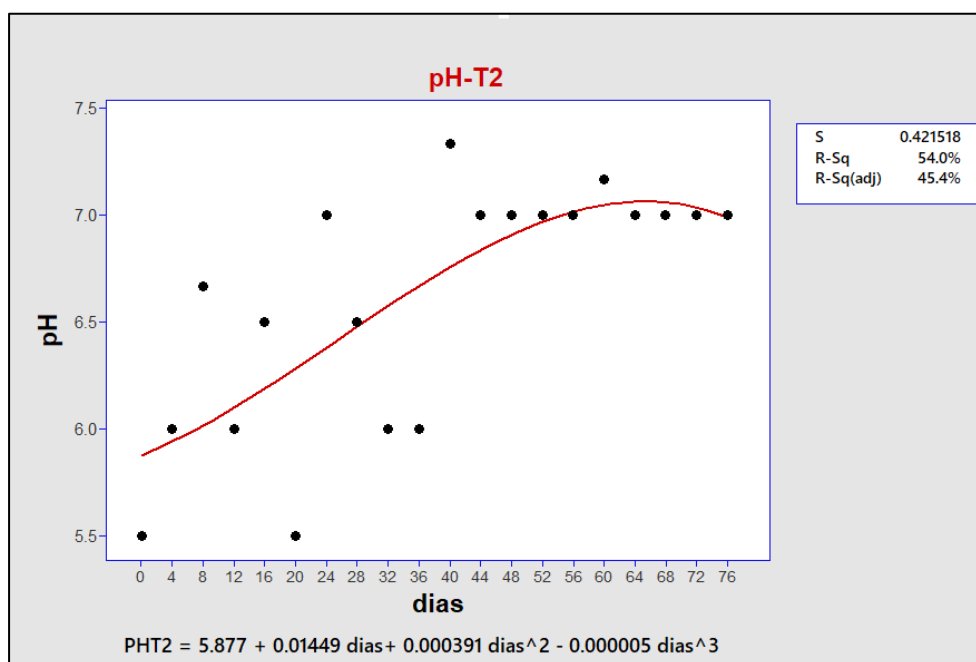


Figura 38. rafica de dispersión entre el pH vs días T2

En la tabla N°29 se observa que el valor-p=0.005, que por ser menor al nivel de significancia $\alpha=5\%$ significa que el modelo de regresión $GR(x) = 5.877 + 0.01449 * x + 0.000391 * x.^2 - 0.000005 * x.^3$ con tres grados de libertad es significativo y contribuye en un 54.0 % de efectividad de los datos con el modelo empleado, encontrándose dentro del rango de aceptación para trabajos experimentales.

Asimismo, en la figura N°40 el coeficiente de variabilidad(S) es de 0.42 % lo cual nos indican que existe homogeneidad en los resultados del pH T2 al estar dentro del rango aceptable para trabajo en campo (0 – 20%) (Calzada, 1970).

Tabla 30. Análisis de Varianza del pH T3

Fuente	GL	SC	MC	F	Valor-P
Regresión	3	12.4559	4.15198	31.25	0.000
Error	16	2.1260	0.13287		
Total	19	14.5819			

S = 0.364520 R-Sq = 85.4% R-Sq(adj) = 82.7%

Modelo GR 13 (x) 13

$$GR\ 3\ (x)\ 5.632+0.1583*x-0.002611*x.^2+0.000012*x.^3$$

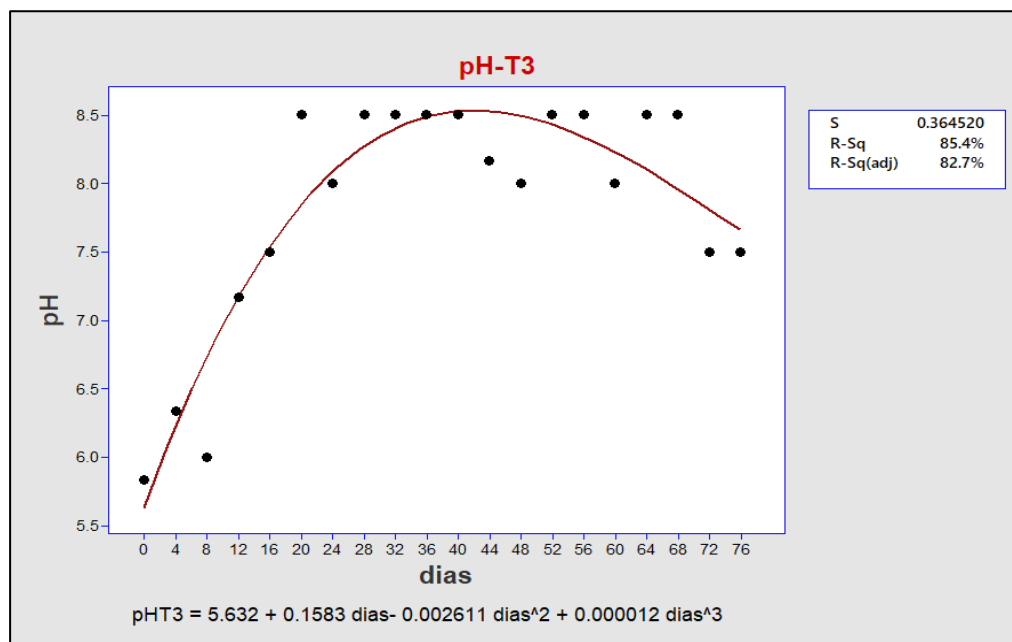


Figura 39. Gráfica de dispersión entre el pH vs días T3

En la tabla N°30 se observa que el valor-p=0.000 , que por ser menor al nivel de significancia $\alpha=5\%$ significa que el modelo de regresión GR 3 (x) $5.632+0.1583*x-0.002611*x.^2+0.000012*x.^3$ con tres grados de libertad es significativo y contribuye en un 85.4 % de efectividad de los datos con el modelo empleado, encontrándose dentro del rango de aceptación para trabajos experimentales.

En la figura 39 el coeficiente de variabilidad(S) es de 0.3645 % lo cual nos indican que existe homogeneidad en los resultados del pH T3 al estar dentro del rango aceptable para trabajo en campo (0 – 20%) (Calzada,1970).

Tabla 31. Análisis de regresión del pH T4

Fuente	GL	SC	MC	F	Valor-P
Regresión	3	9.8707	3.29023	25.27	0.000
Error	16	2.0832	0.13020		
Total	19	11.9539			

S = 0.360837 R-Sq = 82.6% R-Sq(adj) = 79.3%

Modelo GR14(x) 14

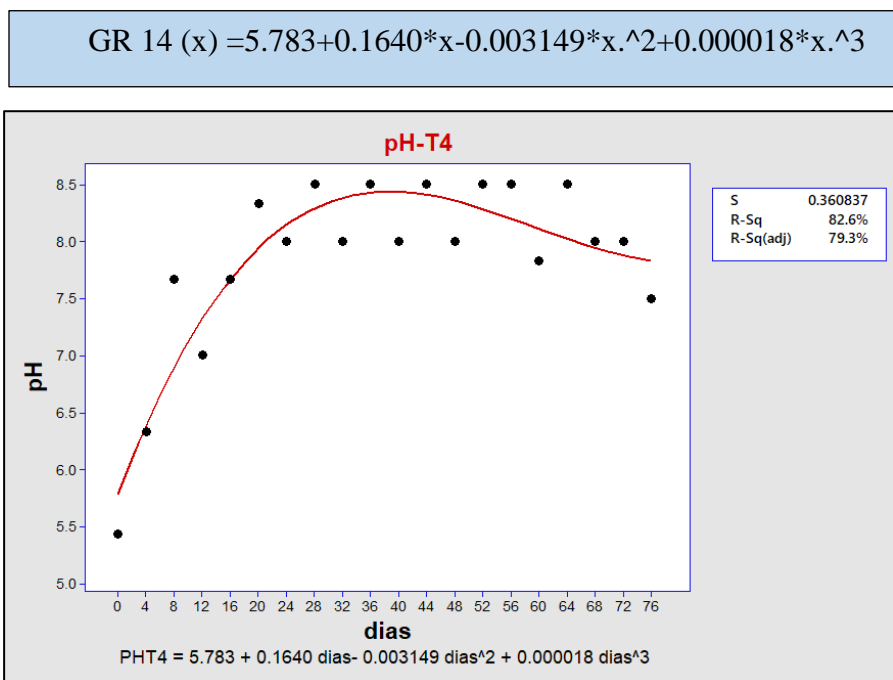


Figura 40. Gráfica de dispersión entre el pH vs días T4

En la tabla N°31 se observa que el valor-p=0.000, que por ser menor al nivel de significancia $\alpha=5\%$ significa que el modelo de regresión $GR(X) 14 = 5.783 + 0.1640 * x - 0.003149 * x.^2 + 0.000018 * x.^3$ con tres grados de libertad es significativo y contribuye en un 82.6 % de efectividad de los datos con el modelo empleado, encontrándose dentro del rango de aceptación para trabajos experimentales.

En la figura N°40 el coeficiente de variabilidad(S) es de 0.368 % lo cual nos indican que existe homogeneidad en los resultados del pH T4 al estar dentro del rango aceptable para trabajo en campo (0 – 20%) (Calzada,1970).

Tabla 32. Análisis de regresión de la pH T5

Fuente	GL	SC	MC	F	Valor-P
Regresión	3	14.6750	4.89168	25.64	0.000
Error	16	3.0527	0.19080		
Total	19	17.7278			

S = 0.436802 R-Sq = 82.8% R-Sq(adj) = 79.6%

Modelo GR(x) 15

$$GR(x) = 5.452 + 0.1797 * x - 0.003154 * x.^2 + 0.000016 * x.^3$$

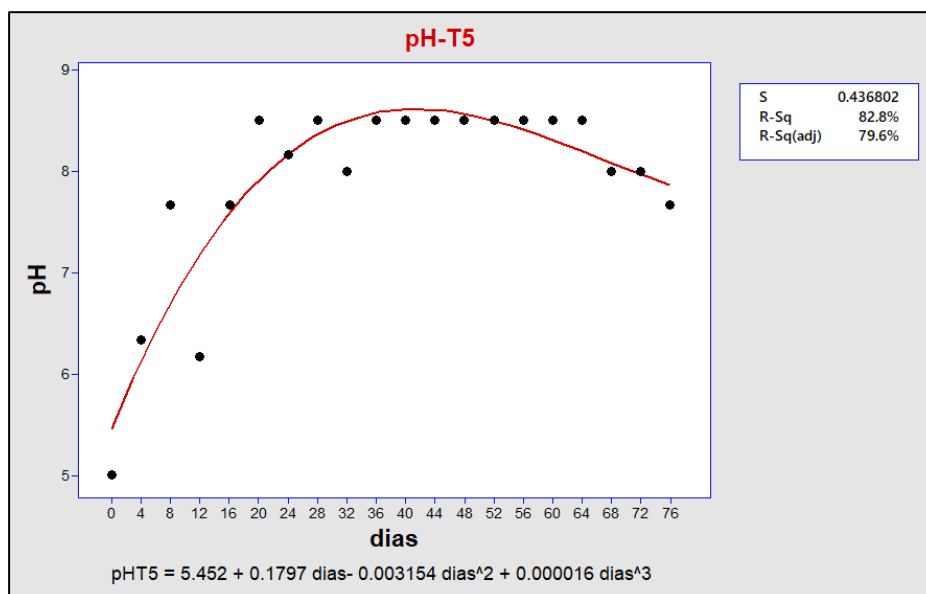


Figura 41. Gráfica de dispersión entre el pH vs días T5

En la tabla N°32 se observa que el valor-p=0.000, que por ser menor al nivel de significancia $\alpha=5\%$ significa que el modelo de regresión $GR(x)15 = 5.452 + 0.1797 * x - 0.003154 * x.^2 + 0.000016 * x.^3$ con tres grados de libertad es significativo y contribuye en un 82.8 % de efectividad de los datos con el modelo empleado, encontrándose dentro del rango de aceptación para trabajos experimentales.

Asimismo, en la figura N°41 el coeficiente de variabilidad(S) es de 0.4368 % lo cual nos indican que existe homogeneidad en los resultados del pH T5 al estar dentro del rango aceptable para trabajo en campo (0 – 20%) (Calzada, 1970).

Tabla 33.Resumen del análisis de regresión del pH durante el proceso de compostaje

Variable	Tratamiento (dosis de cuyaza)	p-Valor	Nivel de Significancia
pH	T1 (0 kg)	0.008	<0.05
	T2(5 kg)	0.005	<0.05
	T3(10 kg)	0.000	<0.05
	T4(15 kg)	0.000	<0.05
	T5(20 kg)	0.000	<0.05

En la tabla 33 , se presentan el resumen de los resultados del análisis de regresión realizada a cada tratamiento con respecto al pH, de lo cual con la prueba estadística se halló un p valor que se encontraba en un rango de “p=0.000-0.008”siendo menor al p-valor de la prueba estadística “P >0.05” lo que indica que por ser menor al nivel de significancia $\alpha=5\%$ significa que el modelo de regresión ya antes mencionado con tres grados de libertad es significativo y contribuye a la buena efectividad de los datos con el modelo empleado, encontrándose dentro del rango de aceptación para trabajos experimentales.

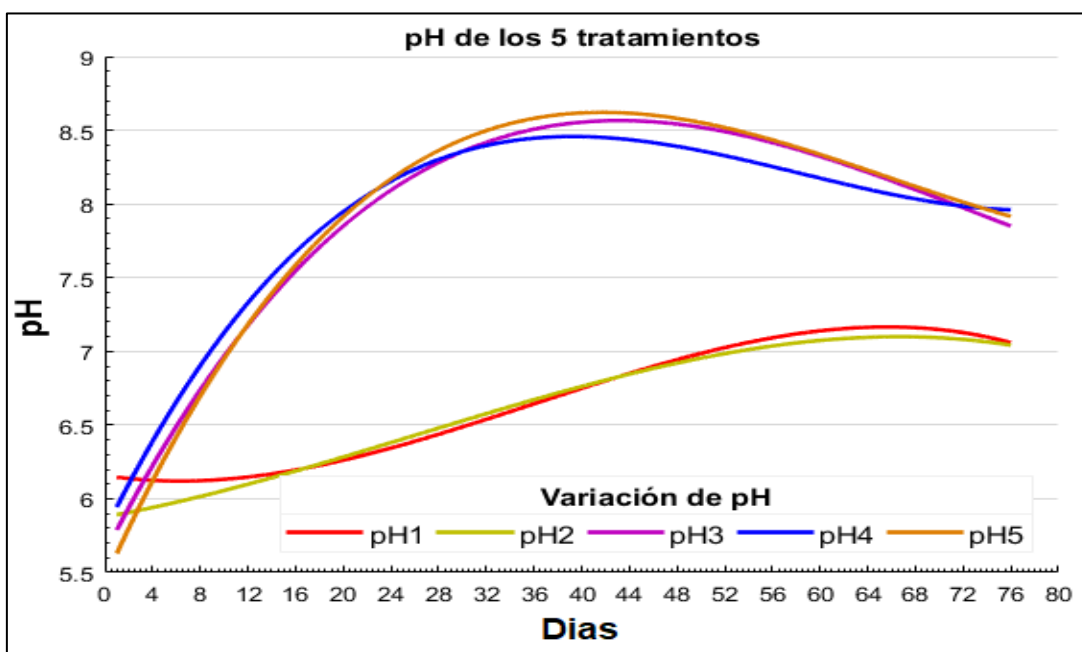


Figura 42. Comportamiento promedio del pH para 5 tratamientos datos ajustados a la curva de regresión.

En la figura N°42 se observan los datos del pH reajustado al modelo de regresión, en el cual el tratamiento T3, T4, T5 reajustado al modelo 13, 14 y 15 respectivamente tuvieron los pH más adecuados que debería cumplir todo proceso de compostaje, obteniendo un pH por encima de 7.5 durante casi todo el proceso de compostaje, teniendo finalmente al T3 con una efectividad de 85.4% el que mejor se ajusta al modelo empleado.

Suler y col (1977) establecieron una relación importante entre el pH y la aireación de la mezcla, en el cual mencionan que una buena aireación conduce a producir compost con pH de 7.5 a 8; valores demasiado bajos son muestras de fenómenos anaeróbicos y un material no aun maduro. De la misma forma estos mismos autores mencionaron que si el pH se mantiene por encima de 7.5 durante el proceso es síntoma de que se realizó una buena descomposición del material.

Se concluye que existen diferencias significativas entre los tratamientos. Así mismo el T3, T4, T5 donde se empleó mayor cantidad de cuyaza se registró niveles más elevados de pH, lo cual relacionado con la presencia de cuyaza, material rico en nitrógeno tiene una reacción mayor y por tanto un mayor pH (Sztern y Pravia, 1999).

4.2. Análisis de los parámetros fisicoquímicos del compost

Todas las plantas requieren de elementos como son los micro y macro nutrientes, los elementos esenciales que se requiere lo mencionamos a continuación: Nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y Sodio lo cual tienen importancia estructural y funcional en los tejidos de las plantas; siendo muy beneficioso para la comunidad de Las Malvinas -Kimbiri-Cusco, siendo utilizado como abono para sus cultivos como cacao, coca, plantones forestales, entre otros, para lo cual se requiere un abono de buena calidad para sus actividades. Se realizó los análisis fisicoquímicos a las muestras del producto final en el laboratorio de Análisis de Suelos de la Universidad Nacional Agraria la Molina. Obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 34. Resultados del análisis del compost de Cáscara de mazorca de cacao sin cuyaza y con cuyaza.

Resultados del análisis de compost de Cáscara de mazorca de cacao con cuyaza														
Tratamiento			Replica	PH	CE (dS/m)	MO (%)	Hd (%)	P2O5 (%)	K2O (%)	CaO (%)	MgO (%)	N (%)	Na (%)	Relación (C/N)
N°	CMC %	cuyaza %												
1	20%	0%	R1	9.94	16.90	59.31	53.93	0.55	6.84	3.15	1.28	1.69	0.22	19.74
			R2	9.79	18.40	61.28	54.07	0.67	6.89	3.16	1.28	1.69	0.25	20.91
			R3	9.85	17.10	61.04	55.54	0.60	6.58	3.14	1.34	1.72	0.23	19.85
2	20%	5%	R1	9.62	14.00	39.05	54.4	0.79	4.6	3.13	1.19	1.54	0.2	14.92
			R2	9.52	13.50	38.72	52.49	0.76	4.48	3.13	1.22	1.53	0.16	15.10
			R3	9.30	13.70	39.77	52.80	0.73	4.10	3.15	1.12	1.55	0.16	14.87
3	20%	10%	R1	8.91	13.42	38.10	55.57	0.87	3.10	2.90	0.90	1.58	0.32	11.62
			R2	8.89	12.40	37.69	54.06	0.85	2.85	2.81	0.94	1.55	0.4	12.49
			R3	8.62	12.10	37.23	55.48	0.84	2.92	2.90	0.87	1.48	0.31	12.72
4	20%	15%	R1	8.53	15.30	39.45	57.00	0.87	2.57	3.00	1.02	1.48	0.21	13.70
			R2	8.45	15.40	39.96	55.10	0.90	2.47	2.99	1.00	1.51	0.19	13.48
			R3	8.40	15.4	39.4	55.11	0.87	2.49	3.02	1.06	1.46	0.18	13.76
5	20%	20%	R1	8.21	15.00	37	49.78	0.84	2.98	2.99	1.03	1.43	0.19	12.99
			R2	8.30	15.20	37.20	50.14	0.84	3.19	2.96	1.00	1.45	0.16	12.94
			R3	8.28	14.80	37.98	49.57	0.83	3.40	2.98	0.96	1.48	0.16	13.30

4.2.1. Potencial de Hidrógeno (pH) en el compost

Respecto al resultado del contenido de pH en los 5 tratamientos del proceso de compostaje. Se obtuvo un pH de $8.26 \cong 8.3$ como mínimo en el T5 (20kg de CMC + 20 kg cuyaza) y un máximo con $9.86 \cong 9.9$ en el tratamiento T1 (20 kg de CMC + 0 kg de cuyaza). Se observa que a mayor proporción de cuyaza el pH disminuye, mientras que los tratamientos con menor proporción de cuyaza presento altos rangos de pH (figura 45).

Según estudio realizado por el grupo Composteras (2010) los restos verdes de cocina o de jardín, las cenizas de madera o materiales leñosos pueden incrementar el pH, puesto que estos liberan compuestos alcalinos. (Ver figura 43).

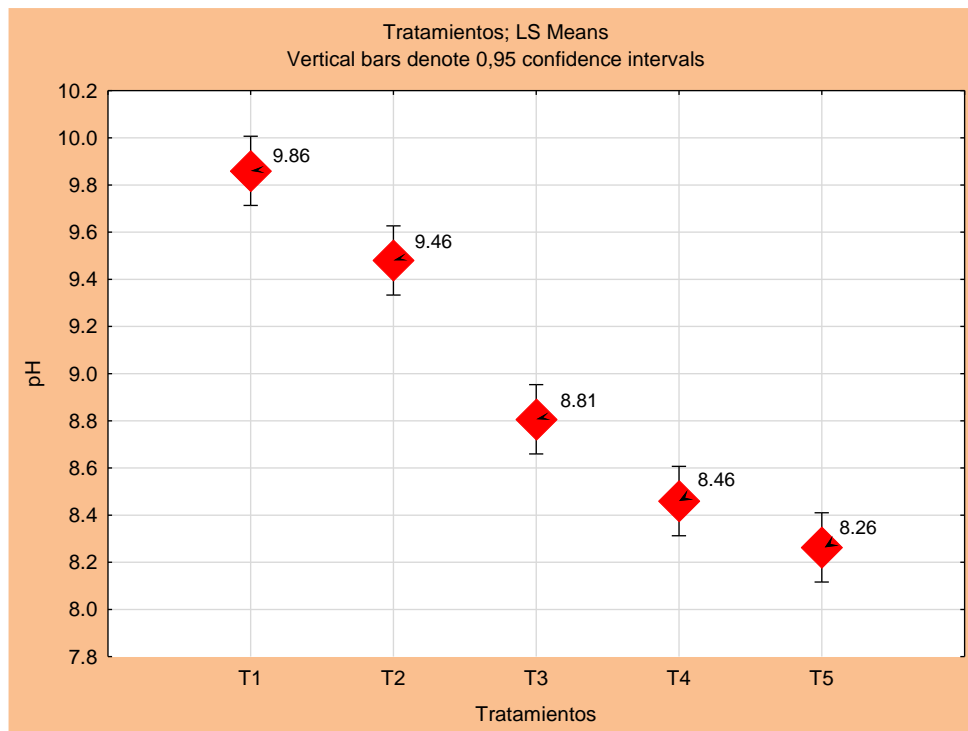


Figura 43. Gráfica de PH del compost obtenido a base de CMC y cuyaza

Según la norma (NCh2880.of2005) considera un buen compost un pH entre 6.5-8.5. De los 5 tratamientos obtenido en el producto final el T4 y T5 mostraron resultados más favorables a comparación de los otros, con un pH de 8.26 – 8.46, siendo estas las que más se adecuan a los estándares antes mencionado. Según Inbar *et al* (1993) menciona que conviene que el compost sea lo más neutro posible (pH=7) porque los microorganismos que descomponen el material en la etapa de compostaje no toleran valores muy alejados de 7. Si esto se produce, el proceso de compostaje se detendría o se ralentizaría notablemente.

Los valores de pH entre 7.5 y 8.5 son considerados como un indicador indirecto de condiciones adecuadas de aireación, donde no prolifera la biodigestión anaeróbica y la liberación adicional de ácidos orgánicos (Haug, 1993).

4.2.2. Humedad

Respecto al resultado del contenido de humedad en los 5 tratamientos (figura 44), se obtuvo una humedad mínima de 49.8 % como mínimo en el T5 (20 kg de CMC + 20 kg cuyaza) y un máximo con 55.4% en el tratamiento T4 (20 kg de CMC + 15 kg de cuyaza) y así mismo con respecto tratamiento T1 vemos que la humedad no varió demasiado llegando a concluir que la CMC es un material que absorbe y retiene gran cantidad de agua más aun por ser este un material leñoso y fibroso ver (Tabla 7).

Comparado con la norma (NCh2880.of2005) se recomienda una humedad de 35-45% de humedad después del proceso de compostaje, este parámetro no cumpliría en ninguno de los tratamientos. Esto posiblemente se debió a la insuficiente aireación de las pilas (es aconsejable realizar los volteos de las pilas del proceso con una mayor frecuencia de días), el techo del sitio donde se llevó a cabo la investigación experimental, ya que este por ser de zinc no permitió una adecuada radiación solar sobre las pilas, lo que dificultó la disminución de humedad.

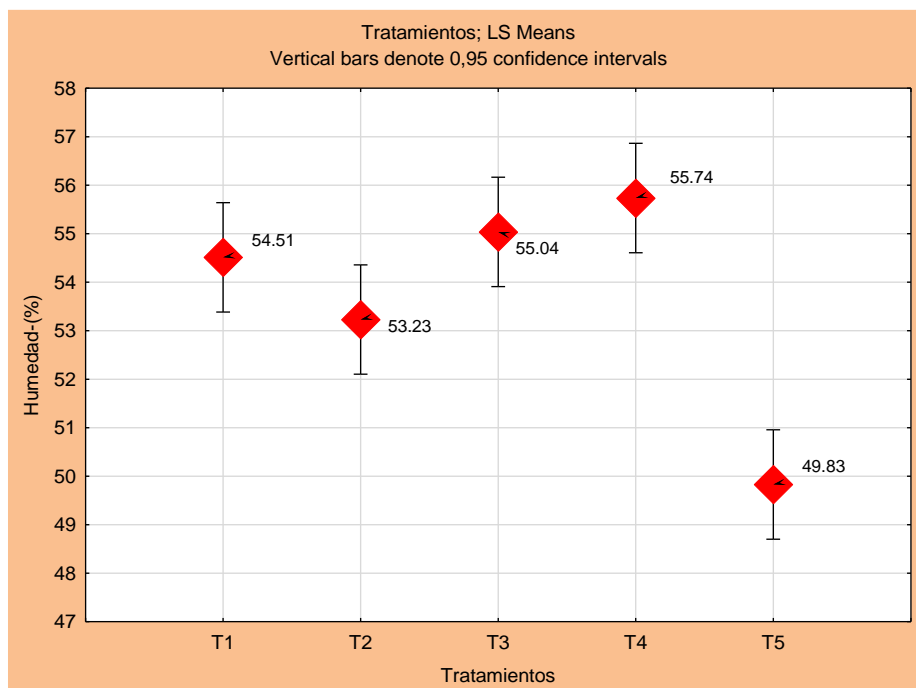


Figura 44. Gráfica de la humedad del compost obtenido a base de CMC y cuyaza.

4.2.3. Relación Carbono Nitrógeno C/N

Según Castillo *et al* (2002) es necesario para que ocurra un proceso adecuado de compostaje, un balance entre los materiales con una concentración de carbono (residuos de color marrón), empleados para generar energía, y materiales con una concentración alta de nitrógeno (residuos de color verde) que son necesarios para el crecimiento y la reproducción de los microorganismos.

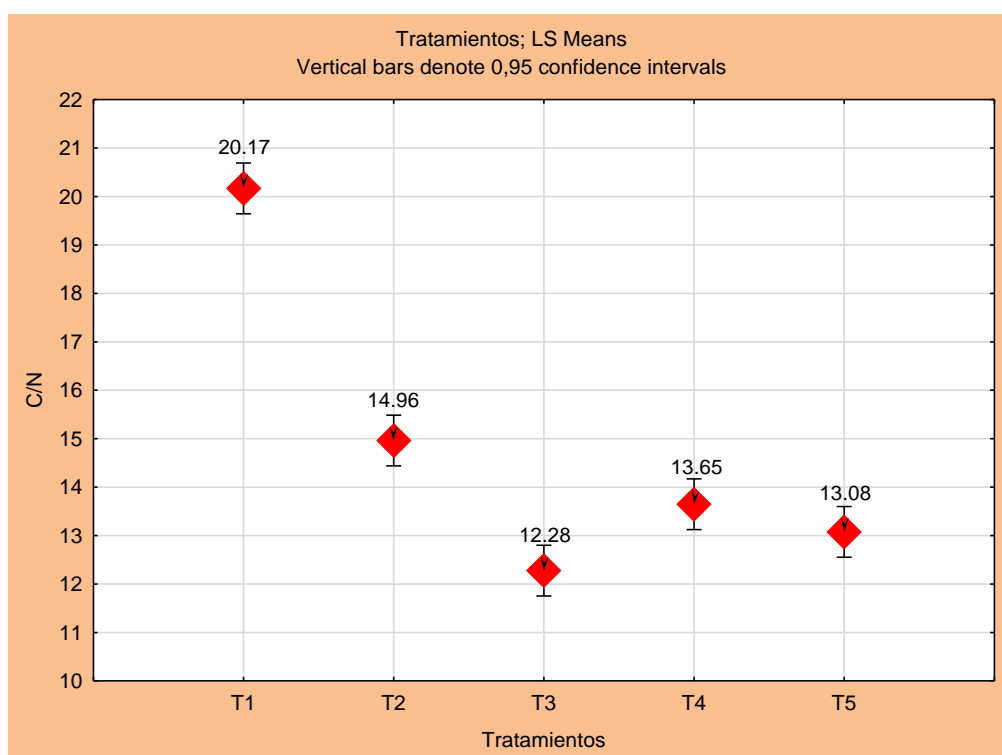


Figura 45. Gráfica de la relación C/N del compost obtenido a base de CMC y cuyaza.

Respecto al resultado de los 5 tratamiento en relación al C/N (figura 45), se obtuvieron 12.28 de relación C/N como mínimo en el T3 (20 kg de CMC + 15 kg cuyaza) y un máximo con 20.17 en el tratamiento T1 (20 kg de CMC + 0 kg de cuyaza). Según Golueke y Zhu (2006) la relación C/N que es más óptimo para un compost maduro es la que está cercano a 10, similar al del humus. Usualmente en la práctica se considera estable o maduro cuando $C/N < 20$, siendo esta una condición necesaria pero no suficiente.

Asimismo, se observa que el T1 la C/N con respecto a los demás fue más alta, Sobrepasando mínimamente a lo recomendado por la Norma Chilena (Nch.of2880) por lo que retraso su descomposición del mismo al no usar un medio que sirva de apoyo para la síntesis de proteínas. Según Labrador (1996), expresa que si las relaciones C/N son muy altas el proceso de compostaje es más lento ya que la materia prima contiene muchos materiales leñosos. Según Castillo *et al* (2002), cuando se mezclan mayores cantidades de residuos de color marrón y menor cantidad de residuos de color verde se obtendrá una relación C/N alta. Se recomienda agregar a las pilas de compostaje más material verde (leguminosas, malezas o estiércol) que permita establecer un mejor balance de C/N para lo cual se recomienda que se encuentre entre 25-35 de C/N teóricamente óptimo para el compostaje de algún producto, ya que se considera que los microorganismos consumen unas 30 partes de carbono por cada parte de nitrógeno (Brady et al., 2008).

Comparado con la Norma Chilena (Nch2880.of2005), todos los tratamientos están dentro del rango normal lo cual considera una relación ≤ 25 C/N. Concluyendo que el T3 cumple con lo antes mencionado y manteniendo al final del proceso una relación C/N de 12.28, siendo este tratamiento el que mejor resultado tienen en la relación C/Seguido el T5 y T4.

4.2.4.Materia Orgánica

Respecto al resultado del contenido de materia orgánica en la figura 46, de los 5 tratamientos (figura 46). Se obtuvo el valor más alto de 60.54 % en el T1 (20 kg de CMC + 0 kg de cuyaza) y el 37.39 % de M.O para el T5 con (20 kg de CMC +20 kg de cuyaza) siendo este el más bajo de las mediciones y un promedio total de 37.39 % de M.O.

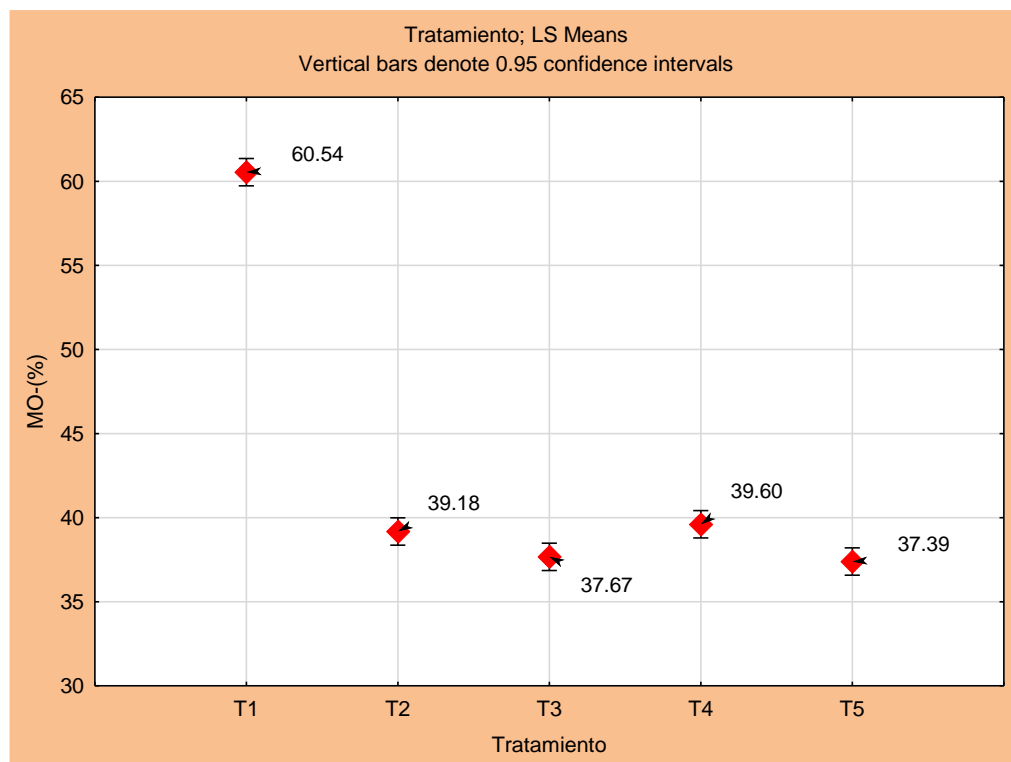


Figura 46. Gráfica de la Materia Orgánica del compost obtenido a base de CMC y cuyaza.

Por lo tanto, la materia orgánica se degrada en todos los tratamientos, esto demuestra un correcto crecimiento microbiano y mineralización de los nutrientes; A excepción del el T1 (20 kg CMC+0 kg de cuyaza) cuyo resultado fue de 60.543 % de MO, lo cual según la OMS menciona para que un compost sea de buena calidad debería mantenerse de 25-50% de MO, valores superiores al 60% indican que los residuos no están suficientemente compostados. Según Ferruzi (1987), expresa que toda enmienda utilizada con algún tipo de estiércol para la elaboración de compost origina un material aceptable en la producción de MO.

En el compost elaborado se observa una reducción en el contenido de materia orgánica. Este comportamiento se observa en casi todos los tratamientos, a pesar de la incorporación de cuyaza que aporta un mayor contenido de materia orgánica, el cual también es susceptible a degradación o participa en otros procesos de estabilización

biológica del compost en el transcurso de un mes de diferencia de tiempo en las evaluaciones.

Según la Norma chilena (Nch2880.of 2005) establece dentro de compost de calidad "A" y calidad "B" valores mayores o iguales a 20%, donde todos los tratamientos cumplen con lo establecido.

4.2.5. Conductividad eléctrica (C.E)

Uno de los parámetros que es necesaria hacer para estudiar el compost obtenido, es la conductividad eléctrica, la cual es un indicador de la presencia de sales y de los iones en las muestras.

Monedero et al (2001) la conductividad eléctrica de un compost está determinada por la naturaleza y composición del material de partida, fundamentalmente por su concentración de sales y en menor grado por la presencia de iones amonio o nitrato formados durante el proceso.

La salinidad mayormente se debe al sodio, potasio, cloruro, nitrato, sulfato, amonio y ácidos orgánicos volátiles presente (Brinton, 2000). En la figura 47 se muestra el contenido promedio para los tratamientos en cuanto a la conductividad eléctrica; donde los valores van de 12.61 –17.47 dS/m. Según la norma (Nch2880.of2005) establece dentro de compost de calidad "A" valores menores a 3 dS/m y en cuanto a la calidad "B" valores menores o igual a 8 dS/m. por lo que dicho parámetro no se encuentra dentro de lo establecido en dicha norma.

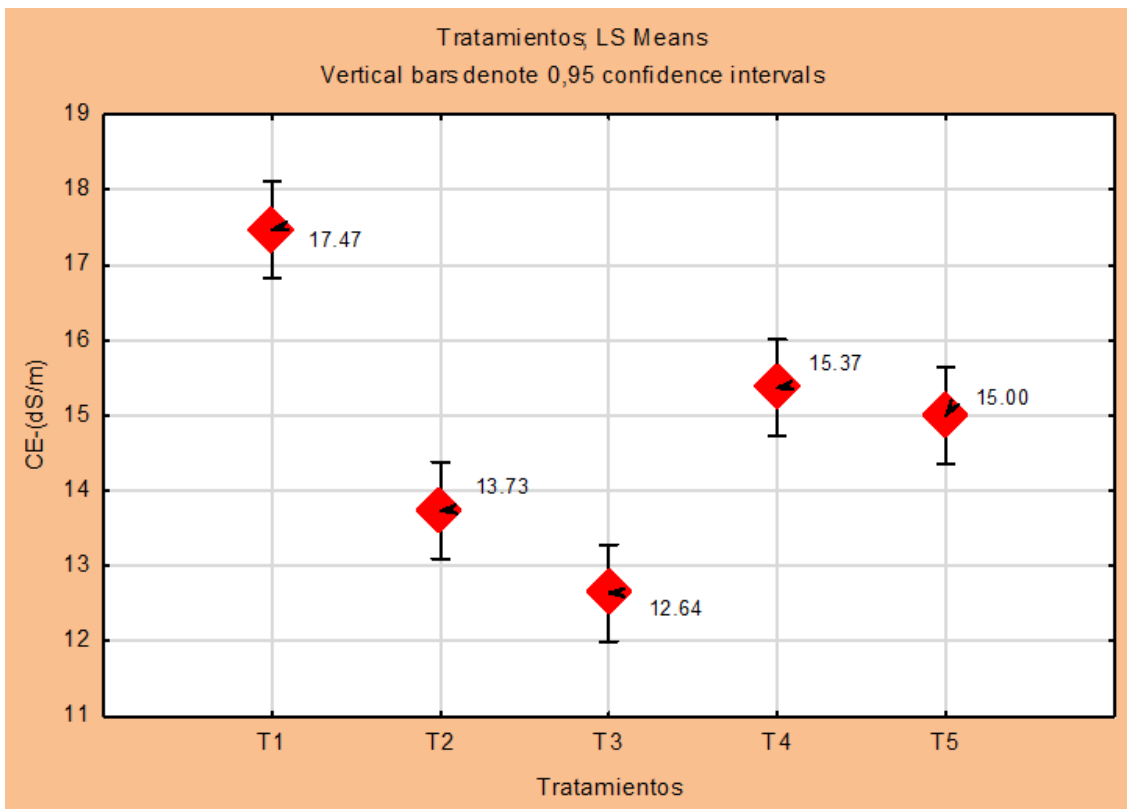


Figura 47. Gráfica de la conductividad eléctrica del compost obtenido a base de CMC y Cuyaza.

En todos los tratamientos la conductividad eléctrica sobre paso los 3 dS/m, resultado recomendado para la obtención de compost para uso agrícola según la Norma chilena (Nch2880) cuyo fin es parte de esta investigación, siendo su uso limitado. El aumento de la conductividad eléctrica en el compost elaborado puede estar influenciado por el alto contenido de sales en la CMC o en la cuyaza. Asimismo, Kimura (2005) menciona que en la etapa de maduración ocurre un proceso de estabilización hasta la obtención de un compost maduro el cual presenta una alta concentración de sales, este fenómeno se presenta por la mayor descomposición y mineralización del material, originándose un aumento de la concentración de nutrientes.

4.2.6. Contenido de Macro elementos

a) Nitrógeno

Respecto al resultado del contenido de nitrógeno en la Figura 48, de los 5 tratamientos se obtuvo el valor más alto de 1.70 % para el T1 (20 kg de CMC + 0 kg de cuyaza) y en el T5 (20 kg de CMC + 20 kg de cuyaza) con 1.45 % siendo este el más bajo.

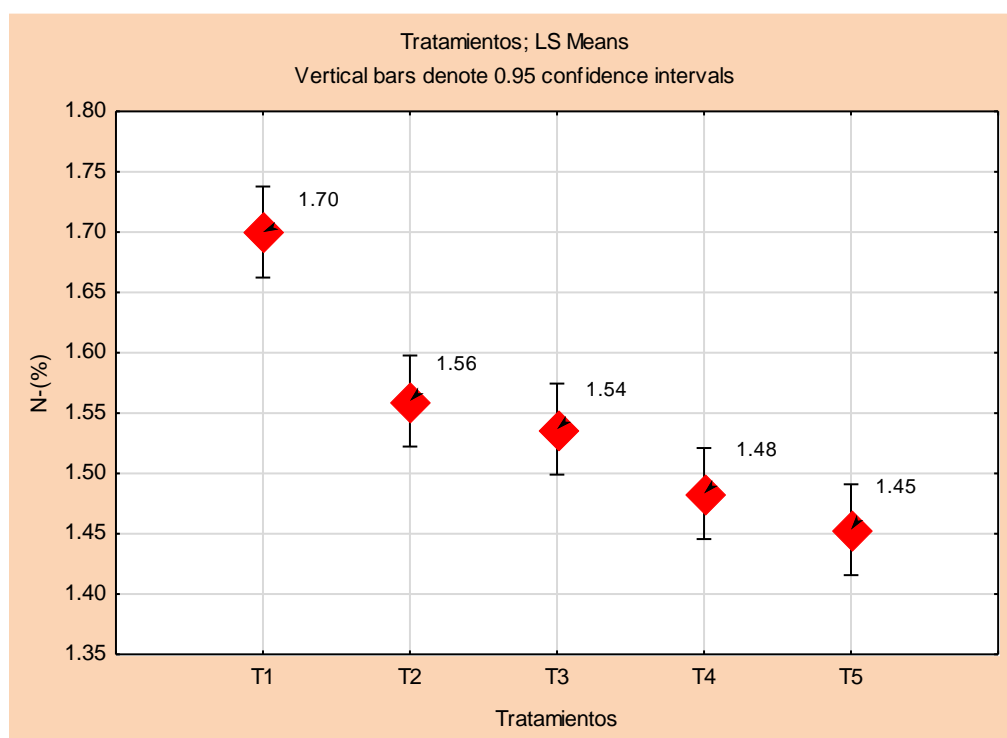


Figura 48. Gráfica del nitrógeno del compost obtenido a base de CMC y cuyaza.

Los rangos obtenidos de nitrógeno el T1, T2, T3 se ha manejado mejor el porcentaje de nitrógeno ya que superan el 1.5 % de la misma. Según Meléndez y Soto (2003) un compost para que se comerciable debe ser superior al 1.5% de nitrógeno. En los resultados varían entre 1.7% y 1.45%. Este elemento es quizás la que determina una mayor o menor población microbiana responsable de la descomposición de residuos. García y Monge (1999) también señala que el exceso de nitrógeno produce olores desagradables, que es indicativo de que el proceso de descomposición de la materia orgánica anda mal, por lo que en dicha investigación no sucedió.

“Según resultados obtenidos en la Universidad de Costa Rica (UNED, 1998) en pilas con diferentes materias orgánicas como pilas con broza de caña de azúcar, pilas con broza de caña de azúcar y cachaza, y abonera con residuos de naranja obtienen los siguientes resultados con relación a nitrógeno: 1.9, 1.5 y 1.2 % de nitrógeno respectivamente” Estos resultados se asemejan a los resultados obtenidos en el proceso de compostaje.

Según la Norma chilena Nch2880.of2005, establece dentro de compost de calidad “A” valores entre 01-3% y en cuanto a la calidad “B” valores entre 0.5-1% donde el compost cumpliría los estándares de calidad en cuanto a este elemento, tipificándolo como tipo A.

Durante el compostaje se produce una pérdida continua de nitrógeno que en algunos casos es bastante importante. Estas pérdidas se deben al incremento de la temperatura, el pH, el sistema de manejo (volteos) y una excesiva oxigenación de las pilas, entre otros factores. El contenido de nitrógeno en el compost es importante sobre todo si el objetivo es la obtención de un buen compost de interés agrícola.

b)Potasio

Respecto al resultado del contenido de potasio (figura 49), de los 5 tratamientos se obtuvo el valor más alto de 6.77 % para el T1 (20 kg de CMC + 0 kg de cuyaza) y T2 (20 kg de CMC + 5 kg de cuyaza) con 4.39 %, asimismo 2.51 % en el T4 (20 kg de CMC +15 kg de cuyaza) siendo este el más bajo de las mediciones. Obteniendo un promedio total de 3.96 % de este elemento durante todo el proceso de compostaje

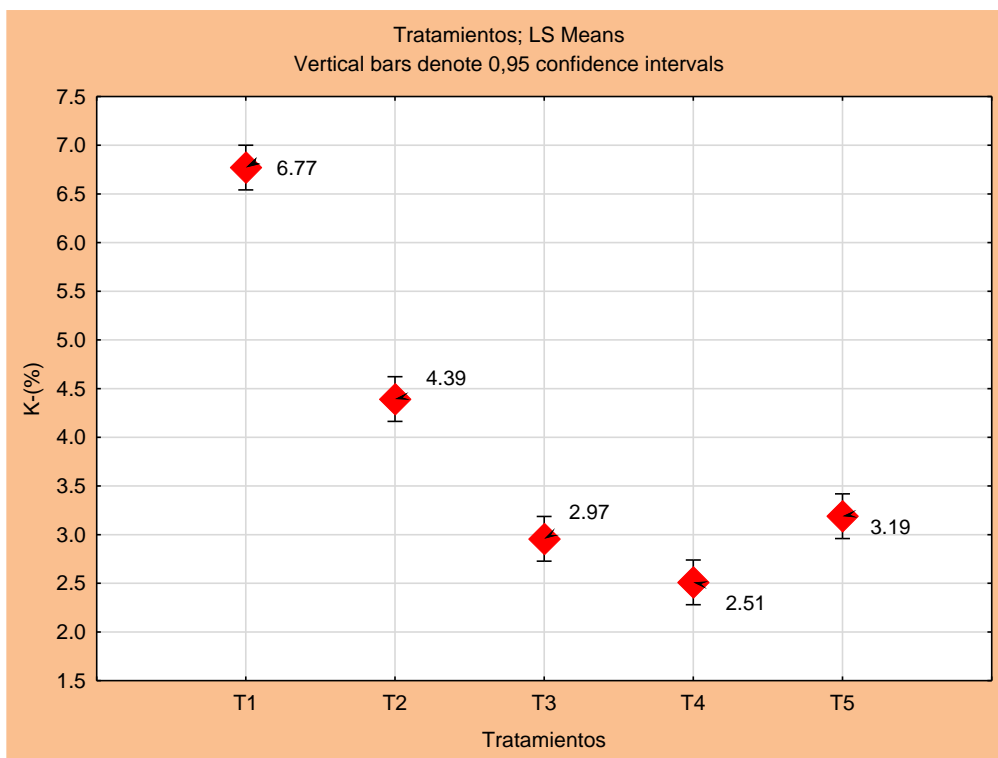


Figura 49. Gráfica del Potasio del compost obtenido a base de CMC y cuyaza.

El contenido de potasio en concentraciones elevadas, se encontró en el tratamiento T1 (20 kg de cáscara de mazorca de cacao y 0 kg de cuyaza). Esto podría deberse a que los residuos recolectados tenían un elevado contenido en este elemento, lo que confirma por qué T3 y T4, T5 mostraron valores más bajos pero altos (Inbar *et al.*, 1993). La Norma chilena (Nch2880.of 2005) establece dentro de compost de calidad “A” valores entre 0.5-2% y en cuanto a la calidad “B” valores entre 0.35- 0.5% donde el compost no cumpliría los estándares de calidad en cuanto a este elemento.

Similarmente al fósforo, el potasio no forma ningún tipo de gases que pueden ser liberados en la atmósfera. Su comportamiento se encuentra influenciado por el intercambio de cationes, antes que por procesos microbiológicos (Brady *et al.*, 2008).

Según Saldaña (2010) menciona que las cáscaras de cacao son ricos en K, ya que estas el mayor nutriente absorbido por el cacao, concluyendo que el compost obtenido contiene gran cantidad de potasio, específicamente en el T1.

c) Fósforo

Según Jiménez (1998) el Fósforo es fundamental en los procesos de multiplicación celular y contribuye de forma insustituible a la formación de tejidos vegetales.

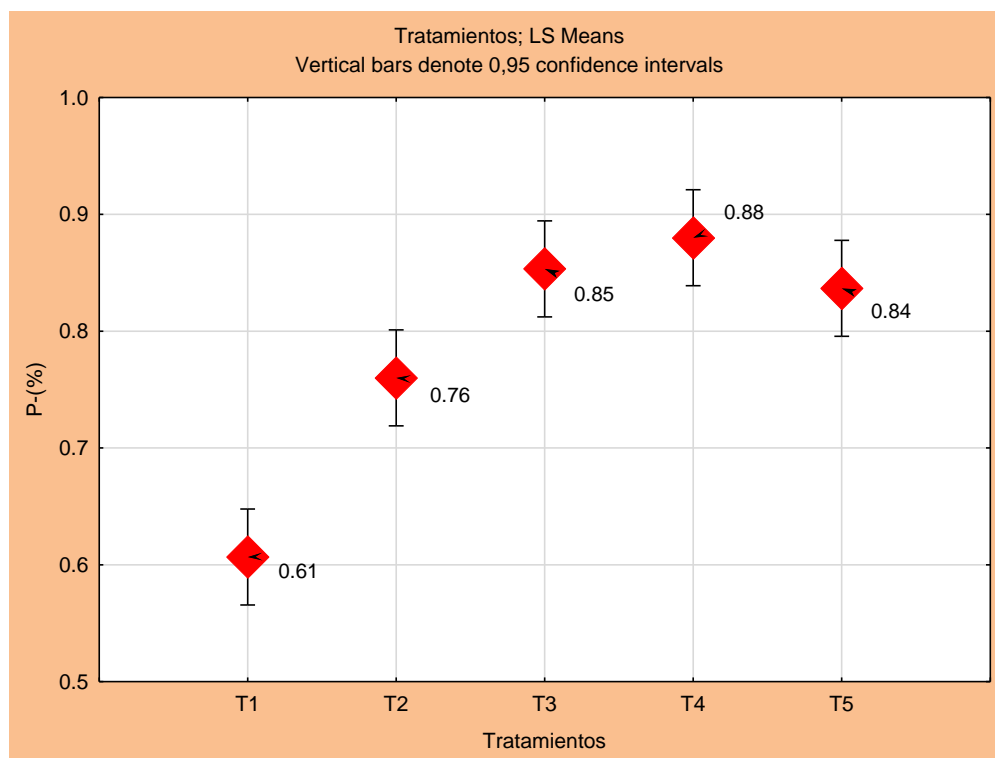


Figura 50. Gráfica del fósforo del compost obtenido a base de CMC y cuyaza.

Respecto al resultado del contenido de fósforo en la figura 50, de los 5 tratamientos se obtuvo el valor más alto de 0.88 % para el T4 (20 kg de CMC + 15 kg de cuyaza) y T3 (20 kg de CMC + 10 kg de cuyaza) con 0.85 %, asimismo 0.61 % en el T1 (20 kg de CMC +0 kg de cuyaza) siendo este el más bajo de las mediciones. Obteniendo un promedio total de 0.8 % de este elemento durante todo el proceso de compostaje.

A diferencia del nitrógeno, el fósforo no forma gases que pueden ser liberados en la atmósfera (Brady et al., 2008).

En investigaciones realizada por Jimenes (1998) con (estiércol, chala y gallinaza) los valores de Fósforo total de compost maduro fue 0,6 %. Por lo cual el T1 en la presente investigación se asimilaría a este tipo de compost.

Según la Norma chilena (Nch2880.of2005) establece dentro de compost de calidad “A” valores entre 0.8-2.5% y en cuanto a la calidad “B” valores entre 2.5-6% donde el compost cumpliría los estándares de calidad en cuanto a este elemento, tipificándolo en el tipo A. Excepto el T1. donde se obtuvo el menor porcentaje de fósforo.

Se concluye que el compost con cuyaza si contiene un mejor porcentaje de fósforo en el producto final de compost de CMC y cuyaza. Mientras que el compost del T1 contiene en menor proporción la cantidad de fósforo que se requiere para ser comercializado como abono.

4.2.7.Contenido de macro elementos secundarios

Existen nutrientes presentes en menor cantidad en un compost de condiciones mejoradas. Estos tienen un importante papel en la síntesis de las enzimas, en el metabolismo de los microorganismos y en los mecanismos de transporte intracelular y extracelular (Miyatake y col, 2006).

Para este análisis se mandó muestras representativas al laboratorio de suelos de la Universidad Agraria la Molina para determinar los contenidos de los microelementos más esenciales para determinar el contenido de Ca, Mg y Na.

a) Calcio

Respecto al resultado del contenido de calcio en la figura 51, de los 5 tratamientos se obtuvo el valor más alto de 3.15 % para el T1 (20 kg de CMC + 0 kg de cuyaza) y 2.87 % de calcio para el T3 con (20 kg de CMC +10 kg de cuyaza) siendo este el más bajo de las mediciones y un promedio total de 3.03% de M.O.

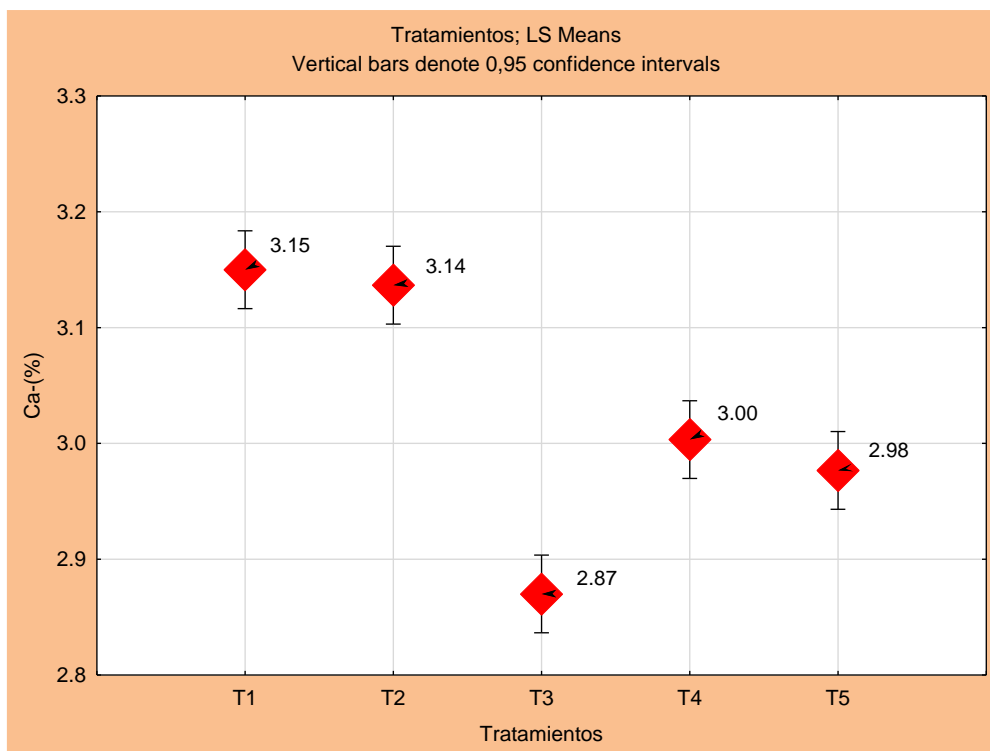


Figura 51. Gráfica del calcio del compost obtenido a base de CMC y cuyaza.

Comparado con la Norma Chilena (Nch2880.of 2005) los resultados están dentro del rango normal, para compost Tipo B, donde el contenido de calcio es 2.5-6%. Según Bravo (2017), en su investigación “Propiedades de un compost obtenido a partir de residuos de la producción de caña de azúcar”. Lo cual consistía en la mezcla de bagazo, ceniza, el contenido de calcio fue de 3% lo cual comparado con el trabajo realizado el compost a base de CMC y cuyaza se asimilaría a estos resultados.

b) Magnesio

Respecto al resultado del contenido de magnesio (figura 52), de los 5 tratamientos se obtuvo el valor más alto de 1.30 % para el T1 (20 kg de CMC + 0 kg de cuyaza) y 0.90 % de Magnesio para el T3 con (20 kg de CMC +10 kg de cuyaza) siendo este el más bajo de las mediciones.

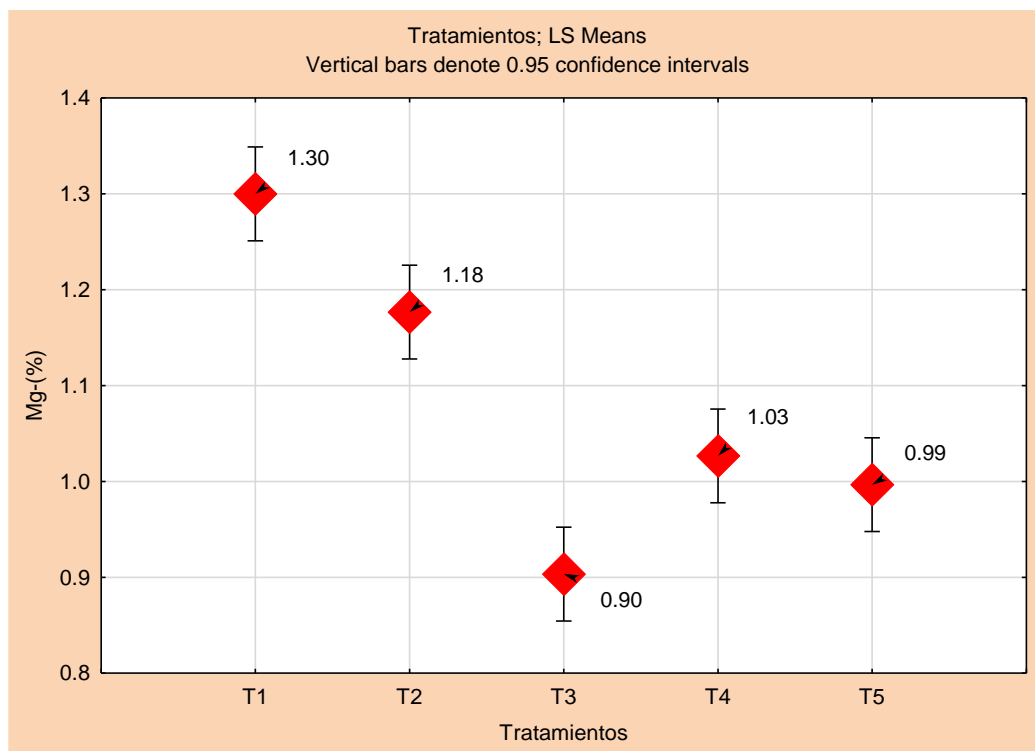


Figura 52. Gráfica del Magnesio del compost obtenido a base de CMC y cuyaza

Según la Norma chilena Nch2880.of 2005, establece dentro de compost de calidad “A” valores entre 0.5-1% y en cuanto a la calidad “B” valores entre 1-3% donde el compost cumpliría los estándares de calidad en cuanto a este elemento, tipificándolo como tipo B. Excepto el T3 lo cual sería Tipificada como Tipo A, por su contenido de 0.90 % de magnesio.

c)Sodio

Respecto al resultado del contenido de sodio en la figura 53, de los 5 tratamientos se obtuvo el valor más alto de 0.34 % para el T3 (20 kg de CMC + 10 kg de cuyaza), 0.17% de Magnesio para el T2 con (20 kg de CMC +5 kg de cuyaza) y T5 siendo estas las más bajas de las mediciones durante todo el proceso de compostaje. Este es un parámetro importante con el que se debe tener cuidado para no generar un problema de desbalances en los contenidos de micronutrientes y de algunas bases especialmente K y Mg.

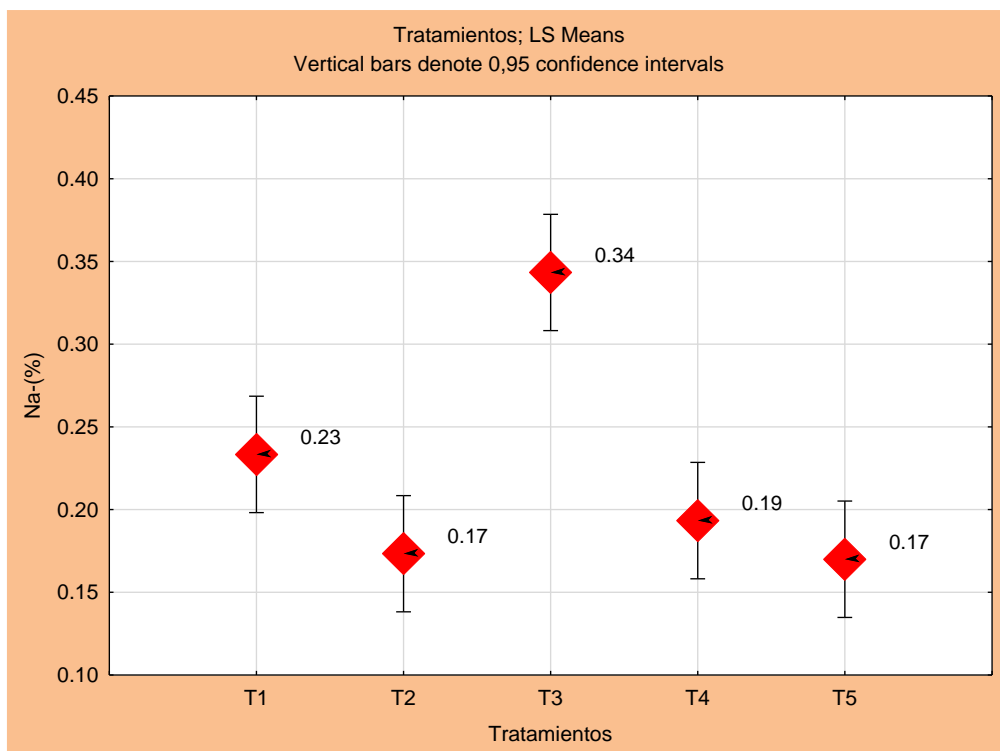


Figura 53. Gráfica del contenido de sodio del compost obtenido a base de CMC y cuyaza.

4.2.8. Influencia de compostaje en los parámetros fisicoquímicos de producto final.

Para el análisis de influencia del proceso de compostaje en los parámetros fisicoquímicos del compost obtenido, se utilizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para determinar la normalidad de las muestras tomadas para el análisis estadístico la prueba *t-Student* para muestras independientes agrupadas.

El análisis estadístico se aplicó para los 5 tratamientos con sus 3 repeticiones.

- **Prueba de Normalidad de Datos**

Para la confiabilidad de la normalidad de los datos se empleó la prueba de Shapiro-Wilk, siendo está utilizada para comprobar si los datos fueron extraídos de una muestra normal y aleatoria, dicha prueba es aplicada para muestras pequeñas, las cuales son menores de 50 muestras ($n < 50$). (Ver. Anexo 46-56).

- **pH**

Por los resultados dados por el p-valor del Shapiro-Wilk y las gráficas de histogramas con su respectiva curva de nivel, dan como resultado que los datos del pH siguen una distribución normal en los 5 tratamientos; siendo el p-valor (>0.05). Ver tabla N°35.

Tabla 35. Normalidad de Datos mediante la prueba de Shapiro - Wilk del pH

Variable	Tratamiento (dosis de cuyaza)	p-Valor	Nivel de Significancia
pH	T1 (0 kg)	0.780	>0.05
	T2(5 kg)	0.593	>0.05
	T3(10 kg)	0.118	>0.05
	T4(15 kg)	0.747	>0.05
	T5(20 kg)	0.407	>0.05

En la Tabla 36, 37, 38, 39 se muestra el análisis estadístico de diferencia de medias con la prueba t-Student para muestras independientes con respecto al contenido de pH, con diferentes dosis de cuyaza en lo cual se observa que hay diferencia de medias y una desviación entre los tratamientos (T1 con el T2, T3, T4, T5) debido a que el valor de prueba “p” es menor a 0.05, lo que evidencia que entre los tratamientos existe diferencias significativas en los resultados (Ver anexo 25).

En el cual según la prueba estadística al 95 % de confianza el T5 (20 kg de CMC +20 kg de cuyaza) tiene mejores resultados para obtener una buena concentración de pH con un contenido de 8.26 de pH en el compost.

Tabla 36 Prueba de T-Student de muestras independientes del pH del T1 con el T2,T3 ,T4,T5

variables independientes		pH						
		Diferencias relacionadas						
CMC kg	kg cuyaza (x)	Media (0kg)	Media (x)	Desviación Estándar (0kg)	Desviación Estándar (x)	t	df	P-Valor
20	5 kg		9.48		0.16	3.65	4	0.02
	10 kg	9.86	8.81	0.08	0.16	10.21	4	0.00
	15 kg		8.46		0.07	24.25	4	0.00
	20 kg		8.26		0.05	31.05	4	0.00

Tabla 37 Prueba de T-Student de muestras independientes del pH del T2 con el T3, T4, T5

variables independientes		pH						
		Diferencias relacionadas						
CMC kg	kg cuyaza (x)	Media (5kg)	Media (x)	Desviación Estándar (5kg)	Desviación Estándar (x)	t	df	P-Valor
20	10 kg		8.81		0.16	5.06	4.00	0.01
	15 kg	9.48	8.46	0.16	0.07	10.02	4.00	0.00
	20 kg		8.26		0.05	12.37	4.00	0.00

Tabla 38 Prueba de T-Student de muestras independientes del pH del T3 con el T4, T5

variables independientes		pH						
		Diferencias relacionadas						
CMC kg	kg cuyaza (x)	Media (10kg)	Media (x)	Desviación Estándar (10kg)	Desviación Estándar (x)	t	df	P-Valor
20	15 kg	8.81	8.46	0.16	0.07	3.44	4.00	0.03
	20 kg	8.81	8.26	0.16	0.05	5.58	4.00	0.01

Tabla 39 Prueba de T-Student de muestras independientes del pH del T4 con el T5

Tratamiento		pH						
variables independientes		Diferencias relacionadas						
CMC kg	kg cuyaza (x)	Media (15kg)	Media (x)	Desviación Estándar (15 kg)	Desviación Estándar (x)	t	df	P-Valor
20	20	8.46	8.26	0.07	0.05	4.21	4.00	0.01

- **Humedad**

Por los resultados dados por el p-valor del Shapiro -Wilk y las gráficas de histogramas con su respectiva curva de nivel, dan como resultado que los datos de la humedad siguen una distribución normal en los 5 tratamientos; siendo el p-valor (>0.05), excepto el T4 lo cual dicho p valor es menor al p-valor (>0.05), esto debido a que la normalidad en diseños de experimentos, no es determinante cuando los datos

experimentales son replicados genuinamente con valores similares o iguales. Ver tabla N°40.

Tabla 40. Normalidad de Datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk de la humedad

Variable	Tratamiento (dosis de cuyaza)	p-Valor	Nivel de Significancia
Humedad	T1 (0 kg)	0.1480	>0.05
	T2(5 kg)	0.2876	>0.05
	T3(10 kg)	0.1039	>0.05
	T4(15 kg)	0.00556	<0.05
	T5(20 kg)	0.7047	>0.05

En las Tablas 41, 42, 43, 44 se muestra el análisis estadístico de diferencia de medias con la prueba t-Student con respecto al contenido de humedad, en lo cual se observa que hay diferencia de medias y una desviación entre los tratamientos (T1 con T5), (T2 con el T4, T5), (T3 con el T5) y el (T4 con el T5) debido a que el valor de prueba “p” es menor al p valor=0.05, lo que evidencia que entre los tratamientos existe significancia. Excepto el análisis del T1 (20 kg CMC+0 kg de cuyaza) con el T2 , T3,T4 en cual no se halló significancia entre sus medias, obteniendo como resultado T1 = 54.51% con el T2=53.23%, T3=55.04%,T4= 55.74% respectivamente en los resultados finales, siendo su p valor mayor al “p<0.05” ;de la misma forma el tratamiento, T2 con T3 en el cual se obtuvo T2=43.23%, T3=55.04% de humedad y con un p=0.08 mayor al p-valor “p<0.05”, T3 (20 kg CMC+10 kg de cuyaza) con el T4 (20 kg CMC+15 kg de cuyaza) en el cual se obtuvo un p-valor =0.43 mayor al p-valor “p<0.05”. Cuyo caso estadísticamente significa que estos tratamientos son iguales por lo que no existe diferencia entre sus medias tan significativas, es decir que estos tratamientos producen concentraciones iguales de humedad en el compost (Ver anexo 44).

En el cual según la prueba estadística al 95 % de confianza el T5 (20 kg de CMC +20 kg de cuyaza) tiene mejores resultados para obtener un buen contenido de humedad en cuyo caso se obtuvo 49.8%.

Tabla 41 Prueba de T-Student de muestras independientes del contenido de humedad del T1 con el T2, T3, T4, T5

% de humedad								
variables independientes			Diferencias relacionadas					
CMC	kg cuyaza	Media	Media	Desviación	Desviación	t	df	P-Valor
kg	(x)	(0 kg)	(x)	Estándar	Estándar			
				(0 kg)	(x)			
20	5 kg		53.23	0.89	1.03	1.64	4.00	0.18
	10 kg	54.51	55.04	0.89	0.85	-0.74	4.00	0.50
	15 kg		55.74	0.89	1.09	-1.50	4.00	0.21
	20 kg		49.83	0.89	0.29	8.65	4.00	0.00

Tabla 42 Prueba de T-Student de muestras independientes del contenido de humedad del T2 con el T3, T4, T5

% de humedad								
variables independientes			Diferencias relacionadas					
CMC	kg cuyaza	Media	Media	Desviación	Desviación	t	df	P-Valor
kg	(x)	(5kg)	(x)	Estándar	Estándar			
				(5kg)	(x)			
20	10 kg	53.23	55.04	1.03	0.85	-2.35	4.00	0.08
	15 kg	53.23	55.74	1.03	1.09	-2.90	4.00	0.04
	20 kg	53.23	49.83	1.03	0.29	5.53	4.00	0.01

Tabla 43 Prueba de T-Student de muestras independientes del contenido de humedad del T3 con el T4, T5

% de humedad								
variables independientes			Diferencias relacionadas					
CMC	kg cuyaza	Media	Media	Desviación	Desviación	t	df	P-Valor
kg	(x)	(10kg)	(x)	Estándar	Estándar			
				(10kg)	(x)			
20	15 kg	55.04	55.74	0.85	1.09	-0.88	4.00	0.43
	20 kg	55.04	49.83	0.85	0.29	10.08	4.00	0.00

Tabla 44 Prueba de T-Student de muestras independientes del contenido de humedad del T4 con el T5.

% de humedad								
variables independientes			Diferencias relacionadas					
CMC	kg cuyaza	Media	Media	Desviación	Desviación	t	df	P-Valor
kg	(x)	(15kg)	(x)	Estándar	Estándar			
				(15kg)	(x)			
20	20 kg	55.74	49.83	1.09	0.29	9.05	4.00	0.00

- **Conductividad Eléctrica**

Por los resultados dados por el p-valor del Shapiro -Wilk y las gráficas de histogramas con su respectiva curva de nivel , dan como resultado que los datos de la conductividad eléctrica siguen una distribución normal en los tratamientos T1, T2, T3, T5; siendo el p-valor (>0.05), excepto el T4 lo en lo cual el p-Valor = 0.000 siendo esta menor al p-valor (>0.05),esto debido a que la normalidad en diseños de experimentos, no es determinante cuando los datos experimentales son replicados genuinamente con valores similares o iguales. Ver tabla N°45.

Tabla 45. Normalidad de Datos de la prueba de Shapiro - Wilk de la conductividad eléctrica

Variable	Tratamiento (dosis de cuyaza)	p-Valor	Nivel de Significancia
C.E	T1 (0 kg)	0.235	>0.05
	T2(5 kg)	0.780	>0.05
	T3(10 kg)	0.417	>0.05
	T4(15 kg)	0.000	<0.05
	T5(20 kg)	1.000	>0.05

En las tablas 46, 47, 48, 49 se muestra el análisis estadístico con la prueba t-Student donde el valor de prueba ($p < 0.05$) con respecto a la conductividad eléctrica, da como resultado que hay diferencias de medias y una desviación estándar entre los tratamientos (T1 con el T2, T3, T4, T5) , (T2 con el T4, T5), (T3 con el T4, T5) y el (T4 con el T5) debido a que el “p-Valor” es menor a 0.05, resultado que permite rechazar la hipótesis nula, demostrando que las diferentes dosis de cuyaza si influye en la elaboración de compost a base de CMC y con ello a la conductividad eléctrica, lo cual es uno de los indicadores de un buen compost, excepto el T2 (20 kg CMC+5 kg de cuyaza) con el T3 (20 kg CMC+10 kg de cuyaza) no se halló significancia entre sus medias, obteniendo 13.73 sd/m y 12.64 sd/m respectivamente en los resultados finales ,siendo su

p-valor = 0.06 mayor al $p < 0.05$; cuyo caso estadísticamente significa que estos tratamientos son iguales por lo que no existe diferencia entre sus medias tan significativas, es decir que estos tratamientos tanto el T2 y T3 producen concentraciones iguales de conductividad eléctrica en el compost. Ver Anexo 27.

La conductividad eléctrica más significativa y donde hubo una mayor reducción comparado con la norma dada para la obtención para un buen compost fue en el T2 (20 kg CMC +10 kg de cuyaza), en lo cual se obtuvo 12.64 dS/m. Según lo establecido por la norma Nch2880 of.2005 a una dilución de 1:5 se obtuvo una C.E de 6.32 dS/m lo cual cumpliría los estándares de calidad de tipo B.

Tabla 46 Prueba de T-Student de muestras independientes de la conductividad eléctrica del T1 con el T2, T3, T4, T5.

Conductividad Eléctrica (C.E) ds/cm								
variables independientes		Diferencias relacionadas						
CMC kg	kg cuyaza (x)	Media (0 kg)	Media (x)	Desviación Estándar (0 kg)	Desviación Estándar (x)	t	df	P-Valor
20	5 kg		13.733		0.252	7.586	4	0.0016
	10 kg		12.640		0.692	7.823	4	0.0014
	15 kg	17.467	15.367	0.8145	0.058	4.455	4	0.0112
	20 kg		15.000		0.200	5.094	4	0.0070

Tabla 47 Prueba de T-Student de muestras independientes de la conductividad eléctrica del T2 con el T3, T4, T5

Conductividad Eléctrica (C.E) ds/cm								
variables independientes		Diferencias relacionadas						
CMC kg	kg cuyaza (x)	Media (5 kg)	Media (x)	Desviación Estándar (5 kg)	Desviación Estándar (x)	t	df	P-Valor
	10 kg		12.640		0.692	2.572	4.000	0.062
20	15 kg	13.733	15.367	0.252	0.058	-10.95	4.000	0.000
	20 kg		15.000		0.200	-6.825	4.000	0.002

Tabla 48 Prueba de T-Student de muestras independientes de la conductividad eléctrica del T3 con el T4, T5

Conductividad Eléctrica (C.E) ds/cm								
variables independientes			Diferencias relacionadas					
CMC	kg cuyaza	Media	Media	Desviación	Desviación	t	df	P-Valor
kg	(x)	(10 kg)	(x)	Estándar	Estándar			
				(10 kg)	(x)			
20	15 kg	12.640	15.367	0.692	0.058	-6.802	4	0.0024
	20 kg		15.000		0.200	-5.675	4	0.0048

Tabla 49 Prueba de T-Student de muestras independientes de la conductividad eléctrica del T4 con el T5

Conductividad Eléctrica (C.E) ds/cm								
variables independientes			Diferencias relacionadas					
CMC	kg cuyaza	Media	Media	Desviación	Desviación	t	df	P-Valor
kg	(x)	(15 kg)	(x)	Estándar	Estándar			
				(15 kg)	(x)			
20	20 kg	15.367	15.000	0.058	0.200	3.051	4	0.038

- **Contenido de Materia Orgánica (M.O)**

Por los resultados dados por el p-valor del Shapiro-Wilk y las gráficas de histogramas con su respectiva curva de nivel, dan como resultado que los datos de la materia Orgánica siguen una distribución normal en los 5 tratamientos; siendo el p-valor (>0.05). Ver tabla N°50.

Tabla 50. Normalidad de Datos de la prueba de Shapiro-Wilk de la materia orgánica

Variable	Tratamiento (dosis de cuyaza)	p-Valor	Nivel de Significancia
MO	T1 (0 kg)	0.214	>0.05
	T2(5 kg)	0.597	>0.05
	T3(10 kg)	0.937	>0.05
	T4(15 kg)	0.154	>0.05
	T5(20 kg)	0.371	>0.05

En las Tablas 51, 52, 53, 54 se muestra el análisis estadístico con la prueba t-Student donde el valor de prueba ($p < 0.05$) con respecto al contenido de materia orgánica,

en lo cual se observa que hay diferencia de medias y una desviación entre los tratamientos (T1 con el T2, T3, T4, T5), (T2 con el T3, T5), (T3 con el T4) y el (T4 con el T5) debido a que el valor de prueba “p” es menor a 0.05, lo que evidencia que entre los tratamientos existe significancia. Excepto el análisis del T2 (20 kg CMC+5 kg de cuyaza) con el T4 (20 kg CMC+15 kg de cuyaza) en cual no se halló significancia entre sus medias, obteniendo como resultado 39.180 % y 39.603% “respectivamente en los resultados finales, siendo su p-valor =0.303 mayor al p-valor “p<0.05” ;de la misma forma el tratamiento T3 (20 kg CMC+10 kg de cuyaza) con el T5 (20 kg CMC+20 kg de cuyaza) en los cuales se obtuvo la misma cantidad de MO ,37.67% y 37.393% respectivamente y con un p=0.513 mayor al p-valor “p<0.05”. ver Anexo 29.

Cuyo caso estadísticamente significa que estos tratamientos son iguales por lo que no existe diferencia entre sus medias tan significativas, es decir que estos tratamientos producen concentraciones iguales de MO en el compost.

En el cual según la prueba estadística al 95 % de confianza el T5 (20 kg de CMC +20 kg de cuyaza) tiene mejores resultados para obtener una buena concentración de MO en el compost y en consecuencia por la igualdad de sus medias también el T3 cumple con lo establecido también.

Tabla 51. Prueba de T-Student de muestras independientes de la materia Orgánica del T 1 con el T2, T3, T4, T5.

variables independientes		Materia Orgánica (MO) %						
CMC kg	kg cuyaza (x)	Media (0 kg)	Media (x)	Diferencias relacionadas				
				Desviación Estándar (0 kg)	Desviación Estándar (x)	t	df	p-Valor
20	5 kg	60.543	39.180	1.075	0.537	30.798	4	0.00001
	10 kg		37.673		0.435	34.160	4	0.00000
	15 kg		39.603		0.310	32.424	4	0.00001
	20 kg		37.393		0.518	33.609	4	0.00000

Tabla 52. Prueba de T-Student de muestras independientes de la materia Orgánica del T2 con el T3, T4, T5

Materia Orgánica (MO) %								
variables independientes			Diferencias relacionadas					
CMC	kg cuyaza	Media	Media	Desviación	Desviación	t	df	P-Valor
kg	(x)	(5kg)	(x)	Estándar	Estándar			
				(5kg)	(x)			
	10 kg		37.673		0.435	3.776	4	0.020
20	15 kg	39.180	39.603	0.537	0.310	-1.183	4	0.302
	20 kg		37.393		0.518	4.149	4	0.014

Tabla 53. Prueba de T-Student de muestras independientes de la materia Orgánica del T3 con el T4, T5

Materia Orgánica (MO) %								
variables independientes			Diferencias relacionadas					
CMC	kg cuyaza	Media	Media	Desviación	Desviación	t	df	P-Valor
kg	(x)	(10kg)	(x)	Estándar	Estándar			
				(10kg)	(x)			
	15 kg		39.603		0.310	0.310	4	0.003
20	20 kg	37.673	37.393	0.435	0.518	0.518	4	0.513

Tabla 54. Prueba de T-Student de muestras independientes de la materia Orgánica del T4 con el T5

Materia Orgánica (MO) %								
variables independientes			Diferencias relacionadas					
CMC	kg cuyaza	Media	Media	Desviación	Desviación	t	df	P-Valor
kg	(x)	(15kg)	(x)	Estándar	Estándar			
				(15kg)	(x)			
20	20 kg	39.603	37.393	0.310	0.518	6.343	4	0.0032

- **Nitrógeno Total (N)**

Por los resultados dados por el p-valor del Shapiro-Wilk y las gráficas de histogramas con su respectiva curva de nivel, dan como resultado que los datos del nitrógeno siguen una distribución normal en los tratamientos T2, T3, T4, T5; siendo el p-valor (>0.05), excepto el T1 donde el p-valor es 0.000 lo cual es menor que el p-valor (>0.05), esto debido a que la normalidad en diseños de experimentos, no es

determinante cuando los datos experimentales son replicados genuinamente con valores similares o iguales. Ver tabla N°55.

Tabla 55. Normalidad de Datos de la prueba de Shapiro - Wilk del nitrógeno

Variable	Tratamiento (dosis de cuyaza)	p-Valor	Nivel de Significancia
N	T1 (0 kg)	0.000	<0.05
	T2(5 kg)	1.000	>0.05
	T3(10 kg)	0.567	>0.05
	T4(15 kg)	0.780	>0.05
	T5(20 kg)	0.780	>0.05

En las Tablas 56, 57, 58, 59 se muestra el análisis estadístico con la prueba t-Student donde el valor de prueba ($p < 0.05$) respecto al contenido de nitrógeno total, en lo cual se observa que hay diferencia de medias y una desviación entre los tratamientos (T1 con T2, T3, T4, T5), (T2 con T4, T5) debido a que el valor de prueba “p” es menor a 0.05, lo que evidencia que entre estos tratamientos existe significancia. En el cual el T1 da mejores resultados de retención de nitrógeno total en el proceso de compostaje, ya que comparado con la norma (Nch2880.of 2005) y con otras revisiones es la que más se acerca al contenido de nitrógeno de Tipo A. Excepto el análisis del T2 con T3, el T3 (20 kg CMC+10 kg de cuyaza) con el T4 (20 kg CMC+10 kg de cuyaza) y T5 (20 kg CMC+15 kg de cuyaza) en cual no se halló significancia entre sus medias, obteniendo como resultado 1,560% 1.537%, 1.483% y 1.453% respectivamente en los resultados finales, siendo su p-valor (0.181, 0.065 y 0.21) respectivamente, mayor al p-valor “ $p < 0.05$ ”. Cuyo caso estadísticamente significa que estos tratamientos son iguales por lo que no existe diferencias tan significativas entre sus medias, es decir que cualquiera de estos tres tratamientos T3, T4, T5 producen concentraciones iguales de Nitrógeno en el compost.

Según la prueba estadística al 95 % de confianza el T1 (20 kg de CMC +0 kg de cuyaza) con 1.7 % tiene mejores resultados para obtener una mayor concentración de nitrógeno en el compost.

Tabla 56 Prueba de T-Student de muestras independientes del nitrógeno del T1 con el T2, T3, T4, T5.

(N)-Nitrógeno (%)								
variables independientes			Diferencias relacionadas					
CMC kg	% cuyaza (x)	Media (0kg)	Media (x)	Desviación Estándar (0kg)	Desviación Estándar (x)	t	df	P-Valor
20	5 kg	1.700	1.560	0.0173	0.010	12.124	4	0.0003
	10 kg		1.537		0.051	5.223	4	0.0064
	15 kg		1.483		0.025	12.284	4	0.0003
	20 kg		1.453		0.025	13.985	4	0.0001

Tabla 57 Prueba de T-Student de muestras independientes del nitrógeno del T2 con T3,T4,T5.

(N)-Nitrógeno (%)								
variables independientes			Diferencias relacionadas					
CMC kg	kg cuyaza (x)	Media (5kg)	Media (x)	Desviación Estándar (5kg)	Desviación Estándar (x)	t	df	P-Valor
20	10 kg	1.560	1.537	0.010	0.051	0.773	4	0.4827
	15 kg		1.483		0.025	4.904	4	0.0080
	20 kg		1.453		0.025	6.822	4	0.0024

Tabla 58 Prueba de T-Student de muestras independientes del nitrógeno del T3 con el T4, T5.

(N)-Nitrógeno (%)								
variables independientes			Diferencias relacionadas					
CMC kg	kg cuyaza (x)	Media (10kg)	Media (x)	Desviación Estándar (10kg)	Desviación Estándar (x)	t	df	P-Valor
20	15 kg	1.537	1.483	0.051	0.025	1.616	4.000	0.181
	20 kg		1.453		0.025	2.525	4.000	0.065

Tabla 59 Prueba de T-Student de muestras independientes del nitrógeno del T4 con el T5.

variables independientes		(N)-Nitrógeno (%)						
		Diferencias relacionadas						
CMC kg	kg cuyaza (x)	Media (15kg)	Media (x)	Desviación Estándar (15kg)	Desviación Estándar (x)	t	df	P-Valor
20	20	1.483	1.453	0.025	0.025	1.460	4	0.2181

- **Fosforo Total**

Por los resultados dados por el p-valor del Shapiro-Wilk y las gráficas de histogramas con su respectiva curva de nivel, dan como resultado que los datos del fósforo siguen una distribución normal en los tratamientos 1, 2, 3; siendo el p-valor (>0.05), excepto el T4 Y T5 donde el p-valor = 0.000 lo cual es menor al siendo esta menor al p-valor (>0.05), esto debido a que la normalidad en diseños de experimentos, no es determinante cuando los datos experimentales son replicados con valores similares o iguales. Ver tabla N°60.

Tabla 60. Normalidad de Datos de la prueba de Shapiro - Wilk del fósforo

Variable	Tratamiento (dosis de cuyaza)	p-Valor	Nivel de Significancia
P2O5	T1 (0 kg)	0.817	>0.05
	T2(5 kg)	1.000	>0.05
	T3(10 kg)	0.637	>0.05
	T4(15 kg)	0.000	<0.05
	T5(20 kg)	0.000	<0.05

En las Tablas 61,62,63, 64 se muestra el análisis estadístico con respecto al contenido de fósforo, en lo cual se observa que hay diferencia de medias y una desviación entre los tratamientos (T1 con T2, T3, T4, T5), (T2 con T3, T4, T5) y (T4 con T5) debido a que el valor de prueba “p” es menor a 0.05, lo que evidencia que entre estos tratamientos existe diferencias significativas. Excepto el análisis del T3 (20 kg CMC+10 kg de cuyaza)

con el T4 (20 kg CMC+10 kg de cuyaza) y T5 (20 kg CMC+15 kg de cuyaza) en cual no se halló significancia entre sus medias, obteniendo como resultado 0.85 % ,0.879% y 0.836 % respectivamente en los resultados finales mayor al p-valor “p<0.05”.

Cuyo caso estadísticamente significa que estos tratamientos son iguales por lo que no existe diferencia tan significativa entre sus medias, es decir que cualquiera de estos tratamientos tanto el T3, T4 y T5 producen concentraciones iguales de Nitrógeno en el compost.

Según la prueba estadística al 95 % de confianza el T4 (20 kg de CMC +15 kg de cuyaza) tiene mejores resultados para obtener una mayor concentración de fósforo en el compost y en consecuencia de la igualdad de sus medias el T3 y T5 de la misma forma.

Tabla 61 Prueba de T-Student de muestras independientes del fósforo del T1 con el T2, T3, T4, T5.

Fosforo(P2O5) %								
variables independientes			Diferencias relacionadas					
CMC kg	kg cuyaza (x)	Media (0 kg)	Media (x)	Desviación Estándar (0kg)	Desviación Estándar (x)	t	df	p-Valor
20	5 kg		0.761		0.029	-4.043	4	0.016
	10 kg	0.609	0.853	0.058	0.015	-7.034	4	0.002
	15 kg		0.879		0.018	-7.676	4	0.002
	20 kg		0.836		0.009	-6.665	4	0.003

Tabla 62 Prueba de T-Student de muestras independientes del fósforo del T2 con el T3, T4, T5.

Fosforo(P2O5) %								
variables independientes			Diferencias relacionadas					
CMC kg	kg cuyaza (x)	Media (5kg)	Media (x)	Desviación Estándar (5kg)	Desviación Estándar (x)	t	df	p-Valor
20	10 kg		0.853		0.015	-4.868	4	0.008
	15 kg	0.761	0.879	0.029	0.018	-5.968	4	0.004
	20 kg		0.836		0.009	-4.243	4	0.013

Tabla 63 Prueba de T-Student de muestras independientes del fósforo del T3 con el T4, T5.

Fosforo(P2O5) %								
variables independientes			Diferencias relacionadas					
CMC	kg cuyaza	Media	Media	Desviación	Desviación	t	df	p-Valor
kg	(x)	(10kg)	(x)	Estándar	Estándar			
				(10kg)	(x)			
20	15 kg	0.853	0.879	0.015	0.018	-1.883	4	0.133
	20 kg		0.836		0.009	1.726	4	0.159

Tabla 64 Prueba de T-Student de muestras independientes del fósforo del T4 con el T5.

Fosforo(P2O5) %								
variables independientes			Diferencias relacionadas					
CMC	kg cuyaza	Media	Media	Desviación	Desviación	t	df	p-Valor
kg	(x)	(15kg)	(x)	Estándar	Estándar			
				(15kg)	(x)			
20	20 kg	0.879	0.836	0.018	0.009	3.713	4	0.021

- **Potasio**

Por los resultados dados por el p-valor del Shapiro-Wilk y las gráficas de histogramas con su respectiva curva de nivel, dan como resultado que los datos del potasio siguen una distribución normal en los 5 tratamientos; siendo el p-valor (>0.05). Ver tabla N°65.

Tabla 65. Normalidad de Datos de la prueba de Shapiro - Wilk del potasio

Variable	Tratamiento (dosis de cuyaza)	p-Valor	Nivel de Significancia
K20	T1 (0 kg)	0.288	>0.05
	T2(5 kg)	0.443	>0.05
	T3(10 kg)	0.525	>0.05
	T4(15 kg)	0.363	>0.05
	T5(20 kg)	1.000	>0.05

En las Tablas 66, 67, 68, 69 se muestra el análisis estadístico con respecto al contenido de potasio, en lo cual se observa que hay diferencia de medias y una desviación entre los tratamientos (T1 con T2, T3, T4, T5), (T2 con T3, T4, T5) y (T4 con T5) debido

a que el valor de prueba “p” es menor a 0.05, lo que evidencia que entre estos tratamientos existe significancia. Excepto el análisis del T3 (20 kg CMC+10 kg de cuyaza) con el T5 (20 kg CMC+15 kg de cuyaza) en el cual no se halló significancia entre sus medias, obteniendo como resultado 2.97% y 3.190% respectivamente en los resultados finales, siendo su p-valor (0.186) respectivamente, mayor al p-valor “p<0.05”;por el cual dicho caso estadísticamente significa que los tratamientos son iguales por lo que no existe diferencia tan significativas entre sus medias , es decir que cualquiera de estos tratamientos tanto el T3 con el T5 producen concentraciones iguales de potasio en el compost.

Según la prueba estadística al 95 % de confianza el T1 (20 kg de CMC +0 kg de cuyaza) con una concentración de 6.769 % tiene mejores resultados en la obtención y retención de potasio en el compost.

Tabla 66 Prueba de T-Student de muestras independientes del potasio del T1 con el T2, T3, T4, T5.

variables independientes		Potasio (K2O) %						
		Diferencias relacionadas						
CMC kg	kg cuyaza (x)	Media (0kg)	Media (x)	Desviación Estándar (0Kg)	Desviación Estándar (x)	t	df	p-Valor
20	5 kg	6.769	4.393	0.166	0.261	13.302	4	0.00018
	10 kg		2.970		0.129	32.706	4	0.00001
	15 kg		2.510		0.053	42.322	4	0.00000
	20 kg		3.190		0.210	23.156	4	0.00002

Tabla 67 Prueba de T-Student de muestras independientes del potasio del T2 con el T3,T4,T5.

variables independientes		Potasio (K2O) %						
		Diferencias relacionadas						
CMC kg	kg cuyaza (x)	Media (5kg)	Media (x)	Desviación Estándar (5kg)	Desviación Estándar (x)	t	df	p-Valor
20	10 kg	4.393	2.970	0.261	0.129	8.660	4	0.001
	15 kg		2.510		0.053	12.248	4	0.000
	20 kg		2.957		0.129	8.546	4	0.001

Tabla 68 Prueba de T-Student de muestras independientes del potasio del T3 con el T4, T5.

Potasio (K2O) %								
variables independientes		Diferencias relacionadas						
CMC	kg cuyaza	Media	Media	Desviación	Desviación	t	df	p-Valor
kg	(x)	(10kg)	(x)	Estándar	Estándar			
				(10kg)	(x)			
20	15 kg	2.970	2.510	0.129	0.053	6.359	4	0.003
	20 kg		3.190		0.210	-1.596	4	0.186

Tabla 69 Prueba de T-Student de muestras independientes del potasio del T4 con el T5.

Potasio (K2O) %								
variables independientes		Diferencias relacionadas						
CMC	kg cuyaza	Media	Media	Desviación	Desviación	t	df	p-Valor
kg	(x)	(15kg)	(x)	Estándar	Estándar			
				(15kg)	(x)			
20	20 kg	2.5100	3.1900	0.0529	0.2100	-5.439	4	0.0055

- **Càlcio**

Por los resultados dados por el p-valor del Shapiro-Wilk y las gráficas de histogramas con su respectiva curva de nivel, dan como resultado que los datos del calcio siguen una distribución normal en el Tratamiento (T1, T4 Y T5). siendo el p-valor (>0.05), Excepto el T2 Y T3 donde el p-valor es menor al p-valor (>0.05), esto debido a que la normalidad en diseños de experimentos, no es determinante cuando los datos experimentales son replicados con valores similares o iguales. Ver tabla N°70.

Tabla 70. Normalidad de Datos de la prueba de Shapiro - Wilk del calcio

Variable	Tratamiento (dosis de cuyaza)	p-Valor	Nivel de Significancia
CaO	T1 (0 kg)	1.000	>0.05
	T2(5 kg)	0.000	<0.05
	T3(10 kg)	0.000	<0.05
	T4(15 kg)	0.637	>0.05
	T5(20 kg)	0.637	>0.05

En las Tablas 71,72, 73, 74 se muestra el análisis estadístico con la prueba t-Student para muestras independientes con respecto al contenido de calcio, en lo cual se

observa que hay diferencia de medias y una desviación entre los tratamientos (T1 con T3, T4, T5), (T2 con T3, T4, T5), (T3 con T4, T5) debido a que el valor de prueba “p” es menor a 0.05, lo que evidencia que entre estos tratamientos existe significancia. Excepto el análisis del T1 (20 kg CMC+0 kg de cuyaza) con el T2 (20 kg CMC+5 kg de cuyaza) en el cual no se halló significancia entre sus medias, obteniendo como resultado 3.13 % y 3.15 % respectivamente en los resultados finales, siendo su p-valor (0.2051) respectivamente, mayor al p-valor “ $p < 0.05$ ”, de la misma forma en el T4 (20 kg CMC+15 kg de cuyaza) con el T5 (20 kg CMC+20 kg de cuyaza) en el cual las medias fueron 3.003 % y 2.977 % respectivamente y con un $p = 0.099$, lo cual no es significativo ; dichos casos estadísticamente significan que estos tratamientos no existe diferencia tan significativas entre sus medias , es decir que cualquiera de estos tratamientos tanto el T1 con el T2 producen concentraciones iguales de calcio en el compost, así como también el T4 con el T5.

En el cual según la prueba estadística al 95 % de confianza el T1 (20 kg de CMC +0 kg de cuyaza) con una concentración de 3.150 % tiene mejores resultados en la obtención de calcio. Por consiguiente, por la igualdad de medias se le incluye al T2.

Tabla 71 Prueba de T-Student de muestras independientes del calcio del T1 con el T2, T3, T4, T5.

variables independientes		Calcio-CaO (%)						
CMC kg	kg cuyaza (x)	Diferencias relacionadas		Desviación Estándar (0 kg)	Desviación Estándar (x)	t	df	p-Valor
		Media (0 kg)	Media (x)					
20	5 kg		3.137		0.012	1.512	4	0.2051
	10 kg		2.870		0.052	9.165	4	0.0008
	15 kg	3.150	3.003	0.010	0.015	13.914	4	0.0002
	20 kg		2.977		0.015	16.444	4	0.0001

Tabla 72 Prueba de T-Student de muestras independientes del calcio del T2 con él, T3, T4, T5.

Calcio-CaO (%)								
variables independientes			Diferencias relacionadas					
CMC kg	kg cuyaza (x)	Media (5kg)	Media (x)	Desviación Estándar (5kg)	Desviación Estándar (x)	t	df	p-Valor
20	10 kg		2.870		0.052	8.677	4	0.0010
	15 kg	3.137	3.003	0.012	0.015	12.060	4	0.0003
	20 kg		2.977		0.015	14.473	4	0.0001

Tabla 73 Prueba de T-Student de muestras independientes del calcio del T3 con el T4, T5.

Calcio-CaO (%)								
variables independientes			Diferencias relacionadas					
CMC kg	kg cuyaza (x)	Media (10kg)	Media (x)	Desviación Estándar (10kg)	Desviación Estándar (x)	t	df	p-Valor
20	15 kg		3.003		0.015	-4.264	4	0.013
	20 kg	2.870	2.977	0.052	0.015	-3.411	4	0.027

Tabla 74 Prueba de T-Student de muestras independientes del calcio del T4 con el T5.

Calcio-CaO (%)								
variables independientes			Diferencias relacionadas					
kg CMC	kg cuyaza (x)	Media (15kg)	Media (x)	Desviación Estándar (15kg)	Desviación Estándar (x)	t	df	p-Valor
20	20 kg	3.003	2.977	0.015	0.015	2.138	4	0.099

- **Magnesio**

Por los resultados dados por el p-valor del Shapiro-Wilk y las gráficas de histogramas con su respectiva curva de nivel, dan como resultado que los datos del magnesio siguen una distribución normal en los tratamientos (2, 3, 4,5); siendo el p-valor (>0.05). Excepto el T1 donde el p-valor fue menor al p-valor (>0.05), esto debido a que la normalidad en diseños de experimentos, no es determinante cuando los datos experimentales son replicados con valores similares o iguales Ver tabla N°75.

Tabla 75. Normalidad de Datos de la prueba de Shapiro - Wilk del magnesio

Variable	Tratamiento (dosis de cuyaza)	p-Valor	Nivel de Significancia
MgO	T1 (0 kg)	0.000	<0.05
	T2(5 kg)	0.567	>0.05
	T3(10 kg)	0.843	>0.05
	T4(15 kg)	0.637	>0.05
	T5(20 kg)	0.843	>0.05

En las Tablas 76, 77, 78, 79 se muestra el análisis estadístico con la prueba t - Student para muestras independientes con respecto al contenido de magnesio, en lo cual se observa que hay diferencia de medias y una desviación entre los tratamientos (T1 con T2, T3, T4, T5), (T2 con T3, T4, T5), (T3 con T4, T5) debido a que el valor de prueba “p” es menor a 0.05, lo que evidencia que entre estos tratamientos existe diferencias significativas. Excepto el análisis del T4 (20 kg CMC+15 kg de cuyaza) con el T5 (20 kg CMC+20 kg de cuyaza) en el cual no se halló significancia entre sus medias, obteniendo como resultado 3.13 % y 3.15 % respectivamente en los resultados finales, siendo su p-valor = 0.2051 , mayor al p-valor “p<0.05”, de la misma forma en el T4 (20 kg CMC+15 kg de cuyaza) con el T5 (20 kg CMC+20 kg de cuyaza) en el cual las medias fueron 1.027 % y 1.997% respectivamente y con un p=0.327 , lo cual no es significativo; lo cual quiere decir que estadísticamente significan que estos tratamientos no existe diferencia tan significativas entre sus medias , es decir que cualquiera de estos tratamientos tanto el T4 y T5 producen concentraciones iguales de magnesio en el compost.

En el cual según la prueba estadística al 95 % de confianza el T3 (20 kg de CMC + 10 kg de cuyaza) con una concentración de 0.903 % tiene mejores resultados en la concentración de magnesio, ya que en la Nch2880-2005 recomiendan un buen compost de Tipo A valores entre 0.5-1 % de magnesio.

Tabla 76 Prueba de T-Student de muestras independientes del magnesio del T1 con el T2, T3, T4, T5

Magnesio-MgO (%)								
variables independientes			Diferencias relacionadas					
CMC	kg cuyaza	Media	Media	Desviación	Desviación	t	df	p-Valor
kg	(x)	(0 kg)	(x)	Estándar	Estándar			
				(0 kg)	(x)			
20	5 kg	1.300	1.177		0.051	3.450	4	0.0260
	10 kg		0.903		0.035	13.928	4	0.0002
	15 kg		1.027	0.035	0.031	10.250	4	0.0005
	20 kg		0.997		0.035	10.651	4	0.0004

Tabla 77 Prueba de T-Student de muestras independientes del magnesio del T2 con el T3, T4, T5

Magnesio-MgO (%)								
variables independientes			Diferencias relacionadas					
CMC	kg cuyaza	Media	Media	Desviación	Desviación	t	df	P-Valor
kg	(x)	(5kg)	(x)	Estándar	Estándar			
				(5kg)	(x)			
20	10 kg	1.177	0.903		0.035	7.614	4	0.002
	15 kg		1.027	0.051	0.031	4.350	4	0.012
	20 kg		0.997		0.035	5.014	4	0.007

Tabla 78 Prueba de T-Student de muestras independientes del magnesio del T3 con el T4, T5

Magnesio-MgO (%)								
variables independientes			Diferencias relacionadas					
CMC	kg cuyaza	Media	Media	Desviación	Desviación	t	df	P-Valor
kg	(x)	(10kg)	(x)	Estándar	Estándar			
				(10kg)	(x)			
20	15 kg	0.903	1.027		0.031	-4.589	4	0.010
	20 kg		0.997	0.035	0.035	-3.255	4	0.031

Tabla 79 Prueba de T-Student de muestras independientes del magnesio del T4 con el T5

Magnesio-MgO (%)								
variables independientes			Diferencias relacionadas					
CMC	kg cuyaza	Media	Media	Desviación	Desviación	t	df	P-Valor
kg	(x)	(15kg)	(x)	Estándar	Estándar			
				(15kg)	(x)			
	20 kg	1.027	0.997	0.031	0.035	1.116	4	0.327

- **Sodio**

Por los resultados dados por el p-valor del Shapiro-Wilk y las gráficas de histogramas con su respectiva curva de nivel, dan como resultado que los datos del sodio siguen una distribución normal en los tratamientos (1,3, 4); siendo el p-valor (>0.05). Excepto el tratamiento T2 y T5 siendo esta menor al p-valor (>0.05), esto debido a que la normalidad en diseños de experimentos, no es determinante cuando los datos experimentales son replicados con valores similares o iguales. Ver tabla 80.

Tabla 80. Normalidad de Datos de la prueba de Shapiro- Wilk del sodio

Variable	Tratamiento (dosis de cuyaza)	p-Valor	Nivel de Significancia
Na	T1 (0 kg)	0.637	>0.05
	T2(5 kg)	0.000	<0.05
	T3(10 kg)	0.194	>0.05
	T4(15 kg)	0.637	>0.05
	T5(20 kg)	0.000	<0.05

En las Tablas 81, 82, 83, 84 se muestra el análisis estadístico con la prueba t student para muestras independientes con respecto al contenido de sodio, en lo cual se observa que hay diferencia de medias y una desviación entre los tratamientos (T1 con T2, T3, T4, T5), (T2 con T3), (T3 con T4, T5) debido a que el valor de prueba “p” es menor a 0.05, lo que evidencia que entre estos tratamientos existe diferencia significativa. Excepto el análisis del T2 (20 kg CMC+15 kg de cuyaza) con el T3 , T4 en el cual no se halló significancia entre sus medias, obteniendo como resultado 0.172% con 0.192 % y 0.167% respectivamente en los resultados finales, siendo su p-valor (0.305,0.811) respectivamente, mayor al p-valor “ $p<0.05$ ”, de la misma forma en el T4 (20 kg CMC+15 kg de cuyaza) con el T5 (20 kg CMC+20 kg de cuyaza) en el cual las medias fueron 0.192 % y 0.167 % respectivamente y con un $p=0.170$, lo cual no es significativo; lo

cual quiere decir que estadísticamente significan que estos tratamientos no existe diferencia tan significativas entre sus medias , es decir que cualquiera de estos tratamientos tanto el T2 con el T4, T5 y T4 con el T5 producen concentraciones iguales de sodio en el compost.

En el cual según la prueba estadística al 95 % de confianza el T5 (20 kg de CMC + 20 kg de cuyaza) con una concentración de 0.167 % tiene mejores resultados en la concentración de sodio en el compost. lo que da entender también el tratamiento T2 y T4 por la igualdad de sus medias produce la misma concentración o similar.

Tabla 81 Prueba de T-Student de muestras independientes del sodio del T1 con el T2, T3, T4, T5

Sodio-Na (%)								
variables independientes		Diferencias relacionadas						
CMC kg	kg cuyaza (x)	Media (0kg)	Media (x)	Desviación Estándar (0kg)	Desviación Estándar (x)	t	df	P-Valor
20	5 kg	0.232	0.172	0.016	0.025	3.530	4	0.024
	10 kg		0.343		0.049	-3.728	4	0.020
	15 kg		0.192		0.016	3.048	4	0.038
	20 kg		0.167		0.020	4.375	4	0.012

Tabla 82 Prueba de T-Student de muestras independientes del sodio del T2 con el T3, T4, T5

Sodio-Na (%)								
variables independientes		Diferencias relacionadas						
CMC kg	kg cuyaza (x)	Media (5kg)	Media (x)	Desviación Estándar (5kg)	Desviación Estándar (x)	t	df	P-Valor
20	10 kg	0.172	0.343	0.025	0.049	-5.391	4	0.006
	15 kg		0.192		0.016	-1.177	4	0.305
	20 kg		0.167		0.020	0.255	4	0.811

Tabla 83 Prueba de T-Student de muestras independientes del calcio del T3 con el T4, T5

Sodio-Na (%)								
variables independientes			Diferencias relacionadas					
CMC	kg cuyaza	Media	Media	Desviación	Desviación	t	df	P-Valor
kg	(x)	(10kg)	(x)	Estándar	Estándar			
				(10kg)	(x)			
	15 kg		0.192		0.016	5.063	4	0.007
		0.343		0.049				
20	20 kg		0.167		0.020	5.741	4	0.005

Tabla 84 Prueba de T-Student de muestras independientes del calcio del T4 con el T5

Sodio-Na (%)								
variables independientes			Diferencias relacionadas					
CMC	kg cuyaza	Media	Media	Desviación	Desviación	t	df	P-Valor
kg	(x)	(15kg)	(x)	Estándar	Estándar			
				(15kg)	(x)			
20	20 kg	0.192	0.167	0.016	0.020	1.669	4	0.170

- **Relación C: N**

Por los resultados dados por el p-valor del Shapiro -Wilk y las gráficas de histogramas con su respectiva curva de nivel, dan como resultado que los datos de la relación C/N siguen una distribución normal en los 5 tratamientos; siendo el p-valor (>0.05). Ver tabla N°85.

Tabla 85. Normalidad de Datos de la prueba de Shapiro - Wilk de la relación C/N

Variable	Tratamiento (dosis de cuyaza)	p-Valor	Nivel de Significancia
C/N	T1 (0 kg)	0.163	>0.05
	T2(5 kg)	0.398	>0.05
	T3(10 kg)	0.381	>0.05
	T4(15 kg)	0.391	>0.05
	T5(20 kg)	0.246	>0.05

En las Tablas N°86, 87, 88, 89 se muestra el análisis estadístico con la prueba t student para muestras independientes con respecto a la relación C/N, en lo cual se observa que hay diferencia de medias y una desviación entre los tratamientos (T1 con T2, T3, T4,

T5), (T2 con T3, T4, T5), (T3 con T4) y (T4 con T5) debido a que el valor de prueba “p” es menor a 0.05, lo que evidencia que entre estos tratamientos existe significancia. Excepto el análisis del T3 (20 kg CMC+15 kg de cuyaza) con el T5 (20 kg CMC+ 20 kg de cuyaza) en el cual no se halló significancia entre sus medias, obteniendo como resultado 12, 277% con 13,076 % respectivamente en los resultados finales, siendo su p-valor (0.087) mayor al p-valor “p<0.05”, , lo cual no es significativo; llegando a la conclusión que estadísticamente significan que estos tratamientos no existe diferencia tan significativas entre sus medias , es decir que cualquiera de estos tratamientos tanto el T3 como el T5 tienen igual relación C/N en el compost.

En el cual según la prueba estadística al 95 % de confianza el T3 (20 kg de CMC + 10 kg de cuyaza) con una concentración de 12.277 % tiene mejor en la obtención de una buena relación C/N en el compost. lo que da entender también el tratamiento T4 por la igualdad de sus medias produce la misma relación C/N.

Tabla 86 Prueba de T-Student de muestras independientes de la relación C/N del T1 con el T2, T3, T4, T5

Relación C: N (%)								
variables independientes		Diferencias relacionadas						
CMC kg	kg cuyaza (x)	Media (0kg)	Media (x)	Desviación Estándar (0kg)	Desviación Estándar (x)	t	df	P-Valor
20	5 kg		14.963		0.122	13.707	4	0.0002
	10 kg		12.277		0.580	15.736	4	0.0001
	15 kg	20.167	13.649	0.646	0.146	17.041	4	0.0001
	20 kg		13.076		0.196	18.189	4	0.0001

Tabla 87 Prueba de T-Student de muestras independientes de la relación C/N del T2 con el T3, T4, T5

Relación C: N (%)								
variables independientes			Diferencias relacionadas					
CMC	kg cuyaza	Media	Media	Desviación	Desviación	t	df	P-Valor
kg	(x)	(5kg)	(x)	Estándar	Estándar			
				(5kg)	(x)			
	10 kg		12.277		0.580	7.849	4	0.0014
20	15 kg	14.963	13.649	0.122	0.146	11.985	4	0.0003
	20 kg		13.076		0.196	14.185	4	0.0001

Tabla 88 Prueba de T-Student de muestras independientes de la relación C/N del T3 con el T4, T5

Relación C: N (%)								
variables independientes			Diferencias relacionadas					
CMC	kg cuyaza	Media	Media	Desviación	Desviación	t	df	P-Valor
kg	(x)	(10kg)	(x)	Estándar	Estándar			
		(10kg)		(10kg)	(x)			
	15 kg		13.649		0.146	-3.972	4	0.017
20	20 kg	12.277	13.076	0.580	0.196	-2.261	4	0.087

Tabla 89 Prueba de T-Student de muestras independientes de la relación C/N del T4 con el T5

Relación C: N (%)								
variables independientes			Diferencias relacionadas					
CMC	kg cuyaza	Media	Media	Desviación	Desviación	t	df	P-Valor
kg	(x)	(15kg)	(x)	Estándar	Estándar			
		(15kg)		(15kg)	(x)			
	20 kg	13.649	13.076	0.146	0.196	4.063	4	0.015

4.3. Estimación de compost generado por kilogramo de residuo Orgánico

La gran cantidad de compost generado y la eficiencia que se tuvo para reducir (en masa) los residuos sólidos orgánicos mediante el proceso de compostaje se pueden apreciar en la siguiente gráfica. Ver figura 56.

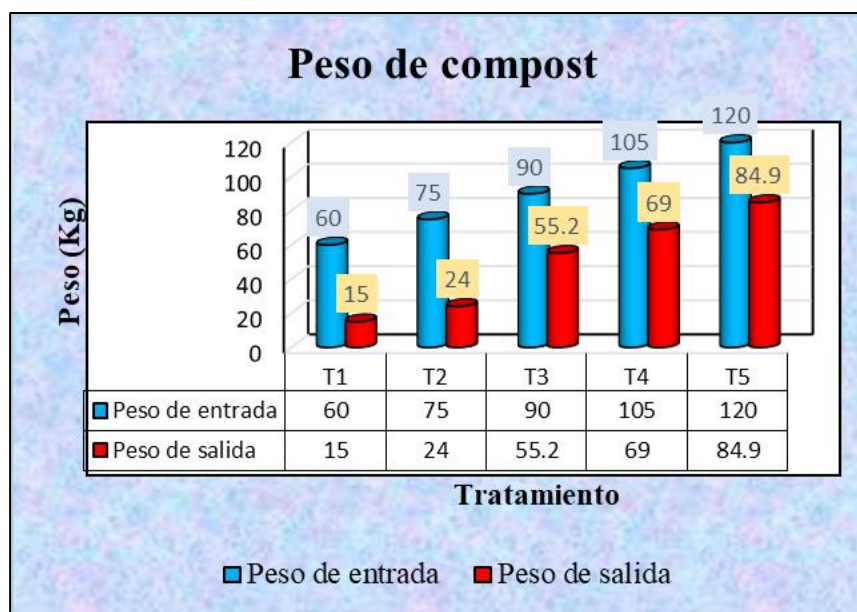


Figura 54. Gráfica del peso del compost obtenido.

Tabla 90. Cuadro de análisis de compost obtenido como producto final del proceso de compostaje

CUADRO DE ANÁLISIS DE COMPOST OBTENIDO					
Pe ₍₁₎ (Kg)	Ps ₍₂₎	P _{RS Z} (3)	RP ₍₄₎ (Kg)	RP ₍₄₎ (%)	Relación Ps ₍₁₎ / (Pe) ₍₂₎
450	248.1	21.9	180	40	0.55

(1): Peso de entrada (Pe)

(2): Peso de Salida (Ps)

(3): Peso de residuos sólidos en zarandeo (P_{RSZ})

(4): Reducción de peso (RP)

En la tabla 90 de análisis podemos observar que la relación de peso de entrada (1) y el peso de salida (2) es de 0.55 kilogramos de compost obtenido por cada kilogramo de residuo orgánico. La reducción de los residuos sólidos en peso que se obtuvo después de los 76 días de proceso de compostaje en esta investigación fue de 40%, siendo la reducción de 180 kg de los 450 kg utilizados inicialmente.

Se llegó a obtener un total de 248.1 Kg de compost como producto final, cuyo material puede ser reutilizado como abono orgánico y asimismo se llegó a obtener 21.9 Kg de residuos de gran tamaño que quedaron el proceso después del zarandeo, que por lo frecuente suele ser residuos que se no se descompusieron por su tamaño al inicio de la

formación de la pila, lo cual se concluye que la trituración no fue de los más homogénea posible.

4.4.Verificación de la Hipótesis

A través del análisis realizado anteriormente sobre los componentes fisicoquímicos del compost obtenido conjuntamente con el análisis de calidad de compost mediante la norma chilena (Nch2880.of2005) y otras revisiones se ha demostrado que materiales lignocelulósicos como la cáscara de mazorca de cacao ha sido más efectiva en presencia de cuyaza lo cual contiene microorganismos eficientes que aceleran el proceso de descomposición del material y ayudan a obtener un producto final más estable con el contenido de nutrientes necesarios y mejorados para la utilización en diferentes cultivos agrícolas (Salazar et al, 2003). Por todo ello se permite rechazar la hipótesis nula (H0) y aceptar la hipótesis alternativa (Ha) “La aplicación de cuyaza si influye en la elaboración de compost mediante el sistema pilas con volteo a partir de cáscara de la mazorca de cacao en la comunidad las Malvinas-Kimbiri-VRAEM”; constatando con la tabla N°91, que de acuerdo a sus características el T5 tiene mejores resultados y es tipificado como compost de clase A según (Nch2880.of 2005).

Asimismo, se observó que el contenido de humedad en los 5 tratamientos es mayor a lo sugerido; Sin embargo, dicho parámetro se puede mejorar durante el proceso de compostaje con una mayor aireación en caso de que se desee obtener una mejor calidad del producto final. De la misma forma se presencié altas concentraciones de fósforo y calcio en los resultados finales en los 5 tratamientos.

Tabla 91. Resumen de los resultados del Análisis de compost con la (Nch2880.of 2005)

Parámetros	Tratamientos					Norma de calidad de compost del Instituto de Normalización de Chile (Alcázar, 2005)		
	ITEM	T1	T2	T3	T4	T5	CLASE A	CLASE B
PH	9.86	9.48	8.81	8.46	8.26	5-8.5	5-8.5	
CE (dS/m)	17.47	13.73	12.64	15.36	15.00	<3	< 8	
MO (%)	60.54	39.18	37.67	39.60	37.39	> =20	>=20	
Hd (%)	54.51	53.23	55.04	55.74	49.83	30-45	30-45	
N (%)	1.50	1.47	1.54	1.54	1.56	>=0.5	>=0.5	> 5
P2O5 (%)	0.61	0.76	0.85	0.88	0.84	0.8 - 2.5	0.6- 0.8	<0.6
K2O (%)	6.77	4.39	2.96	2.51	3.19	0.5- 2	0.35- 0.5	<0.35
CaO (%)	3.15	3.14	2.87	3.00	2.98	1-2.5	2.5-6	>6
MgO (%)	1.70	1.34	1.54	1.48	1.45	0.5-1	1-3	> 3
Na (%)	0.23	0.17	0.34	0.19	0.17			
Relación (C/N)	20.17	14.96	12.28	13.65	13.08	10-25	10- 40	> 50

ITEM	USO
CLASE A	Uso agrícola
CLASE B	Parques, jardines y recuperación de áreas degradadas protegidas
INMADURO	

4.5. Evaluación económica de elaboración de compost con sistema pilas con volteo.

De acuerdo a los resultados el “T5” fue calificado como el tratamiento con mejores resultados en el contenido de nutrientes tanto macro y micronutrientes, siendo esta corroborada con la normativa chilena (Nch2880.of 2005) y otras revisiones, siendo tipificada como compost de calidad A. Cuyo uso es agrícola y se adapta a las necesidades de los agricultores de la zona tanto en la calidad del material como en la cantidad.

Asimismo, al elaborar sus propios abonos los agricultores reducirán el costo económico

y a la vez estarán contribuyendo a una gestión sustentable en la comunidad. Es por ello que realizó el análisis económico que se utilizó con el sistema de pilas con volteo tanto en implementación como en el proceso. Los costos considerados para la producción de compost a base de CMC y cuyaza se pueden apreciar en la siguiente tabla 92.

Tabla 92. Cálculo del costo de la producción de compost

Costo del proceso de compostaje con sistema de pilas con volteo en base al tratamiento óptimo				
Requerimientos	Cantidad	Unidad	Costo unitario (s/)	Costo (s/)
Materia Prima (MP):				
CMC	600	Kg	--	0.00
Cuyaza	600	Kg	--	0.00
Mano de obra directa (MOD):				
03Trabajador para (implementación)	04	días	50.00	200.00
01 trabajador (producción)	76	días	--	0.00
Costos indirectos (CI)				
Herramientas y equipos				
Picos	01	Unid.	46.00	46.00
Palas	01	Unid	35.00	35.00
Balde	01	Unid.	10.00	10.00
KC3008 medidor de pH y T°C	01	Unid.	280.00	280.007
Balanza romana	01	Unid.	45.00	45.00
Construcción de infraestructura				
Rollo de Malla Rachel 80%	2	M2	15.00	30.00
Listones de madera de 1"x 3"	6	Unid.	10.00	60.00
Clavos para madera	24	Unid.	0.50	12.00
Concreto TFC 200.	1.3	M3	250.00	250.00
Techo	1	Unid.	--	0.00
Precio Total de implementación				S/ 968.00

Tabla 93. Costo de compost en mercado nacional

COSTO	CANTIDAD/HECTÁREA	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Costo en mercado de abono Fertilizante	15	Unid.	80	S/ 1200
Costo en mercado de abono Natural	15	Unid	35	S/ 525

Según el estudio realizado por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (2011) en la zona del VRAEM los fertilizantes que más se ofertan son fertilizantes químicos como la Urea, Cloruro de Potasio y Manganeso, entre otros. Y los precios bordea los s/ 30 – s/ 80 nuevos soles por el saco de 50 Kg, los fertilizantes son utilizados

en la producción de café, cacao, piña, Se observa también que el 20% de los productores en el distrito de Kimbiri utilizan fertilizantes químicos.

Dentro del mercado nacional el abono fertilizante de 50 kg cuesta S/80, cuyo abono es utilizado por la zona de Las Malvinas para los cultivos producidos en la zona, en una hectárea de terreno de coca ellos utilizan 15 sacos de dicho material, mientras que en la producción de cacao una cantidad de 15 sacando con el precio de mercado asciende a un total de 1200 -1600 soles en gastos de compra, sin considerar, el transporte del material. Por otra parte, el abono natural producido en la zona traería beneficios tanto ambientales, como económicos. Del procesamiento de 1200 Kg de residuos (cáscara de mazorca de cacao mas cuyaza) se obtendrá 850 Kg de abono Fertilizante lo cual se utilizaría para alimentar a una hectárea de terreno. Se gastaría solo el costo de implementación y proceso por el primer año y los siguientes ya no habría costos de infraestructura, de herramientas y equipos, solo de mano de obra para la producción. (Ver tabla N°92).

Asimismo, si se desea comercializar dicho producto y basados a un costo de mercado nacional, se comercializará a un precio de 35 soles por saco de 50 Kg. Dicho beneficio será para el propio agricultor (Ver tabla N°93).

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- La aplicación de cuyaza en la elaboración de compost a partir de cáscara de mazorca de cacao (*Teobroma Cacao L*) influye significativamente en la obtención de un mejor compost. Obteniendo los mejores resultados en cuanto de parámetros fisicoquímicos (C.E, MO, C/N, pH, Humedad, N, P, K, Mg, Ca, Na) en el T5 (50 Kg de CMC y 50 Kg de cuyaza).
- La variación de la temperatura, pH y humedad permitieron diferenciar las etapas mesofílica, termofílica y de maduración del proceso de compostaje; asimismo se observó el efecto positivo del uso de cuyaza como medio de degradación de la CMC para la obtención de compost.
- De acuerdo a los resultados obtenidos, con un nivel de confianza al 95% se analizó los parámetros fisicoquímicos del compost obtenido a base CMC a diferentes dosis de cuyaza, mostrando indicadores positivos de calidad bajo la Nch2880.0f.2005 y diferentes revisiones, identificando que hubo influencia significativa los tratamientos. Los mejores resultados de pH (8.26) fue en el T5, relación C/N en el T3 (12.27) y T5 (13.07), MO en el T5 (37.39%) y humedad en el T5 (49.8%). En relación al contenido de macronutrientes como N, P, K, Ca, Mg, Na, se mostraron altos porcentajes de estos nutrientes en todos los tratamientos. A excepción del contenido de C.E y de humedad, cuyos resultados fueron excesivos, por lo que dicho material se limita su uso para ciertos cultivos específicos.
- En relación al peso obtenido por kilogramo de residuo ingresado al proceso, hubo una reducción del 40% del material; teniendo una reducción de 180 Kg de los 450 Kg de material utilizados en el proceso de compostaje. Asimismo, se observó que hubo material más fino en los tratamientos que contenían mayor dosis de cuyaza. se pudo

observar que las partículas demasiado grandes no son atacadas por los microorganismos en el mismo tiempo que los demás residuos orgánicos, entonces el tamaño de los residuos orgánicos juega un papel muy importante en la obtención del compost elaborado.

- La implementación y procesamiento con el sistema pilas con volteo en base al tratamiento 5 (mejor tratamiento) generaría un gasto de S/ 968.00 para el primer año. En los años posteriores solo se limitaría a gastos de producción. (ver tabla 91); del mismo modo en base al estudio realizado de reducción de residuos (Ver figura 56) en el campo se obtendría 850 Kg de compost del material generado en una hectárea de terreno, lo cual cubriría para abonar aproximadamente una hectárea de terreno, para cultivos agrícolas, de la zona.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un picado más fino de la materia prima (restos vegetales) para obtener un menor diámetro de partículas a fin de facilitar el proceso de descomposición en el compostaje.
- Se recomienda realizar el análisis del agua que se utilizará en el proceso de compostaje a fin de disminuir la concentración de sales en el compost que será utilizado para la fertilización de las plantaciones y cultivos de la misma comunidad.
- Es importante para tener en cuenta para la calidad de compost el curado (compost maduro) puede también ser determinado en el campo mediante el «test de la mano», se frota un poco del compost entre las palmas de las manos: el compost de buena calidad debe desprenderse fácilmente.
- Se recomienda realizar el proceso en épocas de junio y julio, épocas donde factores como una de ellas las lluvias intensas no influyan en el proceso de compostaje.
- Se recomienda los siguientes investigadores realizar experimentos similares utilizando diferentes tipos de estiércol y/o utilizar la cuyaza en tratar diferentes tipos de residuos de cacao.
- Es importante realizar el proceso de compostaje en un ambiente libre para que no pueda afectar en el incremento adecuado de la temperatura, y en las zonas donde las lluvias son intensas solo de debe utilizar plásticos para cubrir la pila de compost.

- Realizar el análisis físico-química de los residuos sólidos orgánicos a compostar para así determinar las proporciones de cada material que conformará la pila de compostaje.
- Para investigaciones futuras se propone la utilización de un diseño experimental de mezclas y como obtención de variable de respuesta específicas (elementos como C, N, P, K). Asimismo, se propone la evaluación de la efectividad del compost obtenido en la práctica agrícola, mediante la experimentación en el crecimiento de plantas propias de la región.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avendaño. (2003). El proceso de compostaje. Pontificia Universidad de Chile.
- Baena, L., & García Cardona, N. A. (2012). Obtención y caracterización de fibra dietaria a partir de cascarilla de las semillas tostadas de *Theobroma cacao* L. de una industria chocolatera colombiana. Colombia.
- Baptista, L. (2009). Guía técnica el Cultivo de Cacao de la Republica Dominicana, Santo Domingo. Santo Domingo, República Dominicana. Centro Para El Desarrollo Agropecuario Y Forestal CEDAF, 250. [https://doi.org/10.1016/S0365-6691\(10\)70034-4](https://doi.org/10.1016/S0365-6691(10)70034-4).
- Basaure, P. (2011). Manual de Lombricultura.
- Batista, L. (2009). Guía Técnica El Cultivo de Cacao. (Consultado enero 2015). <http://www.rediaf.net.do/publicaciones/guias/download/cacao.pdf>.
- Bradeau, J. (1978). Cacao. Técnicas agrícolas y producciones tropicales. Ed. Blume, Barcelona, España. pp. 89-108.
- Brady, N., Weil, R., 2008. The Nature and Properties of Soils. 14th edition. Pearson Prentice Hall. USA. 990 pp.
- Braudeau, J. (1970). El cacao. Colección de Agricultura Tropical. Barcelona- España: Blume.
- Burnett, C. (1974). Empleo de materiales orgánicos y fertilizantes. Boletín sobre suelos N°27 FAO Roma pag.5.
- Canales, M. (2010). Evaluación de técnicas para acelerar el compostaje de rastrojo vegetal y estiércol de vacuno en el centro modelo de tratamiento de residuos de la Universidad Nacional Agraria la Molina, Tesis de grado. Lima, Perú.

- Capriles de Reyes, L. (1977). Reconocimiento y control de las principales enfermedades y deficiencias nutricionales del cacao en Venezuela. MAC- CENIAP: Fondo Nacional del Cacao. Venezuela.
- Ekimci, K., & Keener, H. (2008). Effects of aeration strategies on the composting process: Part I. Experimental studies. *Trans.ASAE*, 47.
- Enríquez, G (1985). Curso Sobre el Cultivo del Cacao. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=eZgOAQAIAAJ&pg=PA235&&ots=IqoS20Om8H&sig>.
- FAO. (2004). Perspectivas a plazo medio de los productos básicos agrícolas. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/y5143s/y5143s00.pdf>
- FAO. (2018). Guía del compostaje del agricultor. Frutícola.
- Fares, R., Nardo, F. d., & Fares, E. (2011). Composting A to Z. *OMSAR*, 3-12.
- Ferruzzi, C. (2001). Manual de Lombircultura. Mundiprensa, 138.
- Fertilidad y Calidad del Suelo. 21 de octubre de 2011. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. ICIA, 174-186.
- Forero, C; Guerrero, C; Sierra, F. 2014. Producción y uso de pellets de biomasa para la generación de energía térmica: una revisión a los modelos del proceso de gasificación. *ES*. 67 p.
- García Y, Ortiz A, (2007). Efecto de los residuos avícolas en el ambiente. Disponible.<http://www.fertilizando.com/articulos/Efecto%20Residuales%20Avicolas%20Ambiente.asp>.
- Girón, C.; et al., (2001). Efecto de diferentes residuos vegetales en la compostación de cáscara de cacao. *Agronomía tropical*.
- Golueke, C. (2003). Composting and Limiting Factors Principle. *Biocycle*, 22-25.

- Gómez, J., & Estrada, I. (2005). II Congreso sobre Residuos Biodegradables y compost. El reto de fomentar productos finales.
- Gonzales, M. de S. (2016). Reducción de contaminantes atmosféricos e hídricos en agricultura de precisión utilizando sistemas robotizados (tesis doctoral). Universidad de León, León.
- Guamán, (2010). Evaluación de tres fuentes orgánicas (Ovinos, Cuy y Gallinaza) en dos híbridos de cebolla (*Allium cepa*). Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/957/1/T-UTC-1253.pdf>.
- Guerrero. A. (2004). Los Abonos Orgánicos. Guía de Campo de los Cultivos Andinos (pp. 198-200). Lima, Perú: ENCI.
- Gutiérrez-R., Gómez-S., R. y Rodríguez-L., N.F (2011). Comportamiento del crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.), en vivero, sembradas en diferentes volúmenes de sustrato. Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria, volumen 12 (1), 33-42. Recuperado de http://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/4_Comportamiento.pdf.
- Gutiérrez-R., M.; Gómez-S., R. y Rodríguez-L., N.F. (2011). Comportamiento del crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.), en vivero, sembradas en diferentes volúmenes de sustrato. Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria, volumen 12 (1), 33-42. Recuperado de http://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/4_Comportamiento.pdf.
- Haug, R. (2009). The Practical Handbook of Compost Engineering. Florida: Lewis Publishers.

- Haug, R.T. 1993. The Practical Handbook of Compost Engineering. Lewis Publishers. Boca Raton. Florid
- Hernández, J.A. (1981). Análisis de la tecnología utilizada en la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el municipio de San Antonio Suchitepequez, Suchiepequez. Tesis de licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de agronomía Guatemala. 77p.
- Herrera, R. (2012). Gestión Integral de Residuos Sólidos. Recuperado de <http://www.alternativasquemas.cl/fileadmin/ArchivosPortal/Alternativas/COMP OSTAJE/ficha5.pdf>
- http://www.minagri.gob.pe/portal//download/pdf/herramientas/organizaciones/dgpa/documentos/estudio_cacao/4_5_1ayacucho_informe_final.pdf
- Ibar. (1993). The composting process and characterization of maturity. Recycling of cattle manure, 857-8763.
- Instituto Nicaragüense de Tecnología agropecuaria (2010). Guía Tecnológica de cultivo de cacao. Tecnologías INTA, 9-33
- Jimenez, M. (1998). Manual de compost. Cordova: Tesis de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía, Universidad de Córdoba Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes.
- Kimura, R. (2005). Evaluación de los efectos del producto "ENZYMPLUS" (activador biológico) en la elaboración de compost utilizando dos tipos de estiércol (vacuno y ovino). Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae. Escuela de Post -Grado, especialidad de ciencias ambientales. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú. 106 pp.

- Körner I., Braukmeier J., Herrenklage J., Leikam K., Ritzkowski M., Schlegelmilch M., Stegmann R. 2003. Investigation and optimization of composting processes-test systems and practical examples. *Waste Manag.*, 23: 17–26
- Labrador, J. (1996). La materia orgánica en los agrosistemas. Ministerio Agricultura y Pesca. Mundi-Prensa, 115-129.
- Leisa (2005). *Revista de Agroecología Junio Volumen 21 N°1* Página 23 y 24
- López y Boluda. (2008).
- López, C. (2013). "Elaboración de compost a partir de cascarilla e cacao"- Escuela Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
- Manejo del estiércol. (2001). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos. Recuperado de <http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/es/lead/toolbox/Tech/20ManMgn.htm>.
- Marcos, U. N. de S. (2011). ESTUDIO DE MERCADO DE INSUMOS AGRÍCOLAS EN EL VRAEM, 1–161. Retrieved from [papers2://publication/uuid/A0E60708-BB92-4770-9A17-23DFC75F7157](https://publication/uuid/A0E60708-BB92-4770-9A17-23DFC75F7157).
- Marsiglia D, Ojeda K, Ramírez MC, & Sánchez E. (2016). Pectin extraction from cocoa pod husk (*Theobroma cacao* L.) by hydrolysis with citric and acetic acid. Retrieved from. [http://sphinx.sai.com/2016/ch_vol9_no7/2/\(497-507\)V9N7CT.pdf](http://sphinx.sai.com/2016/ch_vol9_no7/2/(497-507)V9N7CT.pdf)
- Walpole, R. E., Myers, R. H., & Myers, S. L. (2007). Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. México: PERSON EDUCACIÓN.
- Marsiglia D, Ojeda K, Ramírez MC, & Sánchez E. (2016). Pectin extraction from cocoa pod husk (*Theobroma cacao* L.) by hydrolysis with citric and acetic acid.

Retrieved from [http://sphinxesai.com/2016/ch_vol9_no7/2/\(497-507\)V9N7CT.pdf](http://sphinxesai.com/2016/ch_vol9_no7/2/(497-507)V9N7CT.pdf).

- Martínez, D. A. (2015). Sistemas de compostaje. Caracterización y evaluación de la cascara de mazorca de cacao como fuente de energía renovable, 329-345.
- Martínez, M.M. (2013). Compostaje. Santiago de Chile, Chile: Oficina Regional de Americana Latina y el Caribe.
- Medeiros, A y Parra, L (1994). Sporulation of *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. in relation to epidemiology and chemical control of black pod disease. Ph. D. Thesis. Riverside. Universidad de California. 220 p.
- Medeiros, A. (1977). Sporulation of *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. in relation to epidemiology and chemical control of black pod disease. Ph. D. Thesis. Riverside. University of California. 220 p.
- Mejía, F., L.; et al., (2002). Abono Orgánico; Manejo y uso en el cultivo de cacao. CORPOICA. Bucaramanga. Colombia.
- Mejía, L.A. & Arguello, O., (2000). Tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de cacao. Publicaciones CORPOICA, Regional 7, Bucaramanga (Colombia).
- Merino, & JAnsoreNa. (2014). Evaluación de la calidad y usos del compost como componentes de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos. Fraisoro.
- Miller, F. (1996). El compostaje como un proceso basado en el control de factores ecológicamente selectivos. En *Soil Microbial Ecology* (págs. 515-544). Nueva York: Metting.
- Ministerio de Agricultura para el valle de los ríos Apurímac y Ene MINAGVRAE (2013). Región Ayacucho VRAE.

- Miyatake, F., & Iwabuchi, K. (2006). Effect of compost temperature on oxygen uptake rate, specific growth rate and enzymatic activity of microorganisms in dairy cattle manure. *Biores. Technol*, 961-965.
- Molina, A. (2012). Producción de abono orgánico con estiércol de cuy. Disponible en: <https://prezi.com/fag-scdj7tds/produccion-de-abono-organico-con-estiércol-de-cuy>.
- Monedero, M., Roig A., Paredes, C. y Bernal, M. 2001. Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. *Biores. Technol.* 78(3):301-8.
- Moons, P. (1997). *Basic On-Farm Composting Manual. Technologies & Practices.*
- Morales, I. (2003). Factibilidad técnico económica de instalar una planta de compost para el tratamiento de residuos orgánicos industriales en la zona sur de Santiago. Memoria Ingeniero Industrial. Santiago, Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- Moreno (2008). Producción de biogás con estiércol de cuy, Volumen 21, número 1, Lima-Perú
- Munongo, M., Nkeng, G., Njukeng, J., Cuéllar, O., Guerrero, G., Muñoz, L., Flood, J. (2012). Actividad antibacteriana de la cáscara de cacao, *Theobroma cacao L* Antibacterial activity of the cacao bean husk, *Theobroma cacao L*. *Revista MVZ Córdoba*, 17(2), 3176–3183. Recuperado en <https://doi.org/10.5897/AJPS12.181>
- Navarro, M. & Mendoza, I. (2009). Cultivo de cacao en sistemas agroforestales. IPADE, Managua (Nicaragua).
- Navarro, R. (2006), CESTA., Amigos de la tierra Manual para hacer composta aeróbica. Recuperado el 07 de junio del 2015. <http://www.cesta-foe.org/recursos/guias.html>.

- Navarro, R. (2006). Manual para realizar composta aeróbica. Amigos de la tierra.
Obtenido de http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/17703/1/articulo6_2.pdf
- Odwole, O. & Arueya, G. (1990) An economic analysis of soap production from cocoa pod husk. *Café, Cacao, The* 34:231-234.
- Olivares, S. J. (2007). Elaboración del chocolate, una técnica dulce y ecológica Técnica industrial. *Revista Semanal*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2013). Manual de compostaje del agricultor, Experiencias en América Latina. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, 112.
- Organización Panamericana de la Salud. (1999). Manual for the Elaboration of Compost. Conceptual Bases and Procedures.
- Ortiz Vargas, M. I. (2015). Determinación de la influencia de la aplicación de diferentes dosis de estiércol de ganado vacuno en la producción de compost a partir de cascara de cacao (*Theobroma cacao* L.). p5.
- Paredes Arce, M. (2015). El horizonte de la productividad agro-forestal. Tingo María-Perú.
- Paredes, M.A. (2003). Manual de Cultivo de Cacao. Programa para el Desarrollo de la Amazonia. <http://www.infocafes.com/descargas/biblioteca/215.pdf>.
- Peixoto, R. (1988). Compostagem. Fundacao Instituto Agronómico Do Paraná.
- Pohlan, H., & Pérez, V. D. (2010). Growth and Production of Cocoa. In Growth and production of cocoa. Retrieved from <http://www.eolss.net/Eolss-sampleAllChapter.aspx>
- Prakash, H., Doherty, D. O., & Bittenbender, H. C. (2011). Farm and Forestry Production and Marketing Profile for Cacao. Permanent Agriculture Resouces. <https://doi.org/10.1533/9780857095671.86>

- Producción y uso de abonos orgánicos: biol, compost y humus. Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social. Diciembre 2014. FONCODES, 9-20
- Revista Lasallista de Investigación (2010), Manejo y procesamiento de la gallinaza. Corporación Universitaria lasallista. Volumen 2. Antioquia, Colombia. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/695/69520108.pdf>
- Rivoire, P. (1981). Essai de recyclage de la matiere organique dans une cacaoyere. . Conferencia Internacional de Pesquisas en Cacao. Proc. VII. Conf. Inter. De Cacao., (págs. 146-150). Cartagena-Colombia.
- Röben, E. (2002). Manual de compostaje para municipios. Obtenido de http://www.opaci.org.py/biblioteca/Servicio_Sanitario/Guia_Saneamiento_Basico/Saneamiento_Basico/3residuos/d3/064_Compostaje_para_Municipios/manual_compostaje.pdf.
- Romero, A y Urrego, E. (2016). Estudio del Cacao en el Perú y en el Mundo. Ministerio de Agricultura y Riego, Primer volumen (2), 9-10. Universidad de León, León.7k
- Romero, A y Urrego, E.B (2016). Estudio del Cacao en el Perú y en el Mundo. Ministerio de Agricultura y Riego, Primer volumen (2), 9-10. Universidad de León, León.
- Sistemas de compostaje. Corporación Nacional Forestal (CONAF,2014), volumen 5.
- Soto, G., Muñoz, C. (2002). Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost, y su empleo en la agricultura orgánica. Agricultura Orgánica, 123-129.
- Zlatko, K., Garzaro, D., & Guerra, F. (junio de 1998). THEOBROMA CACAO L.: Un nuevo enfoque para nutrición y salud.

ANEXOS

ANEXO 1. Tabla de la media de la temperatura durante el proceso del compostaje

DIAS	Temperatura (°C)				
	T1	T2	T3	T4	T5
0	30	32	33	31	33
4	47	44	48	46	48
8	46	42	47	37	44
12	38	37	43	36	47
16	31	29	37	36	45
20	31	30	37	34	41
24	29	29	35	34	38
28	29	30	33	34	37
32	28	29	31	32	34
36	29	28	33	34	37
40	28	28	30	33	33
44	27	29	29	31	32
48	27	28	29	30	31
52	27	27	29	30	31
56	26	28	28	29	31
60	26	27	27	27	28
64	26	28	28	28	29
68	27	28	28	28	30
72	28	29	29	29	30
76	27	27	28	28	28

ANEXO 2. Tabla de la media del pH durante el proceso de compostaje

DIAS	pH				
	T1	T2	T3	T4	T5
0	6	5.5	5.83	5.43	5
4	6	6	6.33	6.33	6.33
8	6.67	6.67	6	7.67	7.67
12	6	6	7.17	7	6.17
16	6.5	6.5	7.5	7.67	7.67
20	5.5	5.5	8.5	8.33	8.5
24	7	7	8	8	8.17
28	6.5	6.5	8.5	8.5	8.5
32	6	6	8.5	8	8
36	6	6	8.5	8.5	8.5
40	7.33	7.33	8.5	8	8.5
44	7	7	8.17	8.5	8.5
48	7	7	8	8	8.5
52	7	7	8.5	8.5	8.5
56	7	7	8.5	8.5	8.5
60	7.17	7.17	8	7.83	8.5
64	7	7	8.5	8.5	8.5
68	7	7	8.5	8	8
72	7	7	7.5	8	8
76	7	7	7.5	7.5	7.67

ANEXO 3. Tabla de la media de la humedad durante el compostaje.

DIAS	Humedad (%)				
	Hd-T1	Hd-T2	Hd-T3	Hd-T4	Hd-T5
0	56	55	54	55	56
4	58	56	58	58	63
8	58	59	59	62	56
12	47	46	50	55	48
16	46	41	47	51	46
20	44	40	43	42	46
24	45	45	47	45	47
28	48	48	50	47	49
32	46	49	53	49	50
36	45	48	50	45	51
40	50	53	50	41	49
44	50	50	45	47	46
48	48	52	47	50	44
52	48	48	50	49	45
56	47	48	45	49	44
60	43	47	45	46	43
64	41	47	47	45	42
68	42	46	47	44	40
72	43	43	46	42	41
76	43	41	40	42	42

ANEXO 4. Evolución del pH , T° y humedad del tratamiento 1

DIAS	TRATAMIENTO 1 (20 % CMC Y 0% de CUYAZA)								
	pH			T°			(%) H		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
0	6	5.5.	6	29	31	29	50	58	60
4	6	6	6	45	48	48	62	60	53
8	6	7	7	45	47	47	62	60	53
12	5	6	7	38	38	38	45	45	50
16	6,5	6.5	6.5	30	31	31	44	46	47
20	6	5.5	5	31	30	31	41	45	46
24	7	7	7	29	29	30	43	47	46
28	6.5	6.5	6.5	29	29	28	48	48	47
32	6	6	6	28	28	28	46	46	45
36	6	6	6	29	29	28	45	45	44
40	7	7.5	7.5	28	28	28	48	50	51
44	7	7	7	27	27	27	50	50	49
48	7	7	7	27	26	27	50	48	46
52	7	7	7	27	27	27	48	48	47
56	7	7	7	26	26	26	47	47	46
60	7	7.5	7	26	26	26	43	45	42
64	7	7	7	26	26	26	42	41	40
68	7	7	7	27	27	27	42	41	42
72	7	7	7	28	28	28	43	44	43
76	7	7	7	27	27	27	43	41	44

ANEXO 5. Evaluación del pH, T° y humedad del tratamiento 2

DIAS	TRATAMIENTOS 2 (CMC Y 5% de CUYAZA)								
	pH			T°			(%) H		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
0	5	5.5	6	32	31	32	54	55	55
4	6	6	6	43	45	45	57	58	52
8	6	7	7	42	42	41	58	57	62
12	5	6	7	38	37	37	47	46	46
16	6.5	6.5	6.5	29	29	29	44	40	40
20	6	5.5	5	30	30	30	44	38	39
24	7	7	7	29	29	29	50	55	45
28	6.5	6.5	6.5	30	30	30	45	55	45
32	6	6	6	29	29	29	48	50	48
36	6	6	6	28	28	28	49	48	48
40	7	7.5	7.5	28	28	28	52	53	53
44	7	7	7	28	29	29	49	50	50
48	7	7	7	27	28	28	50	55	51
52	7	7	7	27	27	27	49	50	45
56	7	7	7	27	28	28	48	50	47
60	7	7.5	7	27	27	27	47	48	47
64	7	7	7	27	28	28	47	47	47
68	7	7	7	28	28	28	45	46	46
72	7	7	7	29	29	29	44	43	43
76	7	7	7	27	27	27	44	40	40

ANEXO 6. Evaluación del pH, T°C y humedad del tratamiento

DIAS	TRATAMIENTOS 3 (CMC Y 10% de CUYAZA)								
	pH			T°			(%) H		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
0	5	6	6.5	32	34	32	48	55	60
4	6	7	6	48	48	48	58	59	56
8	6	6	6	48	47	47	60	59	58
12	7	7	7.5	42	45	42	51	50	50
16	8	7	7.5	38	37	37	47	46	47
20	8.5	8.5	8.5	38	37	37	41	44	43
24	8	8	8	34	35	35	45	50	45
28	8	9	8.5	33	33	33	48	48	55
32	8.5	8.5	8.5	31	31	31	55	50	55
36	8.5	8.5	8.5	33	33	33	50	55	45
40	8.5	8.5	8.5	30	30	31	49	52	50
44	8.5	8	8	28	29	29	45	44	46
48	8	8	8	29	29	29	48	45	48
52	8.5	8.5	8.5	29	29	29	50	52	49
56	8.5	8.5	8.5	28	28	27	45	45	44
60	8	8	8	27	27	27	45	45	45
64	8.5	8.5	8.5	28	28	28	45	47	49
68	8.5	8.5	8.5	28	28	29	45	48	47
72	7.5	7.5	7.5	29	29	29	46	46	48
76	7.5	7.5	7.5	28	28	28	40	40	41

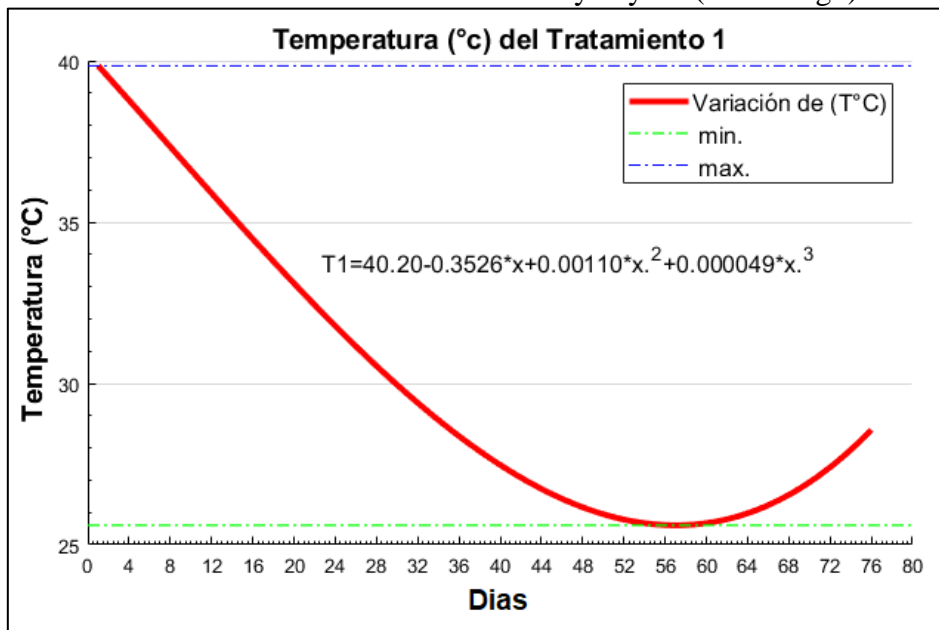
ANEXO 7. Evaluación del pH, T° y humedad del tratamiento 4

DIAS	TRATAMIENTOS 4 (CMC Y 15% de CUYAZA)								
	pH			T°			(%) H		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
0	5.5	5.3	5.5	31	31	31	50	58	58
4	6	7	6	48	44	45	59	56	59
8	7	8	8	37	37	37	66	61	59
12	7	7.5	6.5	36	36	37	55	56	54
16	7.5	8	7.5	36	36	35	50	51	49
20	8.5	8	8.5	34	33	35	42	42	42
24	8	8	8	34	33	35	43	45	45
28	8.5	8.5	8.5	35	33	35	45	45	50
32	8	8	8	32	32	32	49	47	50
36	8.5	8.5	8.5	35	33	35	43	45	46
40	8	8	8	33	33	33	40	41	41
44	8.5	8.5	8.5	31	31	31	48	48	46
48	8	8	8	30	30	30	50	50	51
52	8.5	8.5	8.5	30	30	30	50	50	48
56	8.5	8.5	8.5	29	29	29	50	51	46
60	8	7.5	8	27	27	27	47	47	45
64	8.5	8.5	8.5	28	28	28	46	45	45
68	8	8	8	28	29	28	45	45	43
72	8	8	8	29	29	28	41	43	43
76	7.5	7.5	7.5	28	28	28	41	43	42

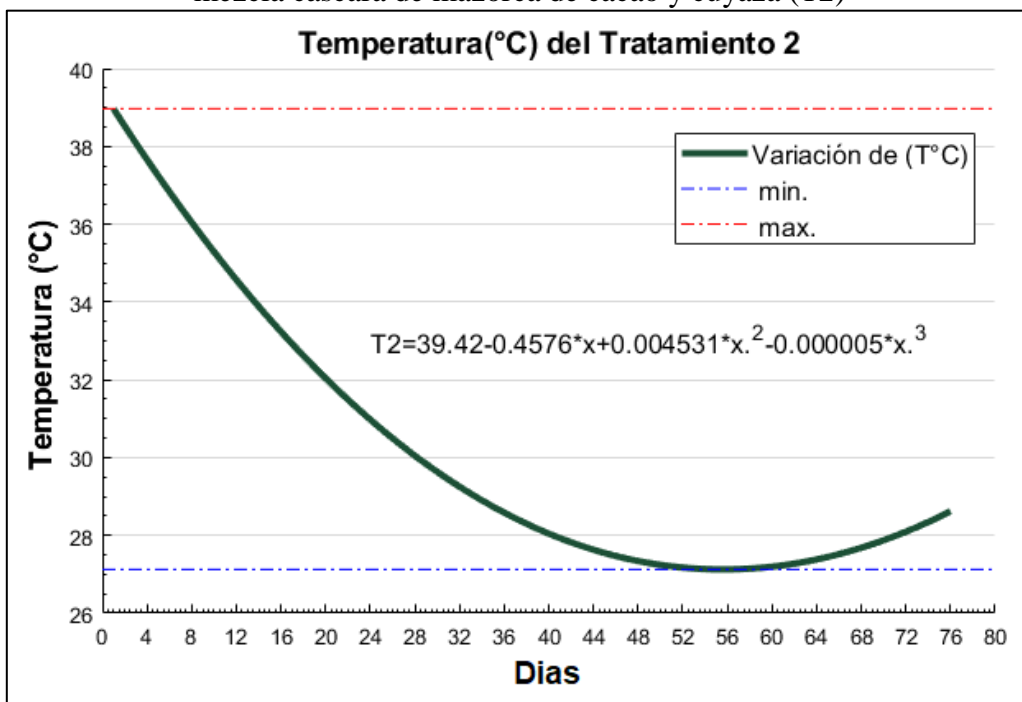
ANEXO 8. Evaluación del pH, T° y humedad del tratamiento 5

DIAS	TRATAMIENTOS 5 (CMC Y 20% de CUYAZA)								
	pH			T°			(%) H		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
0	5	5	5	33	33	33	58	55	55
4	7	6	6	48	47	48	59	65	65
8	8	8	7	47	46	39	58	55	54
12	6	6.5	6	48	47	46	50	48	47
16	8	7.5	7.5	40	43	43	45	48	45
20	8.5	8.5	8.5	41	42	41	47	45	47
24	8	8	8.5	38	38	39	52	45	45
28	8.5	8.5	8.5	37	37	37	50	50	48
32	8	8	8	34	34	34	50	53	48
36	8.5	8.5	8.5	37	37	37	53	51	49
40	8.5	8.5	8.5	33	33	34	50	49	47
44	8.5	8.5	8.5	32	32	32	46	45	46
48	8.5	8.5	8.5	31	31	31	44	45	44
52	8.5	8.5	8.5	30	31	31	45	45	45
56	8.5	8.5	8.5	31	31	31	45	44	43
60	8.5	8.5	8.5	28	28	28	45	43	43
64	8.5	8.5	8.5	29	29	29	40	41	44
68	8	8	8	29	30	30	42	39	40
72	8	8	8	29	30	31	42	40	41
76	7.5	7.5	8	28	28	29	43	40	42

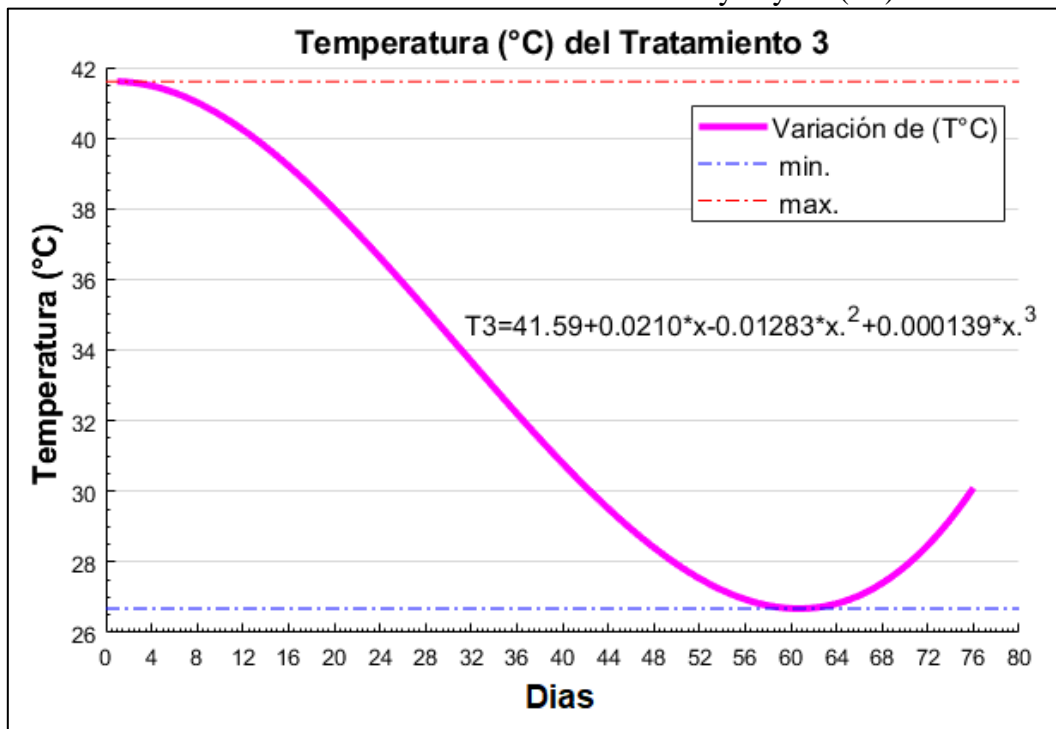
ANEXO 9. Comportamiento de la temperatura en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T1-Testigo)



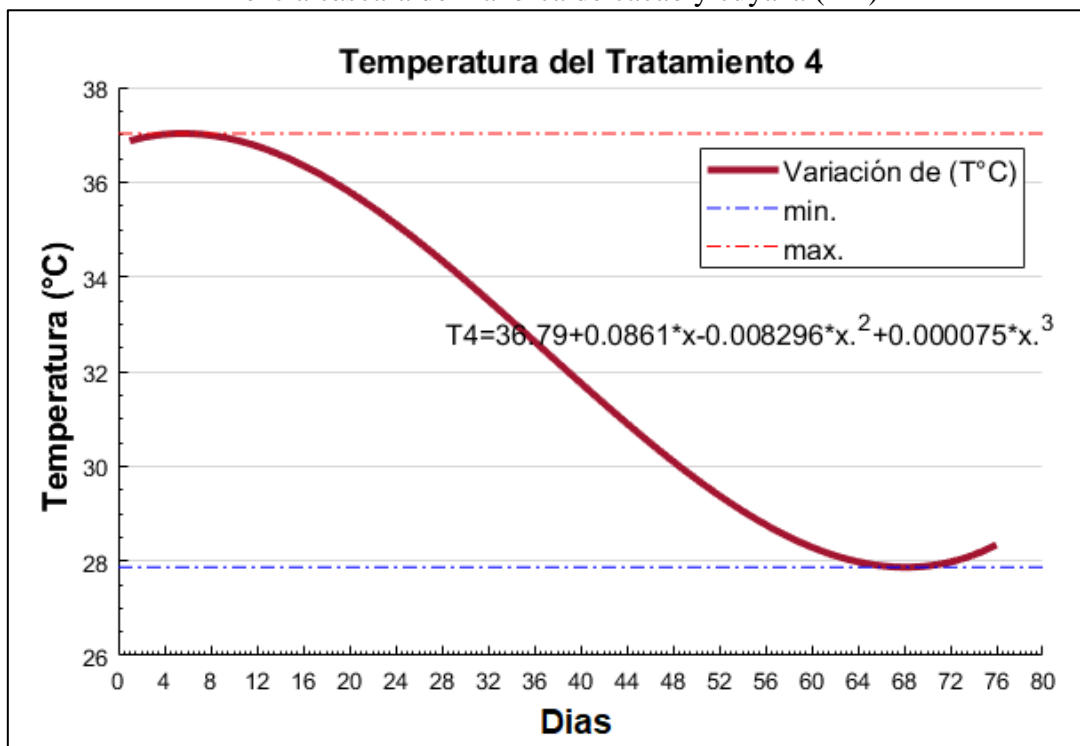
ANEXO 10. Comportamiento de la temperatura en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T2)



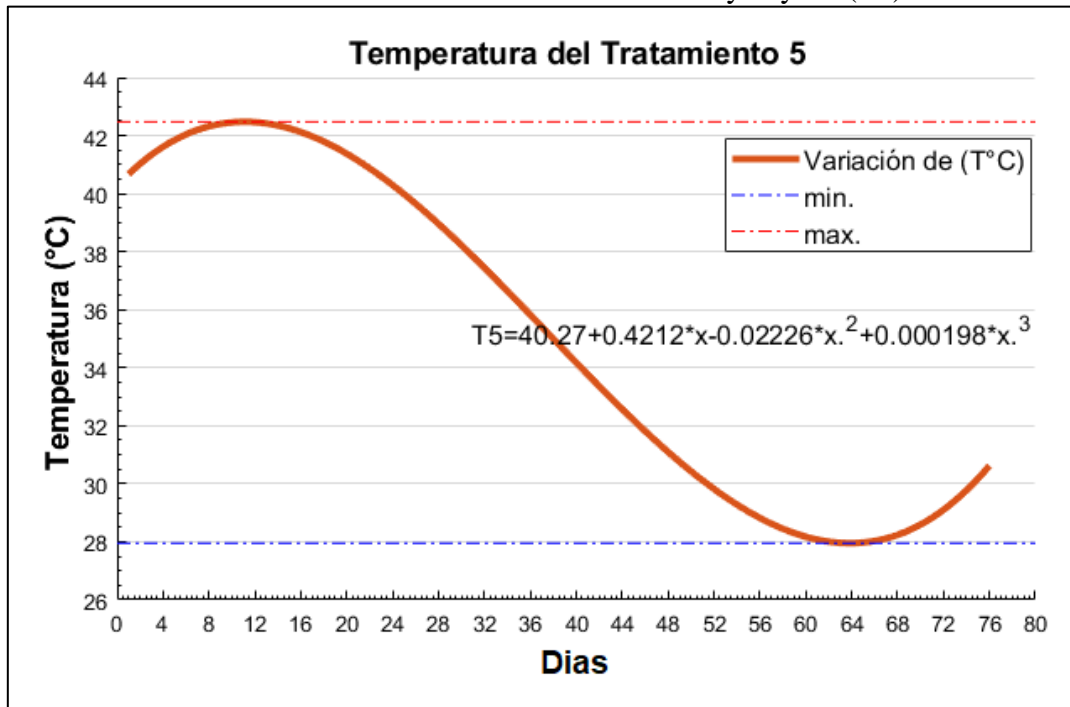
ANEXO 11. Comportamiento de la temperatura en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T3)



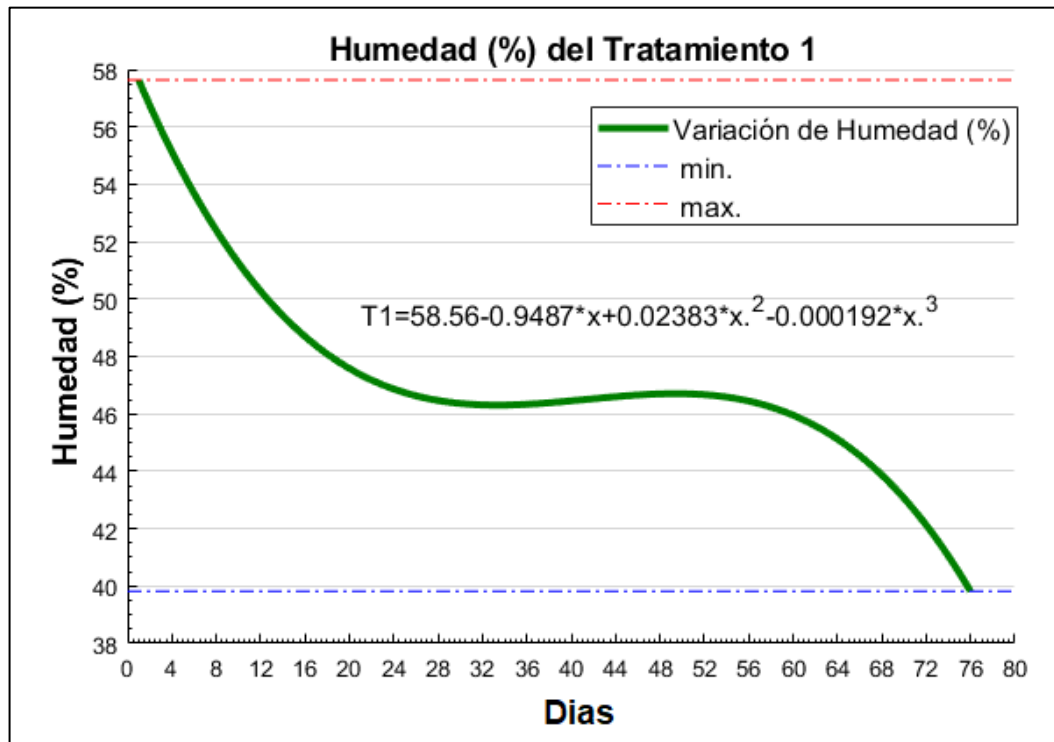
ANEXO 12.. Comportamiento de la temperatura en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T 4)



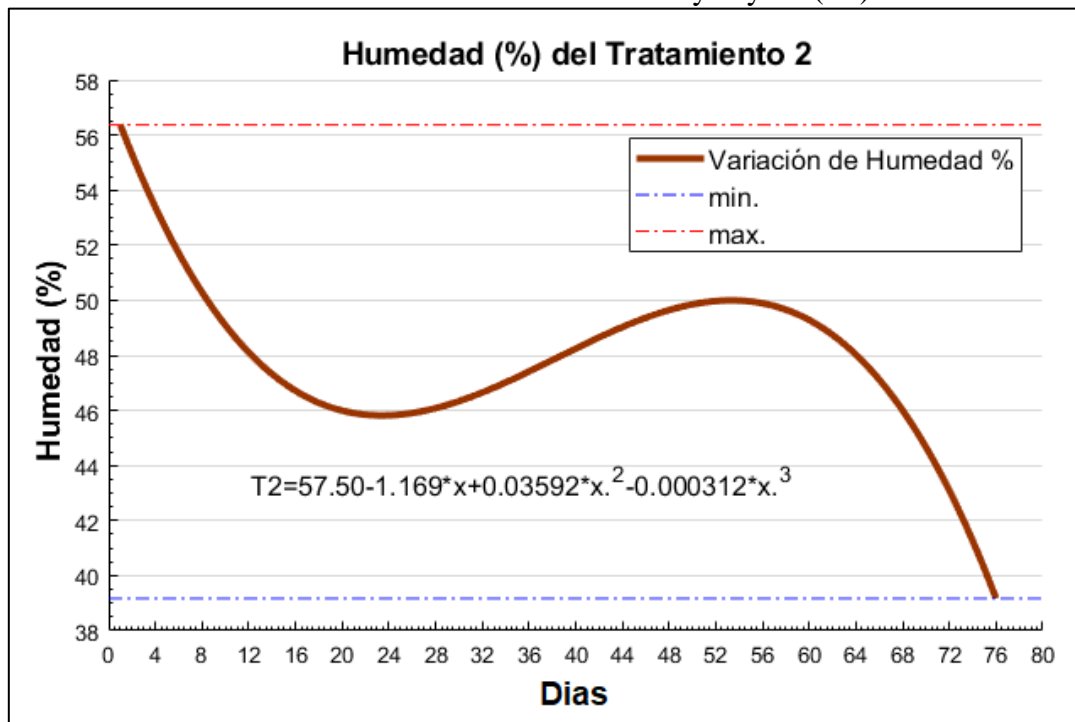
ANEXO 13. Comportamiento de la temperatura en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T5)



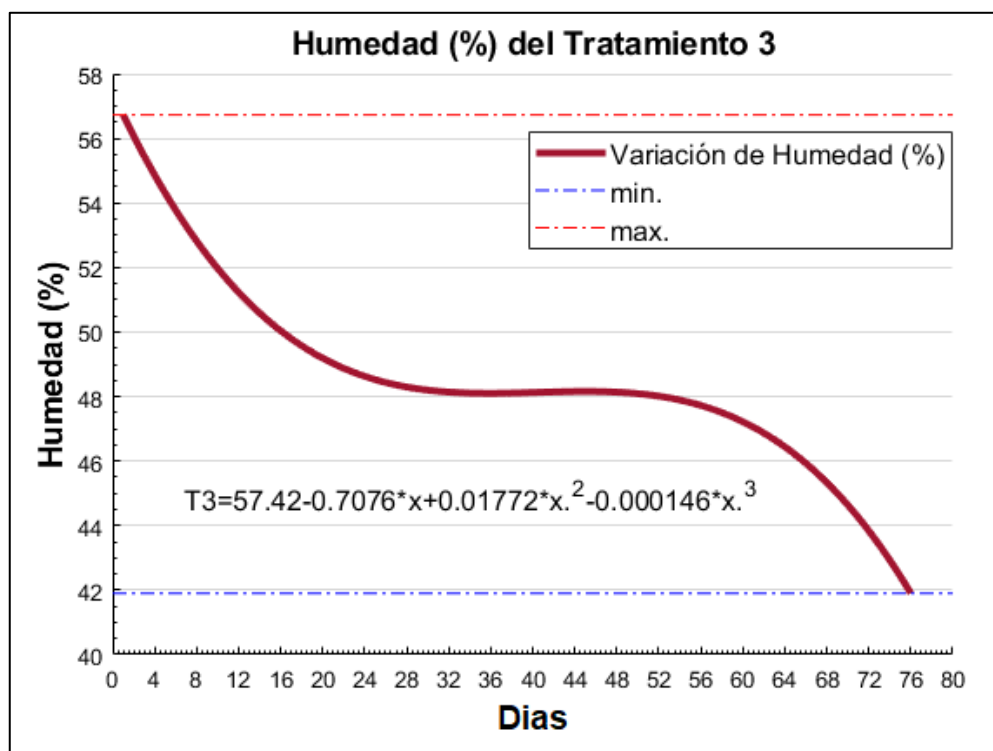
ANEXO 14. Comportamiento de la humedad en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T1)



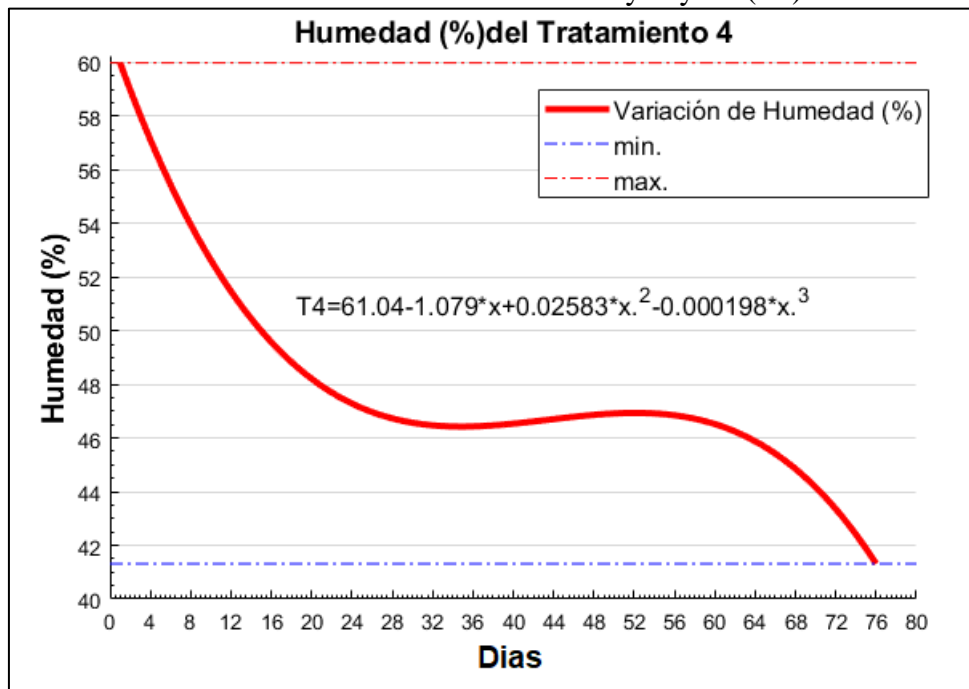
ANEXO 15. Comportamiento de la humedad en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T2).



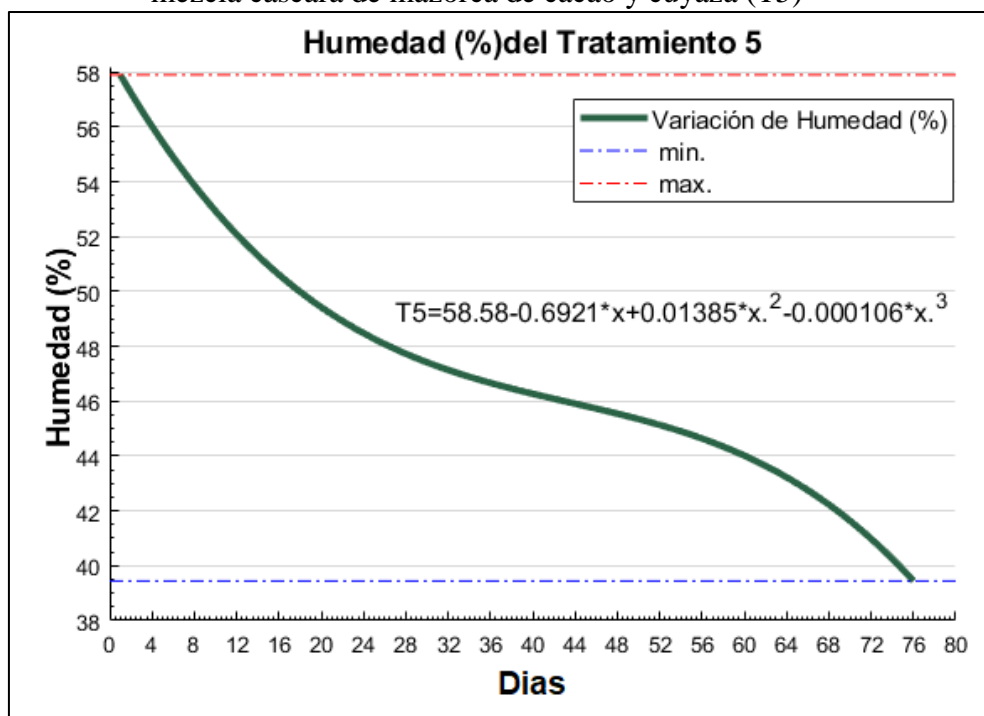
ANEXO 16. Comportamiento de la humedad en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T3)



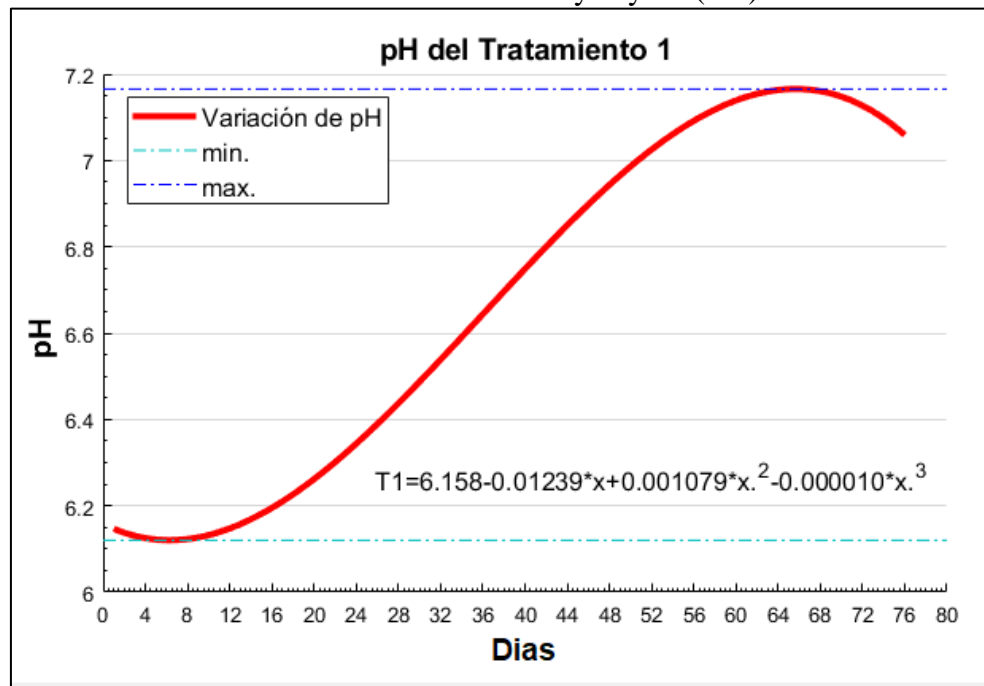
ANEXO 17. Comportamiento de la humedad en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T4)



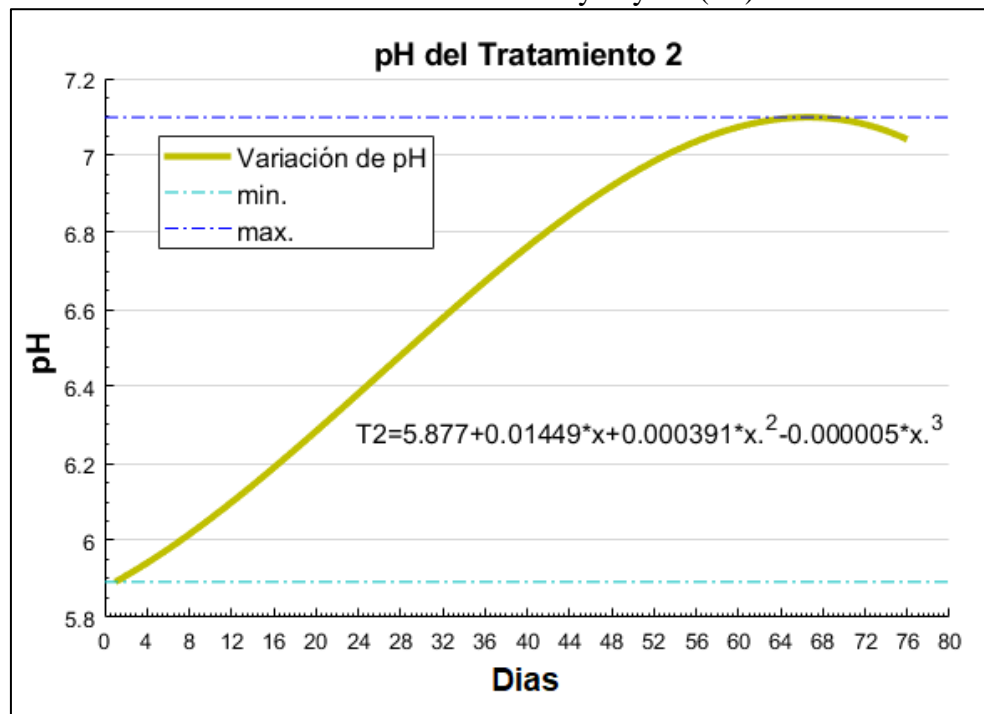
ANEXO 18. Comportamiento de la humedad en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T5)



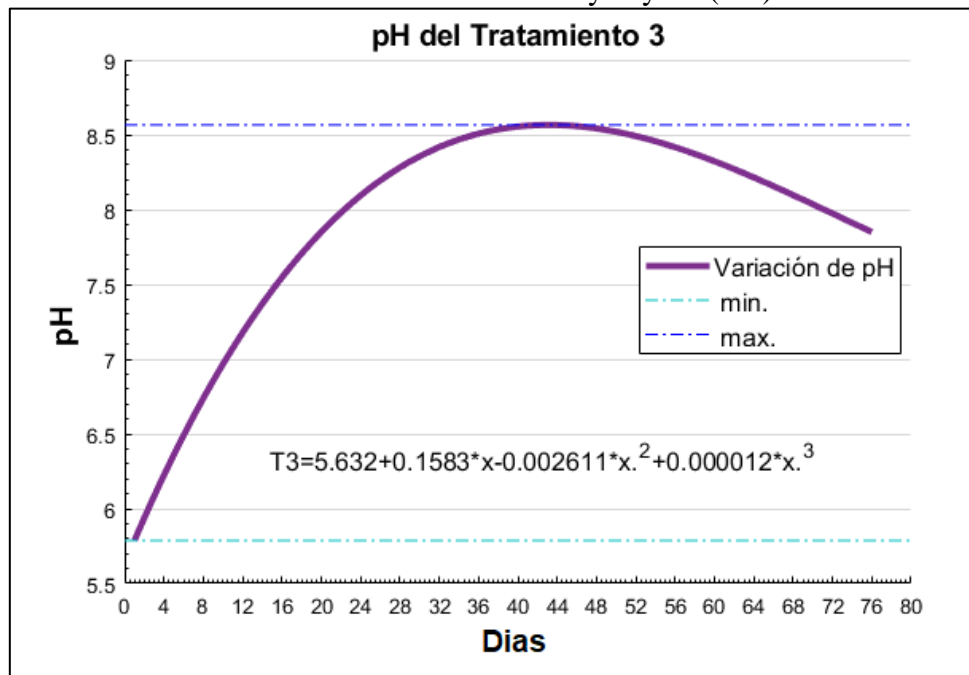
ANEXO 19. Comportamiento del pH en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T 1)



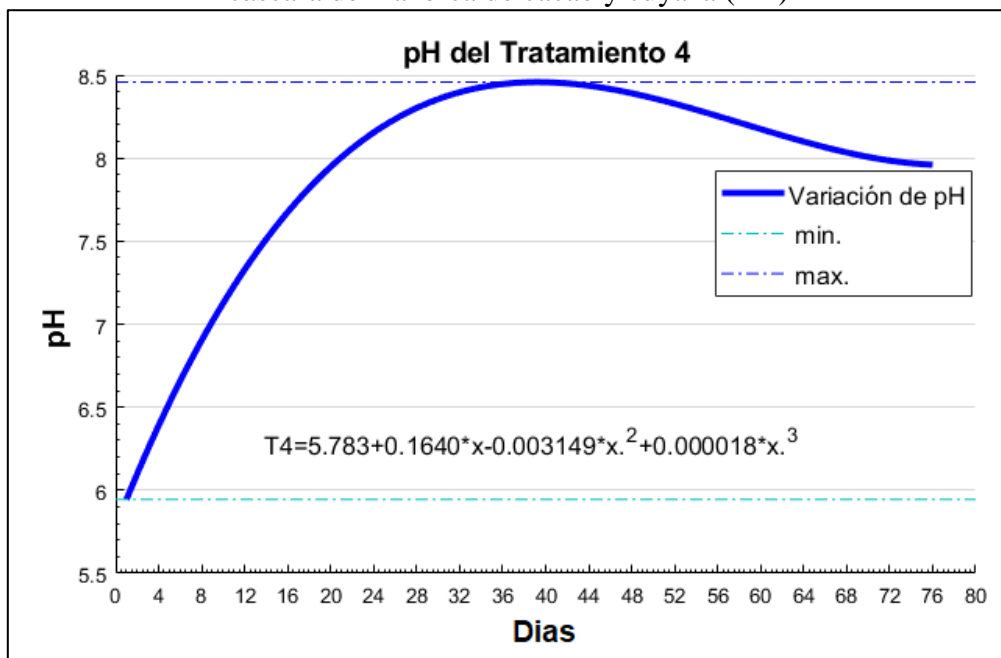
ANEXO 20. Comportamiento del pH en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T2)



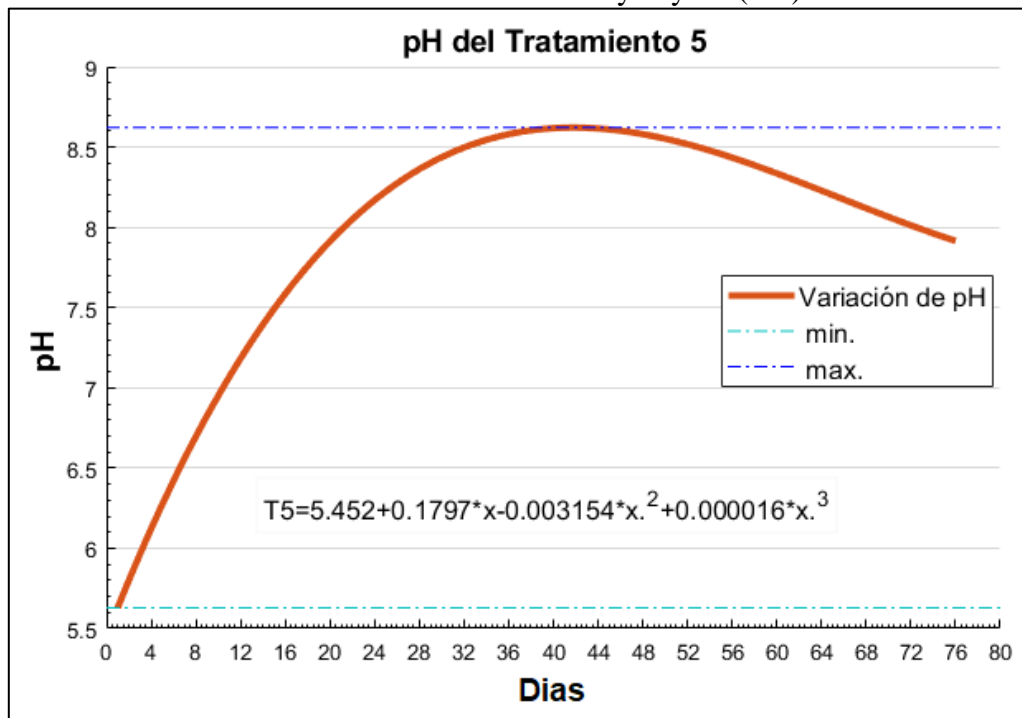
ANEXO 21. Comportamiento del pH en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T 3)



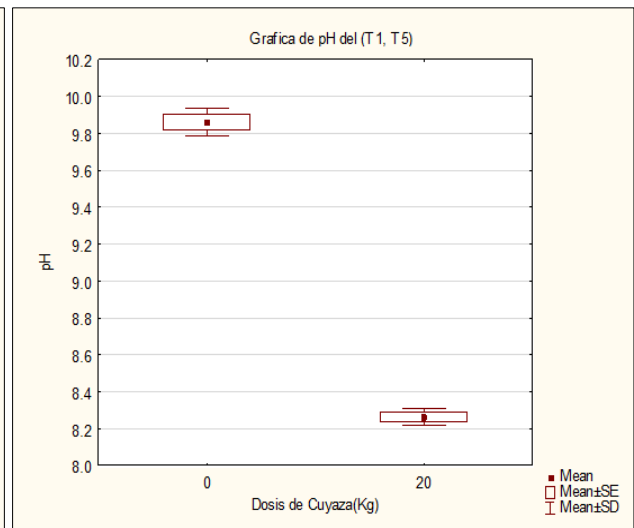
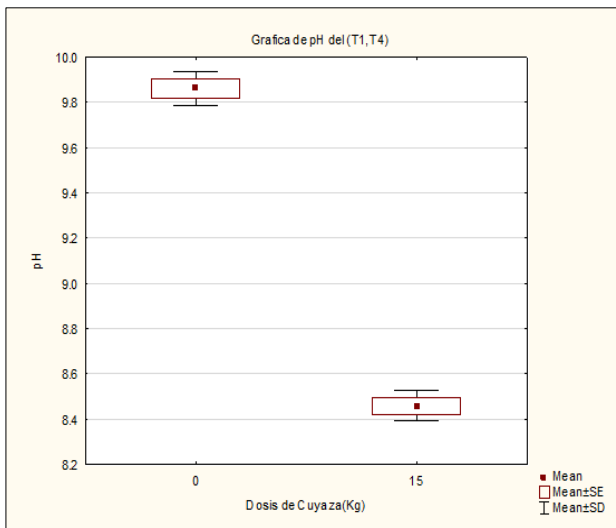
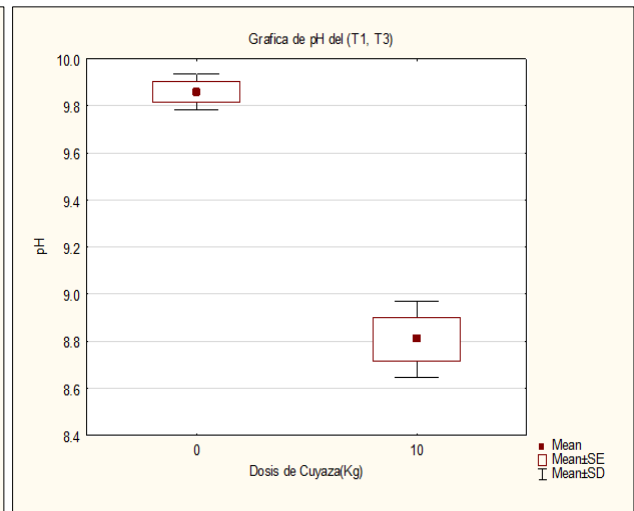
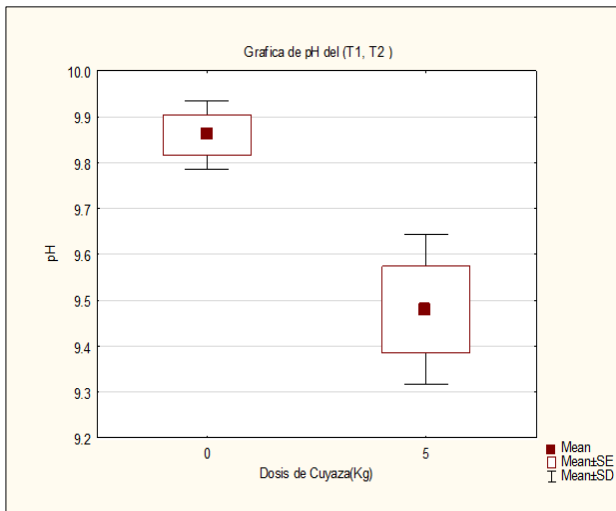
ANEXO 22. Comportamiento del pH en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T 4)



ANEXO 23. Comportamiento del pH en la elaboración del compost de la mezcla cáscara de mazorca de cacao y cuyaza (T 5)

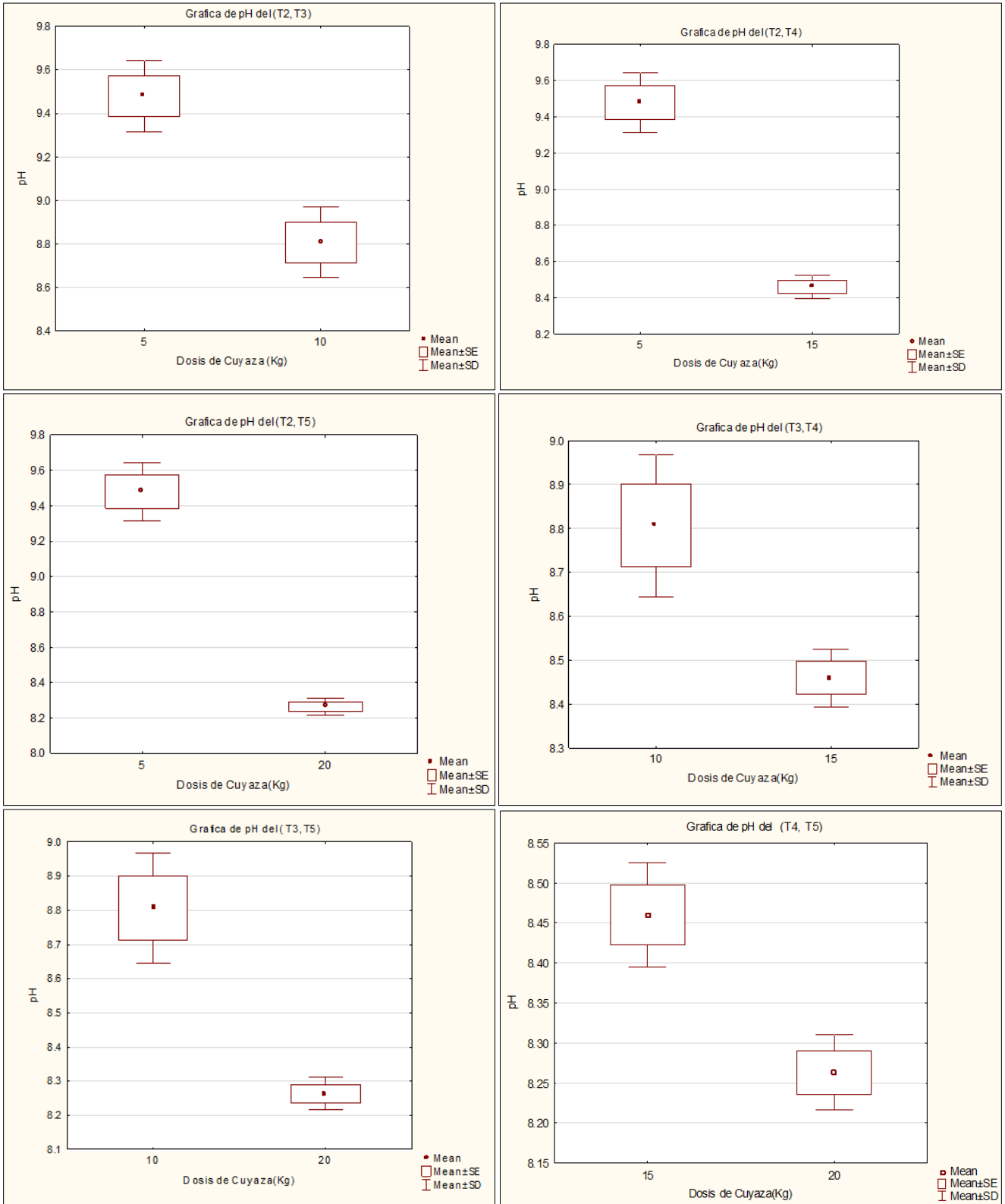


ANEXO 24. Diagrama de cajas del entre tratamientos T1 con (T2, T3, T4, T5) con respecto al pH.

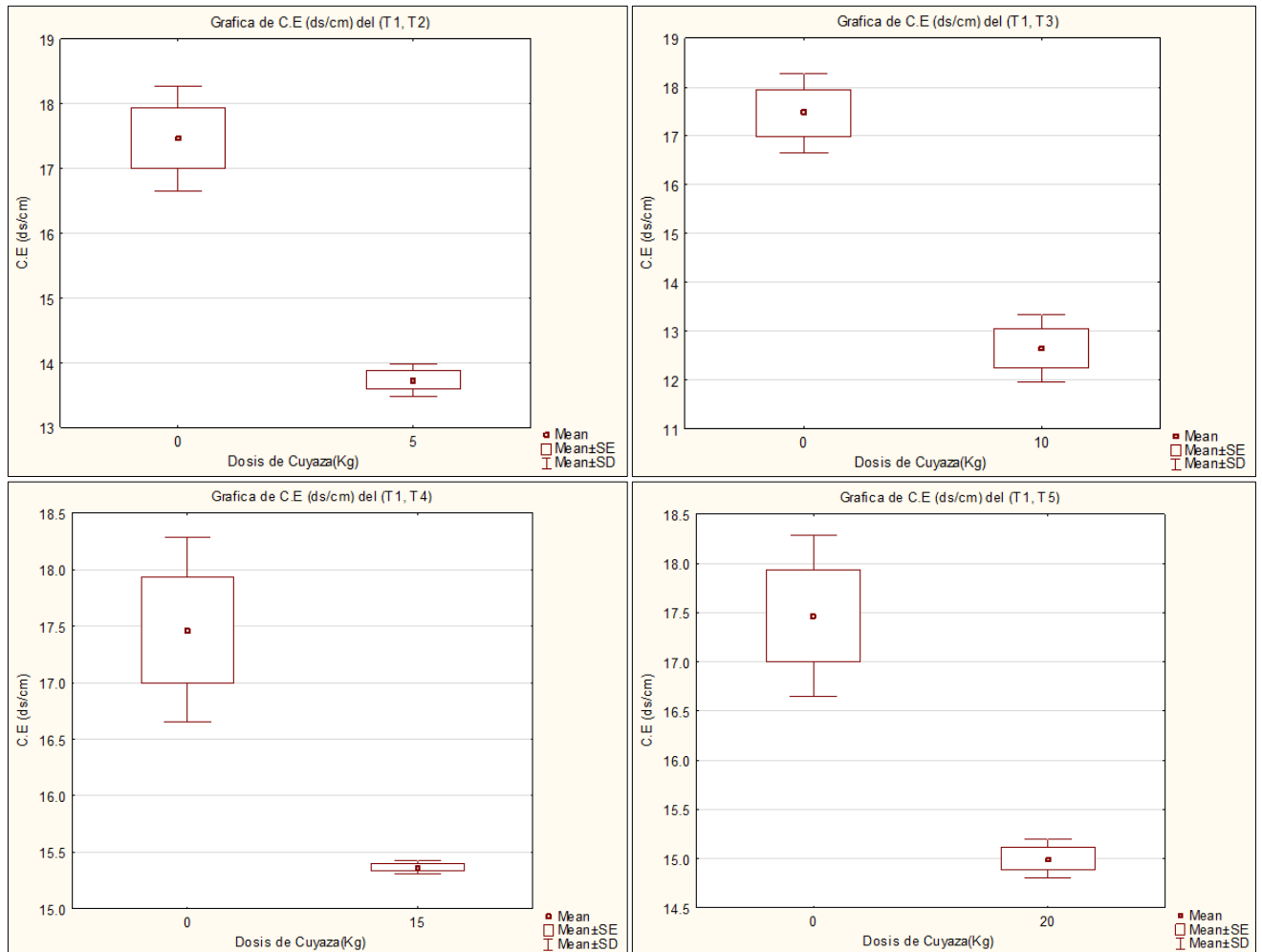


ANEXO 25. Diagrama de cajas entre tratamientos T2 con (T3, T4, T5), T3 con (T4, T5)

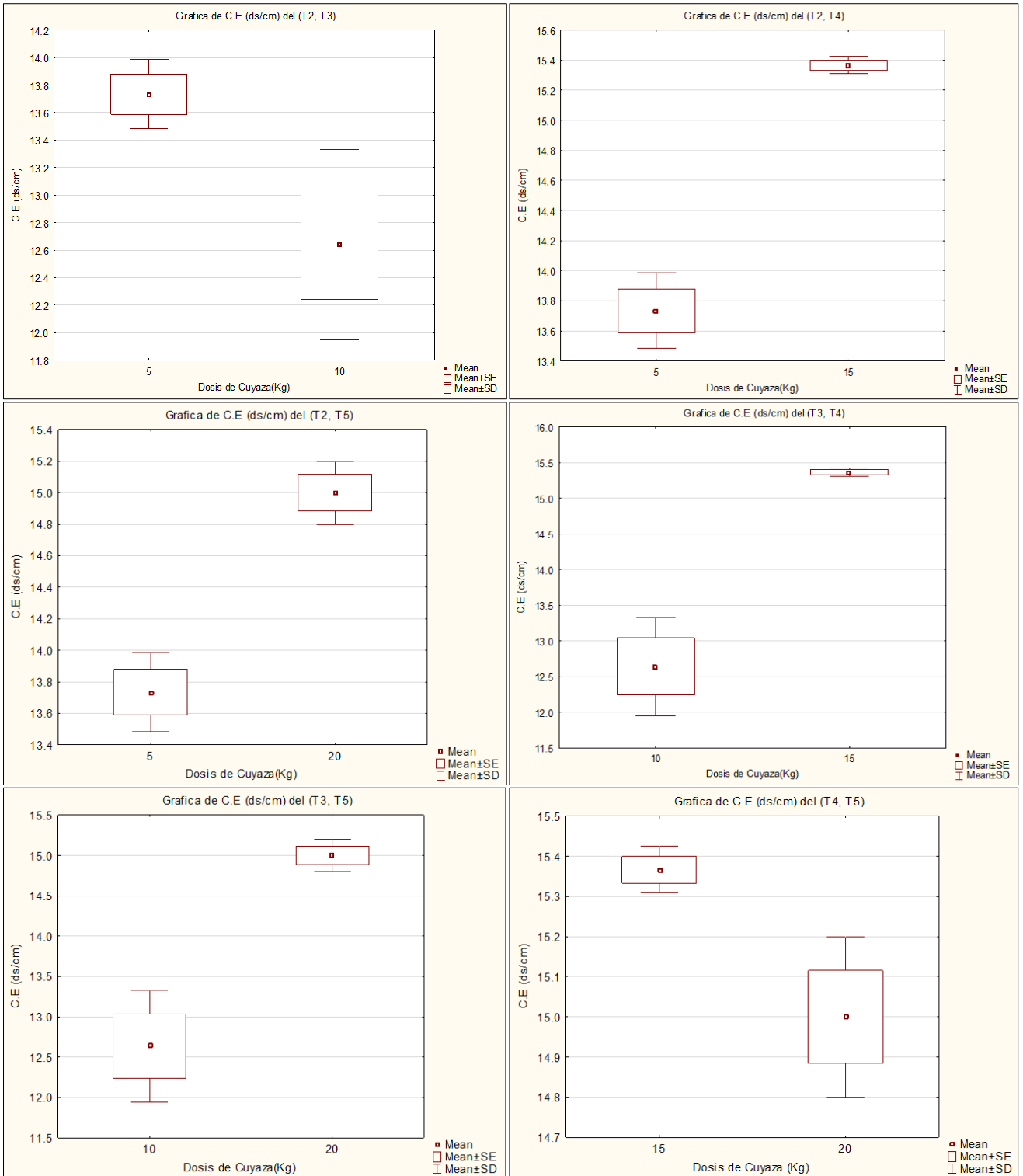
y T4con (T5) con respecto al pH.



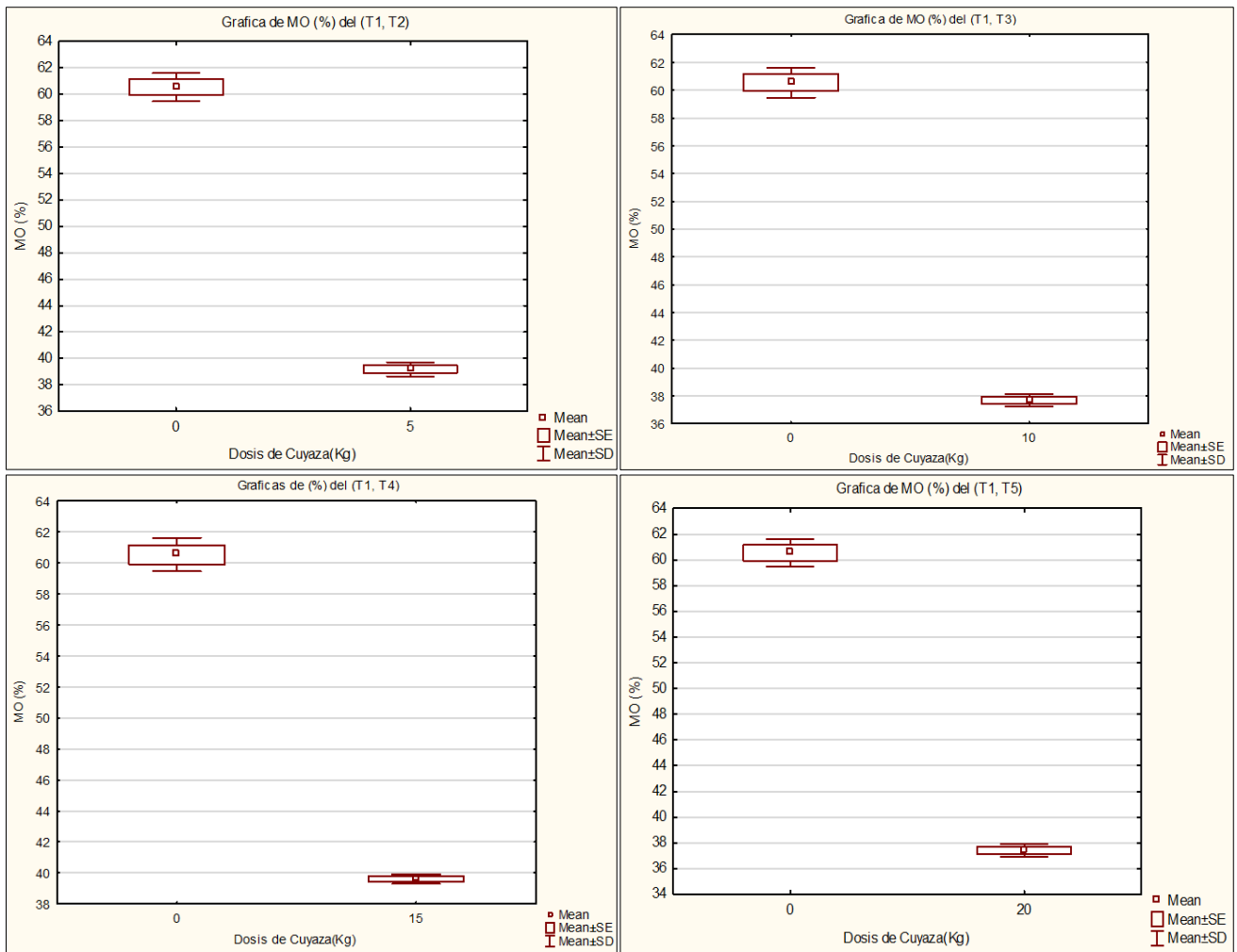
ANEXO 26. Diagrama de cajas del entre tratamientos T1 con (, T2, T3, T4, T5) con respecto a la C.E.



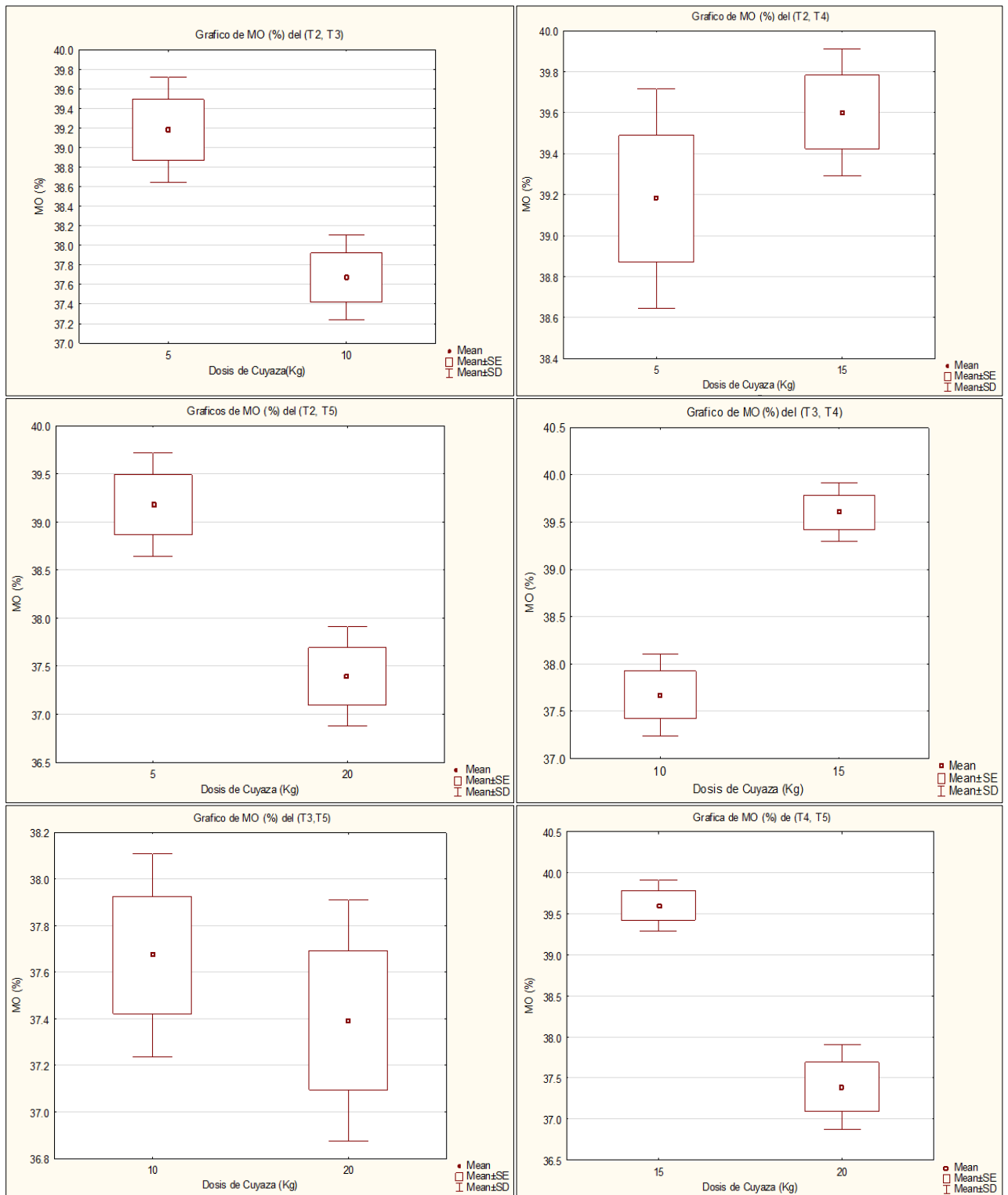
ANEXO 27. Diagrama de cajas del entre tratamientos T2 con (T3, T4, T5), T3 con (T4, T5) y T4 con (T5) con respecto a la C.E.



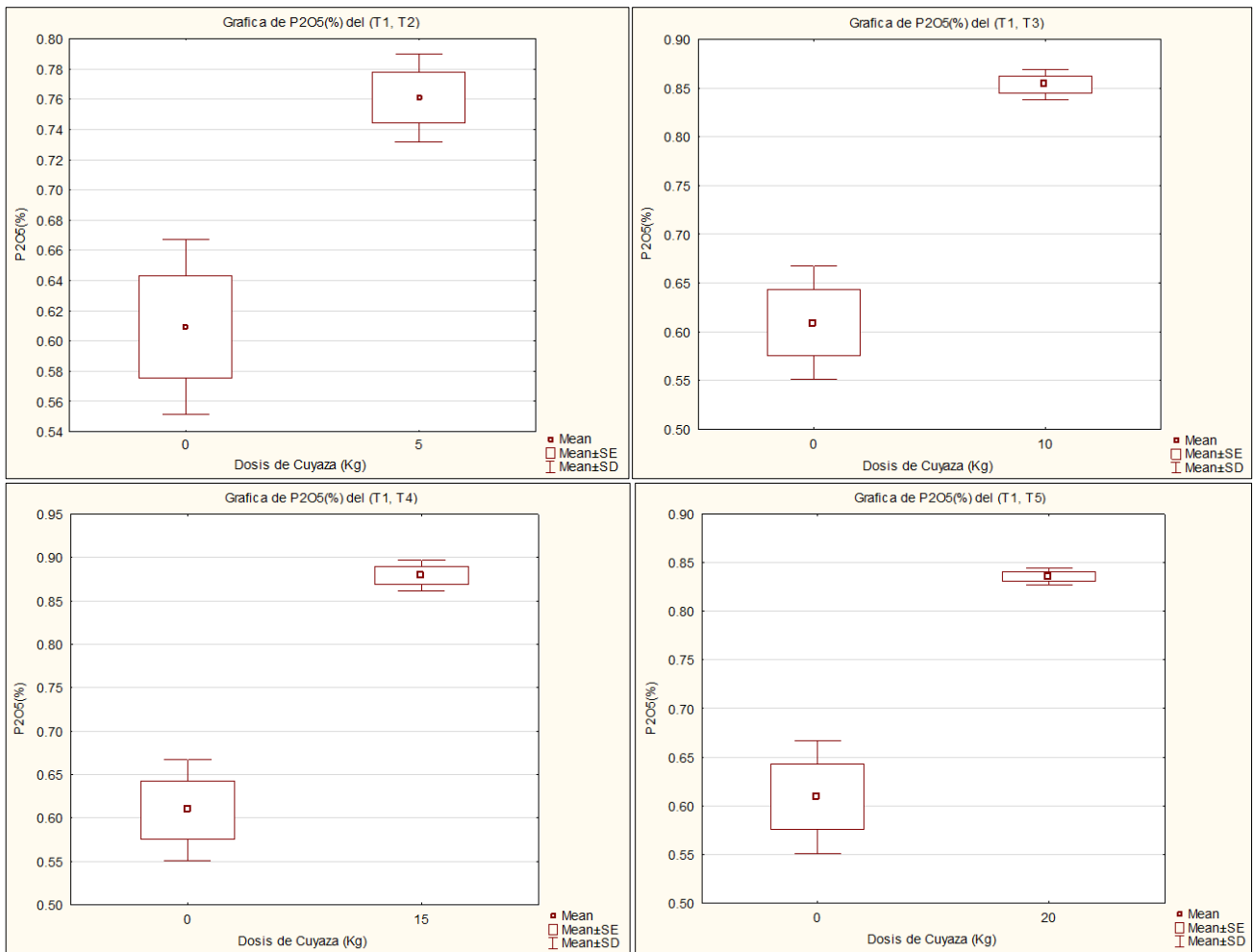
ANEXO 28. Diagrama de cajas del entre tratamientos T1 con (T2, T3, T4, T5) con respecto a la MO.



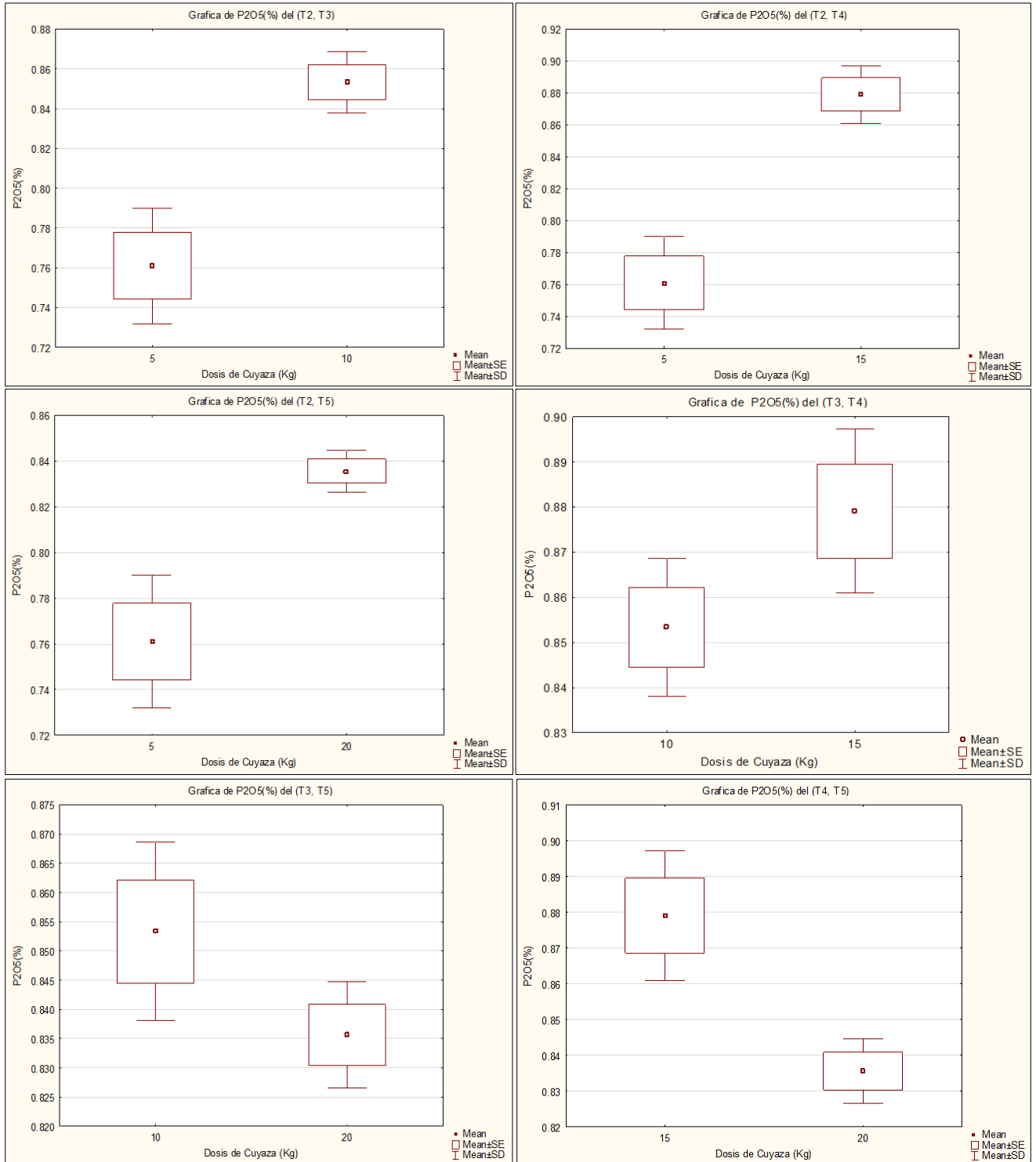
ANEXO 29. Diagrama de cajas del entre tratamientos T2 con (T3, T4, T5), T3 con (T4, T5) y T4 con (T5) con respecto a la MO



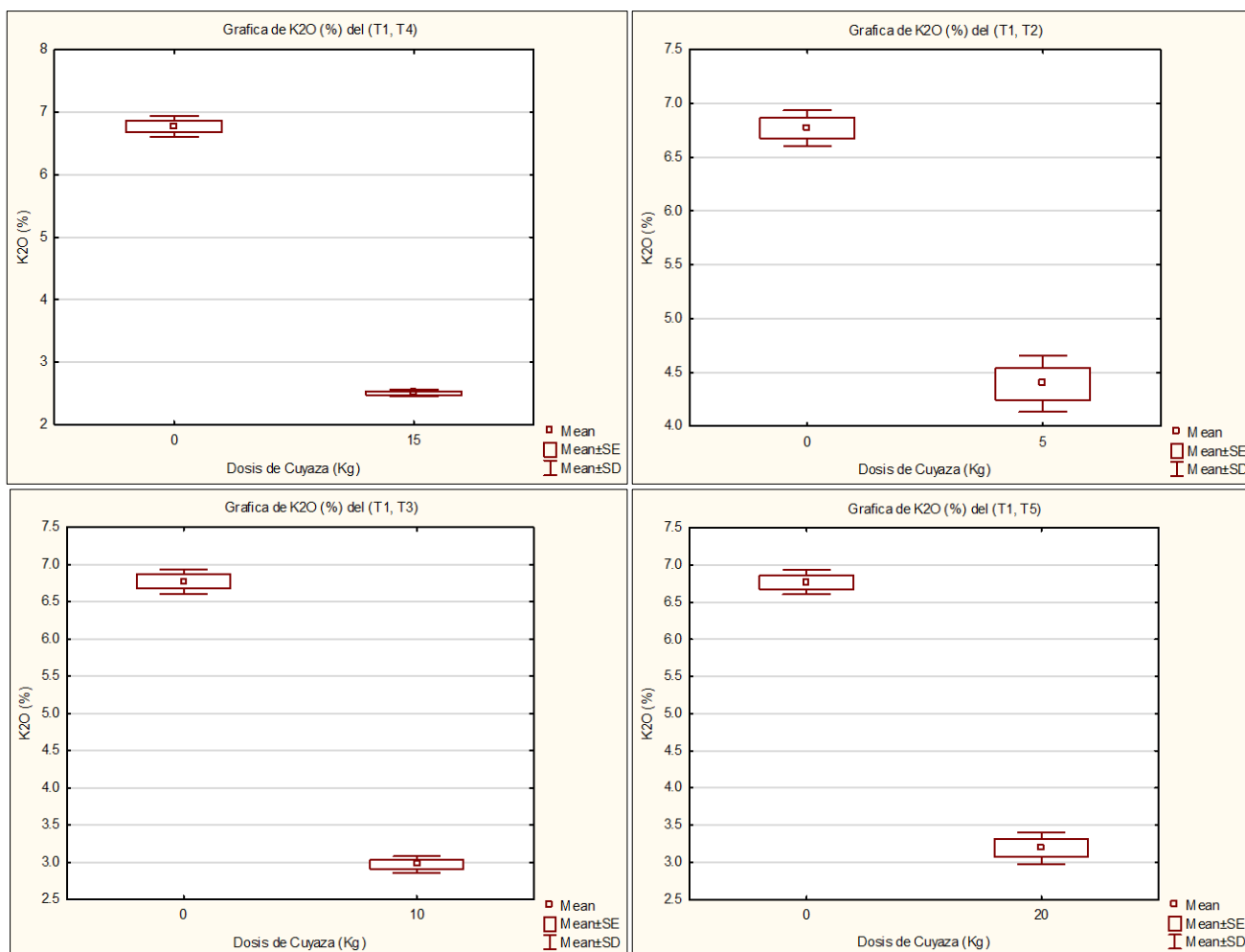
ANEXO 30. Diagrama de cajas del entre tratamientos T1 con (T2, T3, T4, T5) con respecto al fósforo.



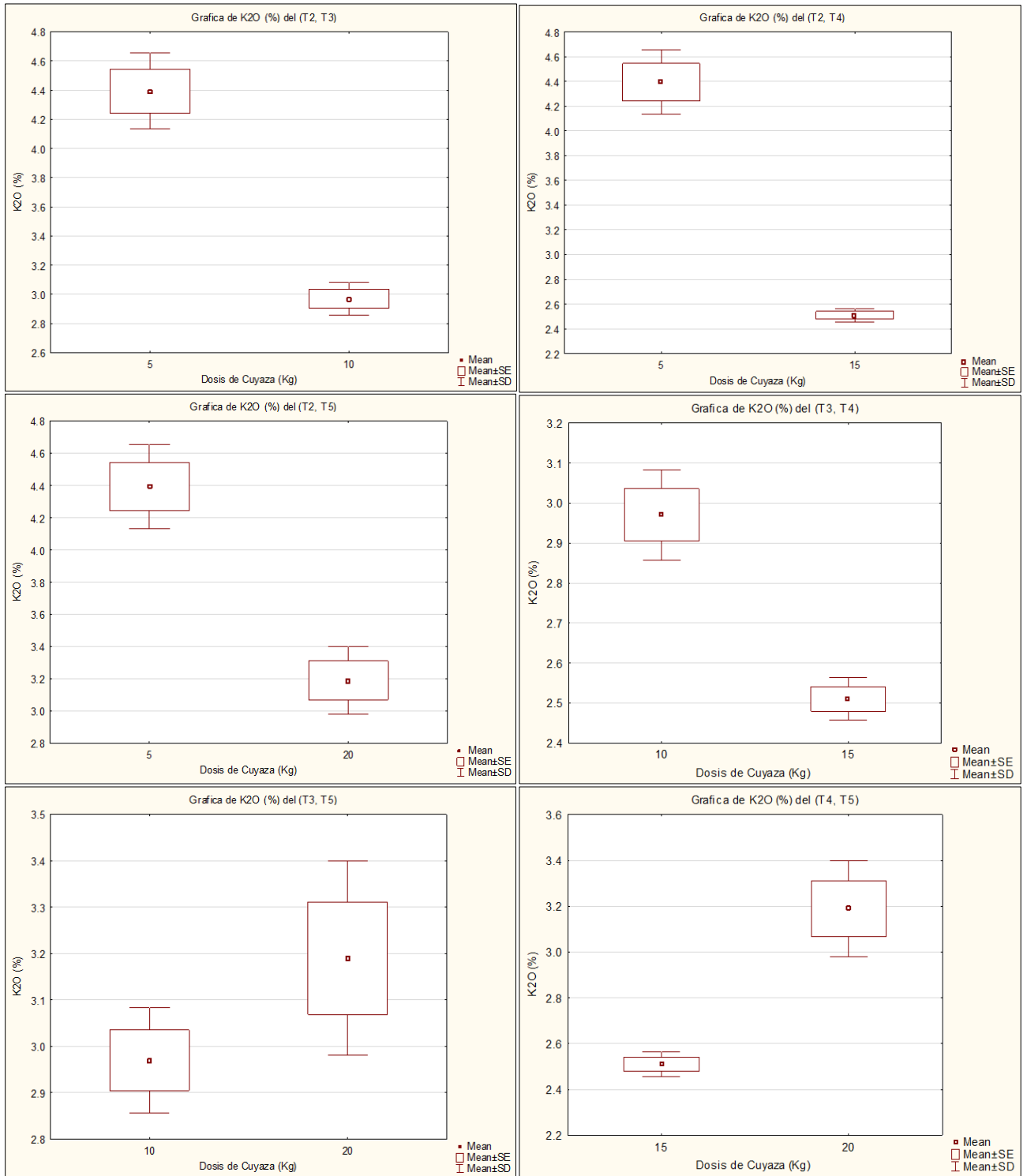
ANEXO 31. Diagrama de cajas del entre tratamientos T2 con (T3, T4, T5), T3 con (T4, T5) y T4 con (T5) con respecto al fósforo.



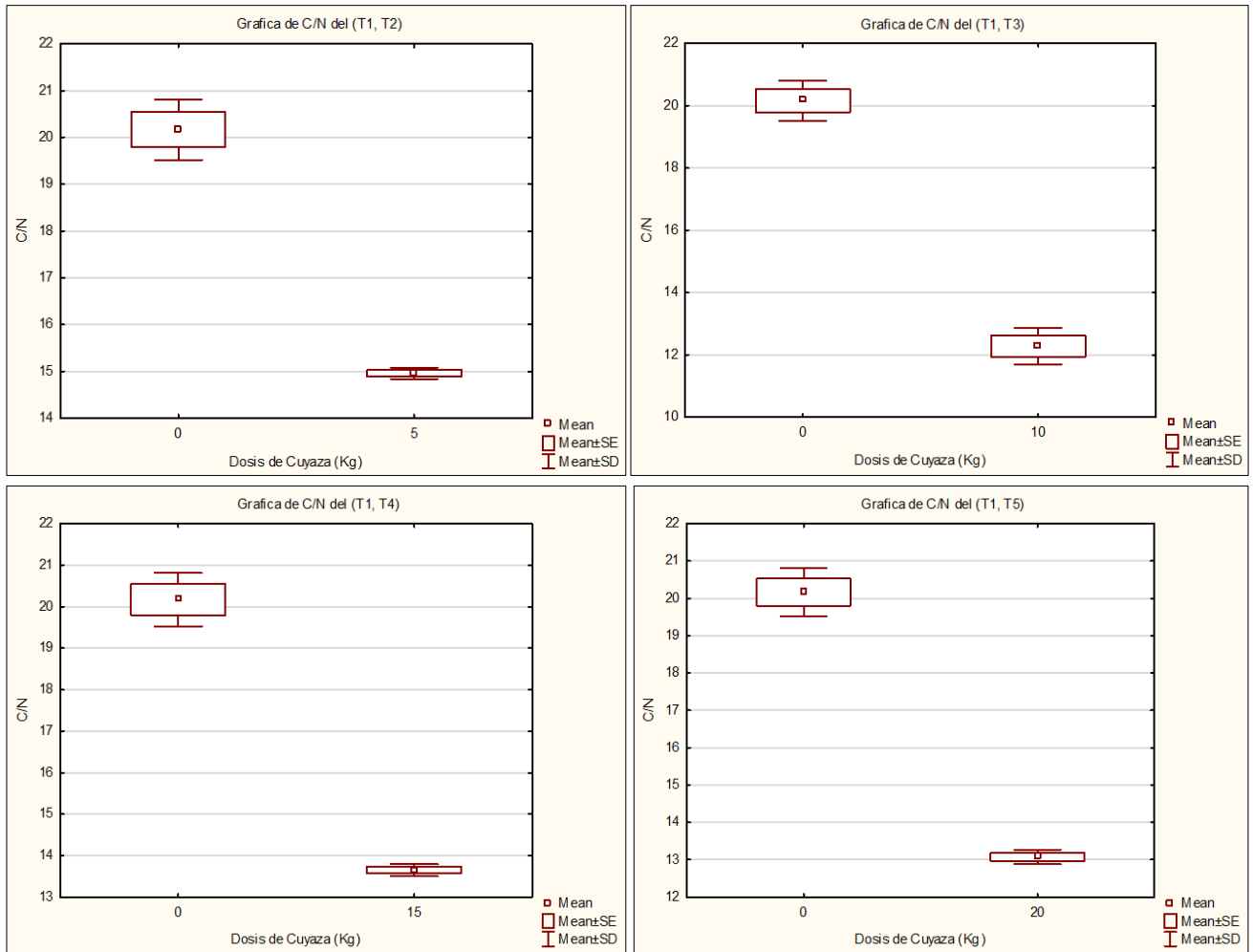
ANEXO 32. Diagrama de cajas del entre tratamientos T2 con (T3, T4, T5), T3 con (T4, T5) y T4 con (T5) con respecto al potasio.



ANEXO 33. Diagrama de cajas del entre tratamientos T2 con (T3, T4, T5), T3 con (T4, T5) y T4 con (T5) con respecto al potasio.



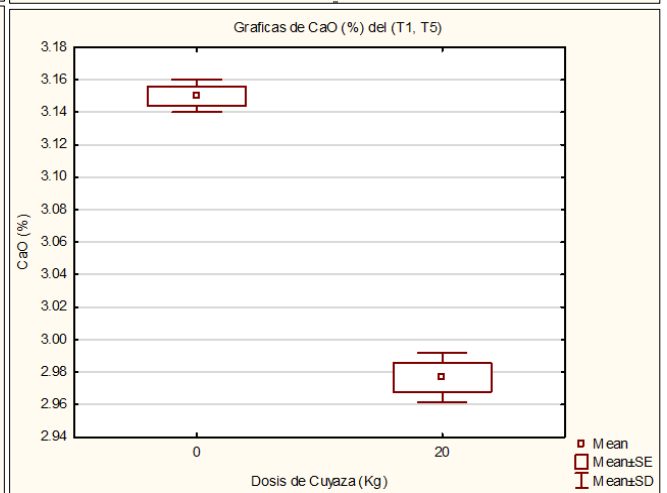
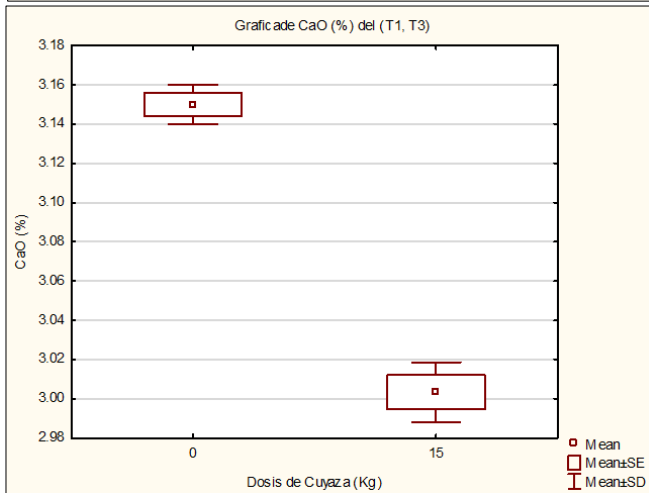
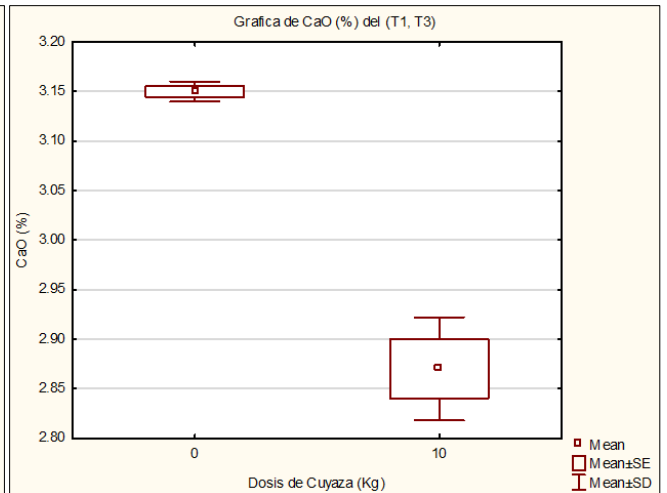
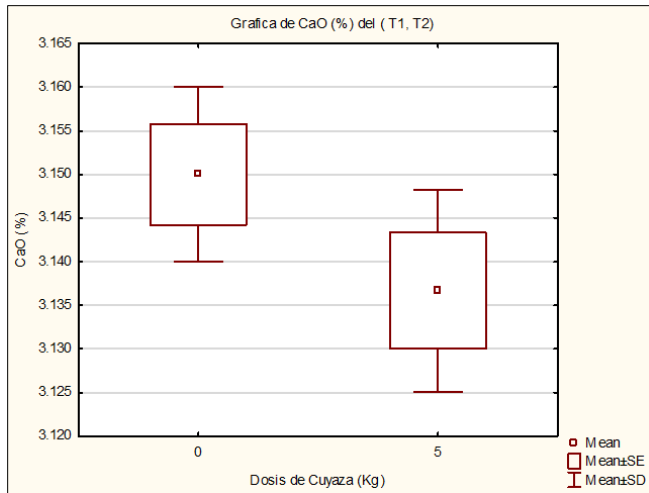
ANEXO 34. Diagrama de cajas del entre tratamientos T1 con (T2, T3, T4, T5) a la relación C/N.



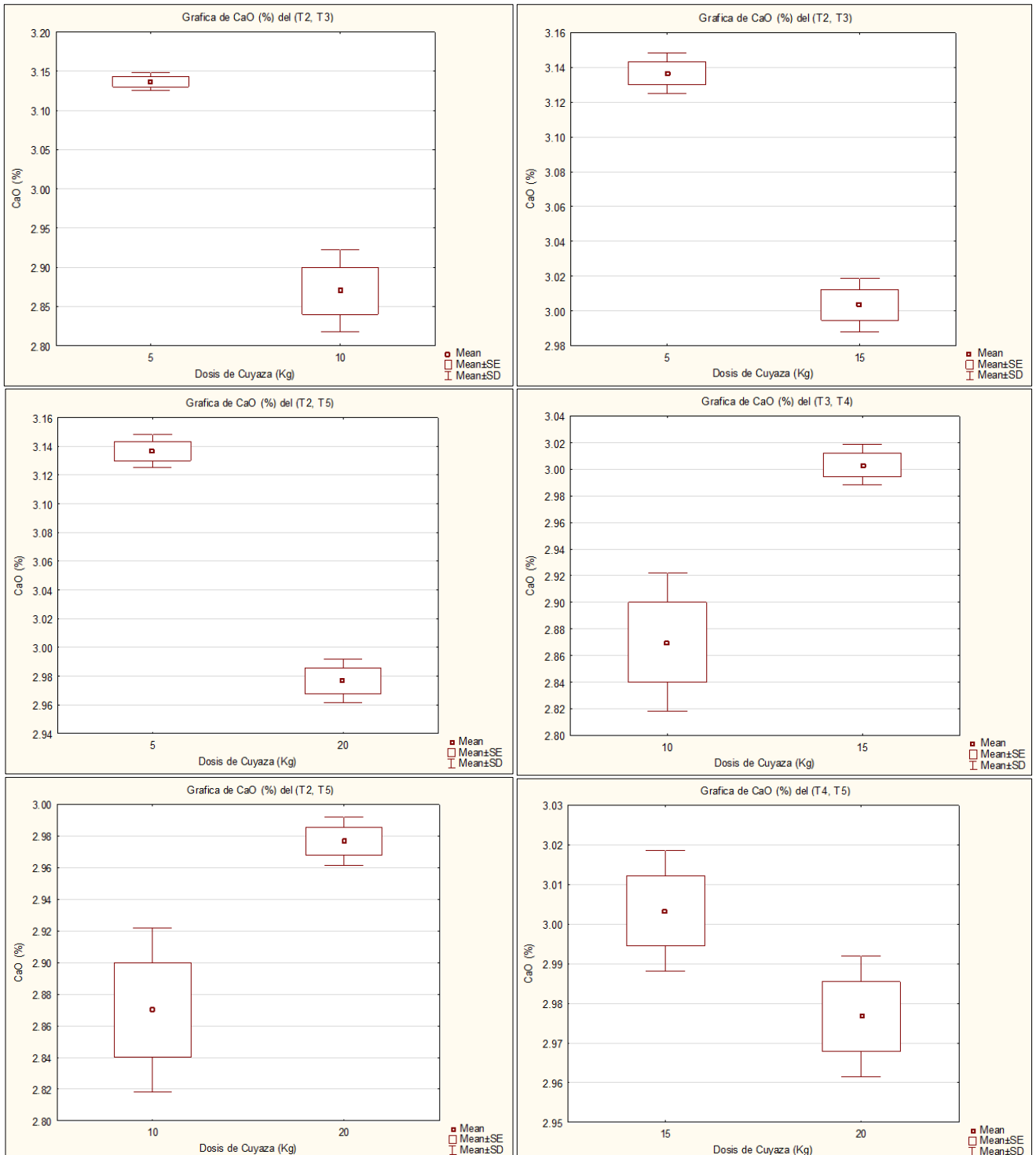
ANEXO 35. Diagrama de cajas del entre tratamientos T2 con (T3, T4, T5), T3 con (T4, T5) y T4 con (T5) con respecto a la relación C/N.



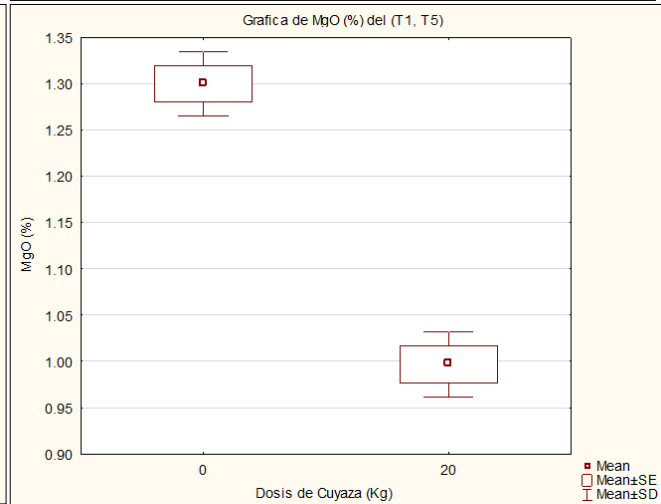
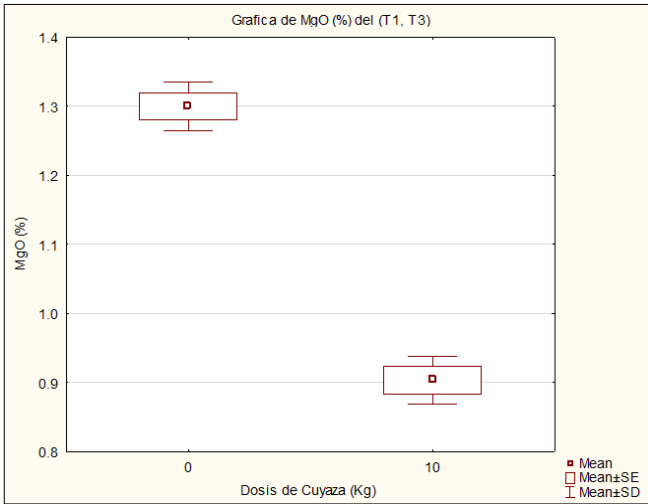
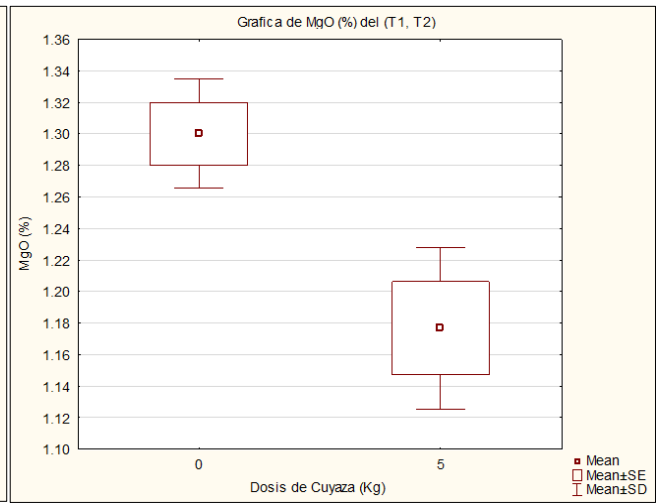
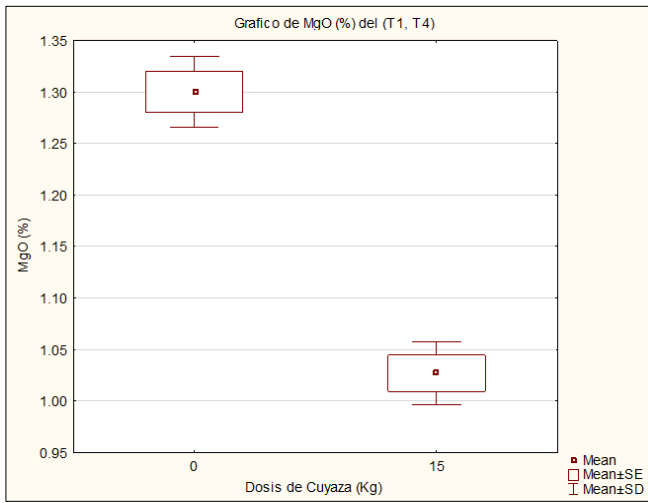
ANEXO 36. Diagrama de cajas del entre tratamientos T1 con (T2, T3, T4, T5) con respecto al calcio.



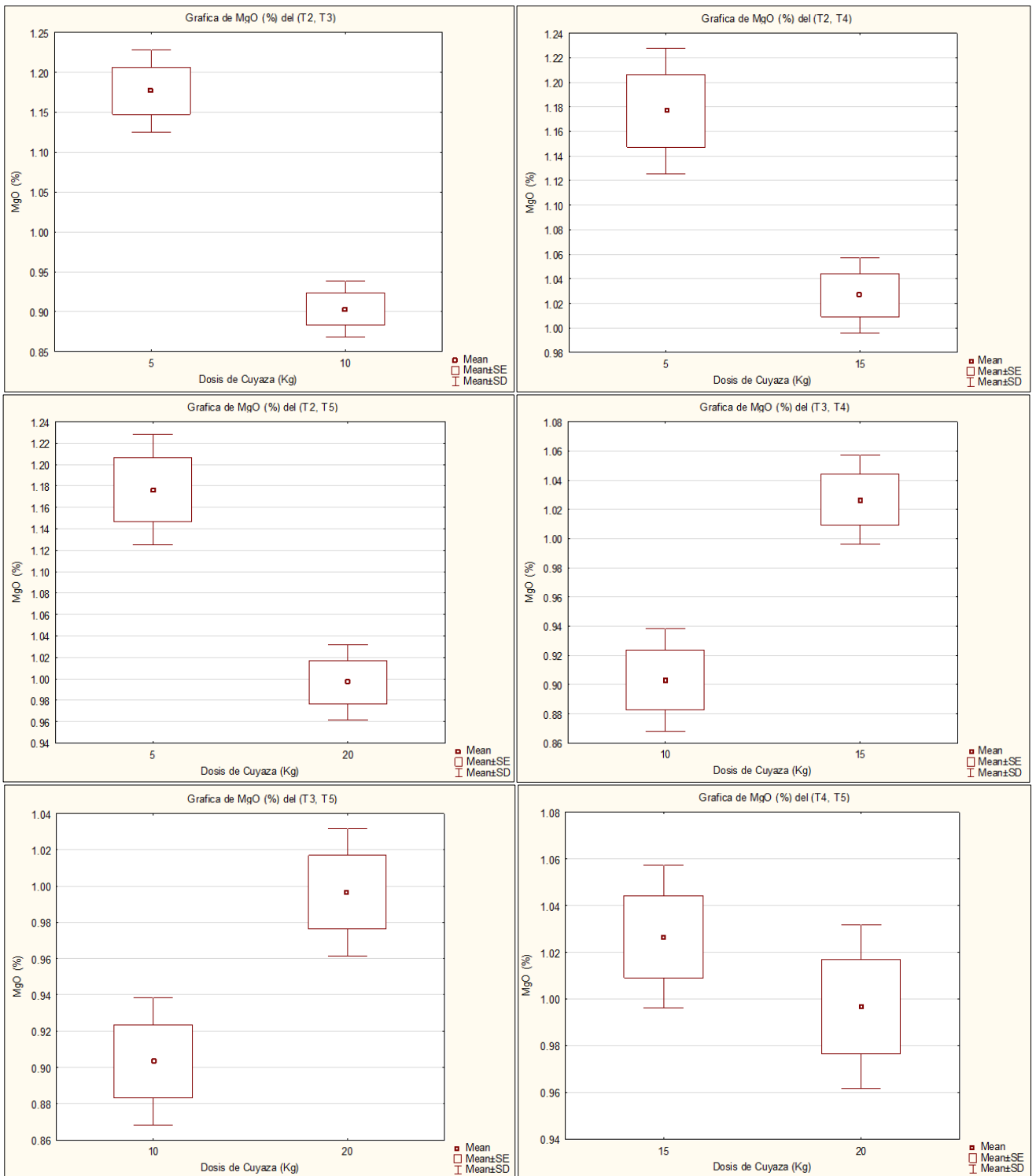
ANEXO 37. Diagrama de cajas del entre tratamientos T2 con (T3, T4, T5), T3 con (T4, T5) y T4 con (T5) con respecto al calcio.



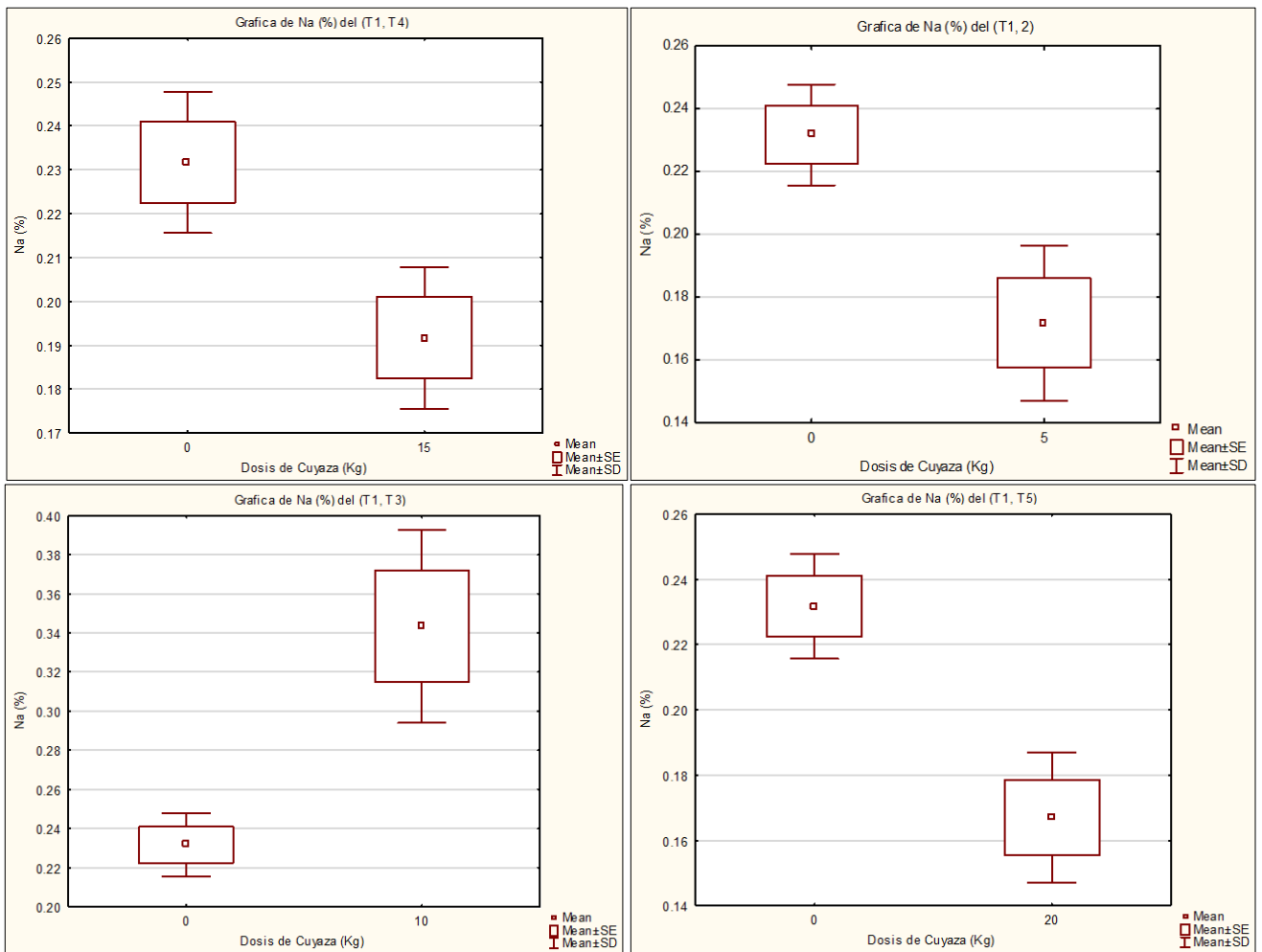
ANEXO 38. *Diagrama de cajas del entre tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5) con respecto al magnesio.*



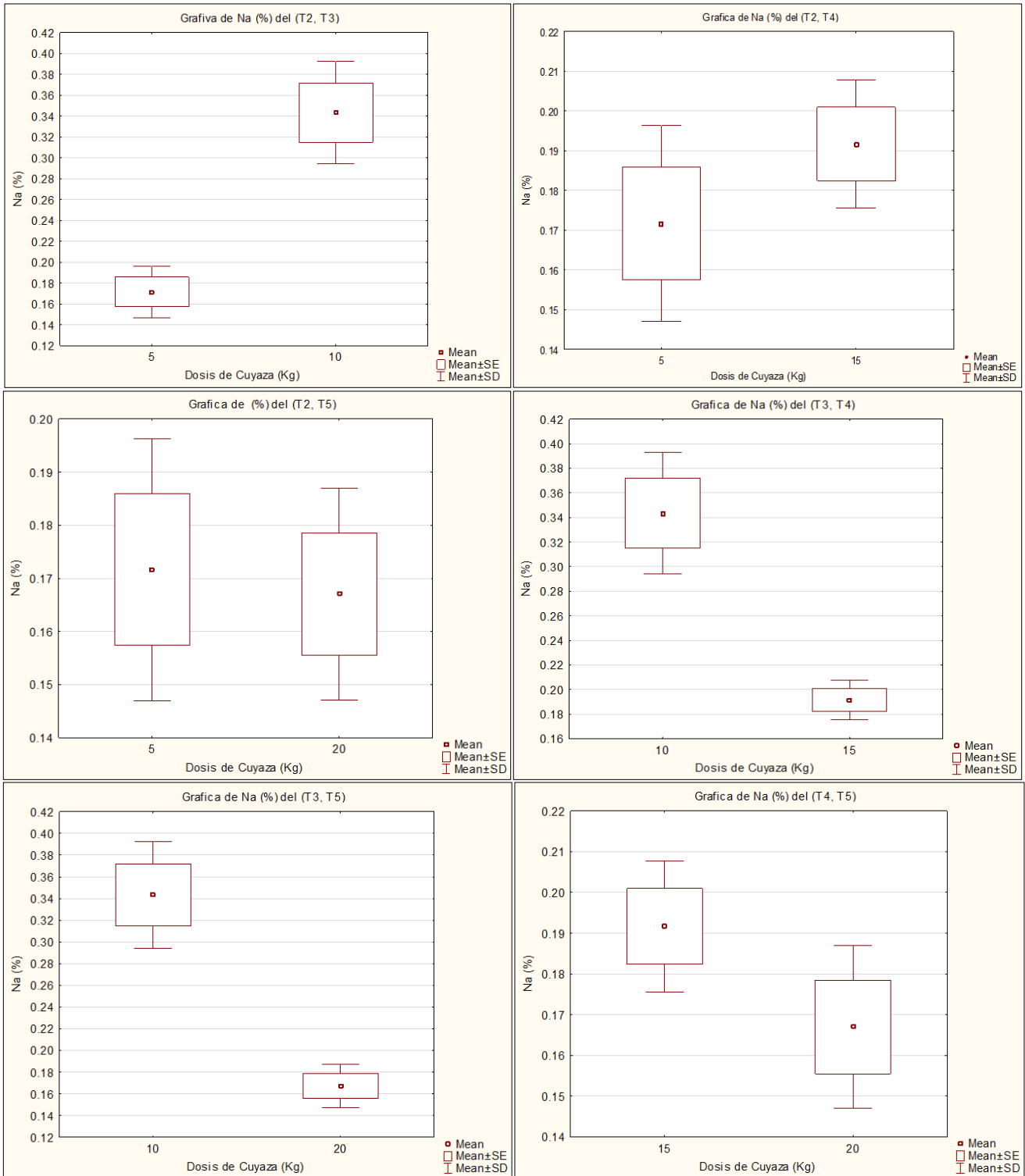
ANEXO 39. Diagrama de cajas del entre tratamientos T2 con (T3, T4, T5), T3 con (T4, T5) y T4 con (T5) con respecto al magnesio.



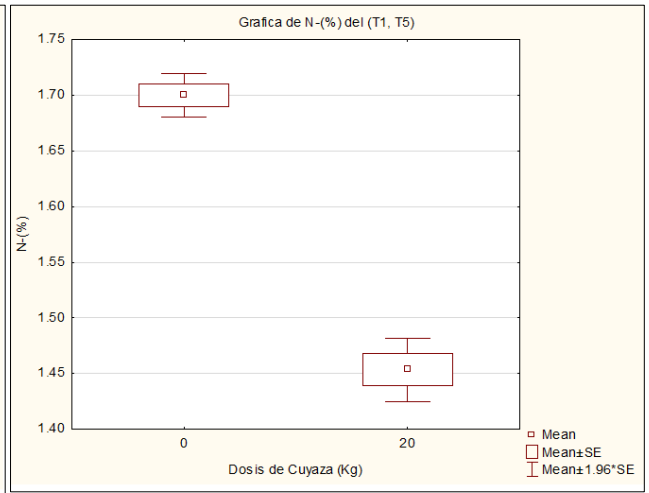
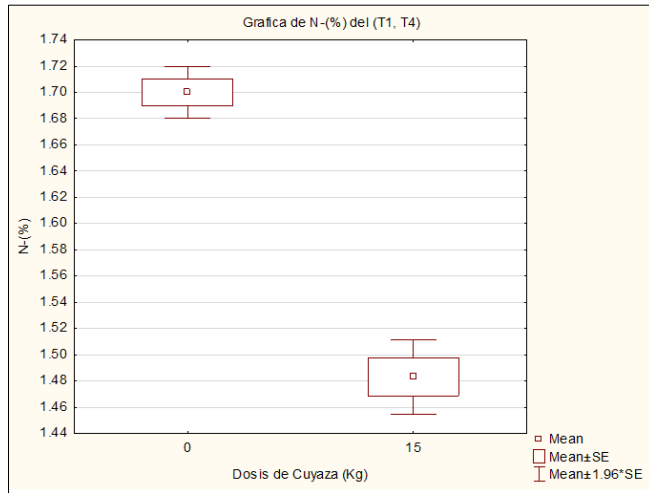
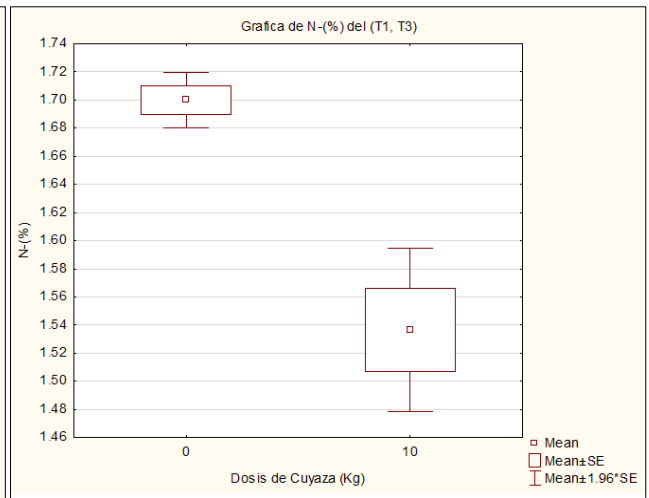
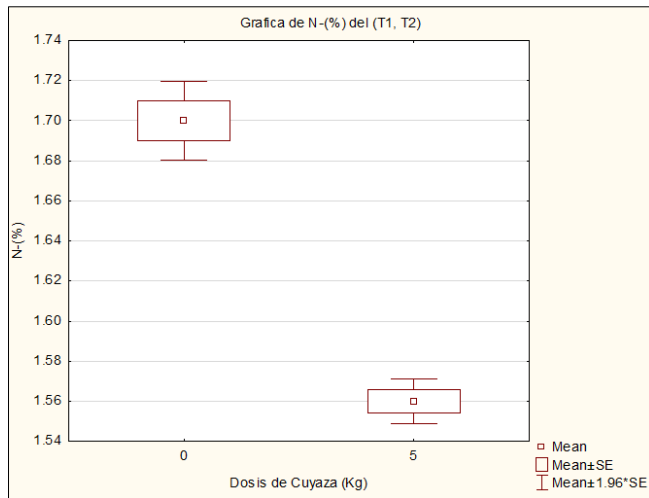
ANEXO 40. Diagrama de cajas del entre tratamientos (T1) con (T2, T3, T4, T5) con respecto al sodio.



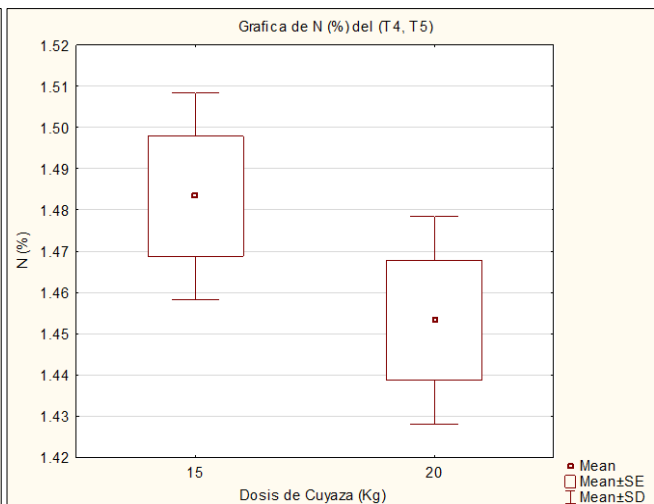
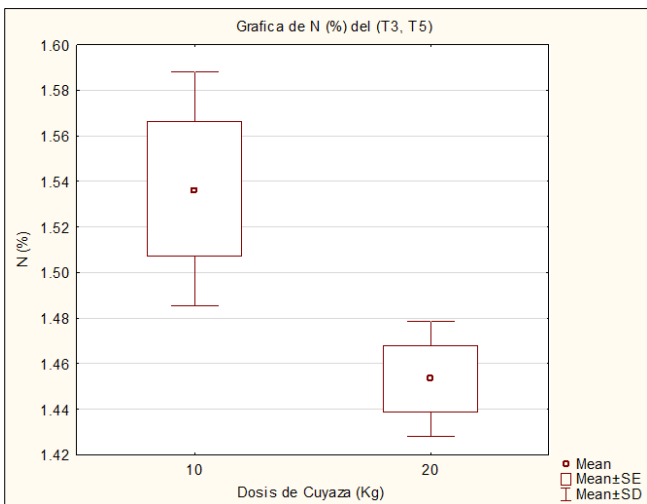
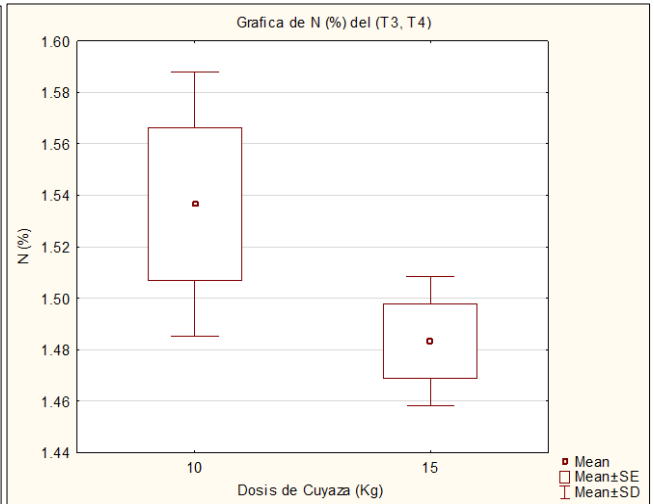
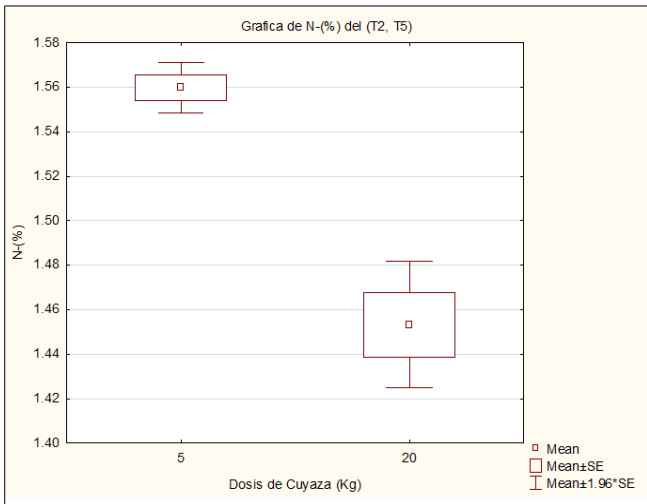
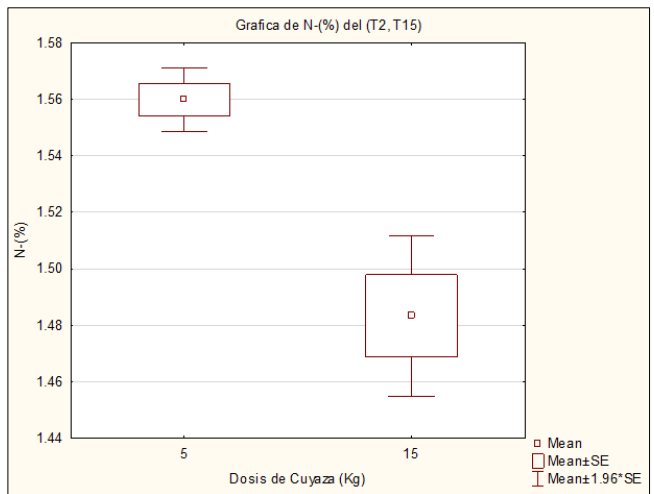
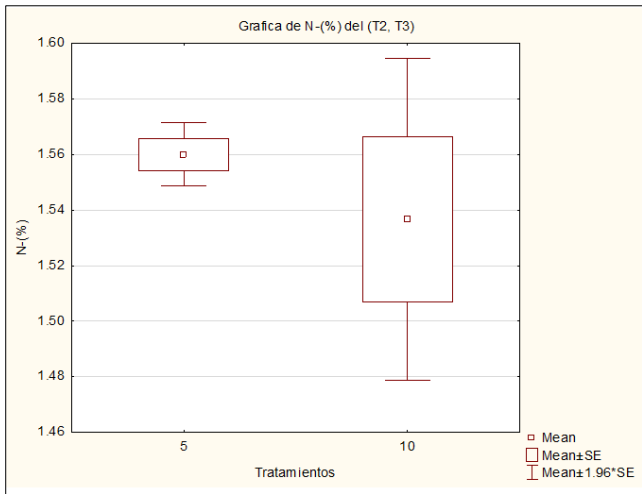
ANEXO 41. Diagrama de cajas del entre tratamientos T2 con (T3, T4, T5), T3 con (T4, T5) y T4 con (T5) con respecto al sodio.



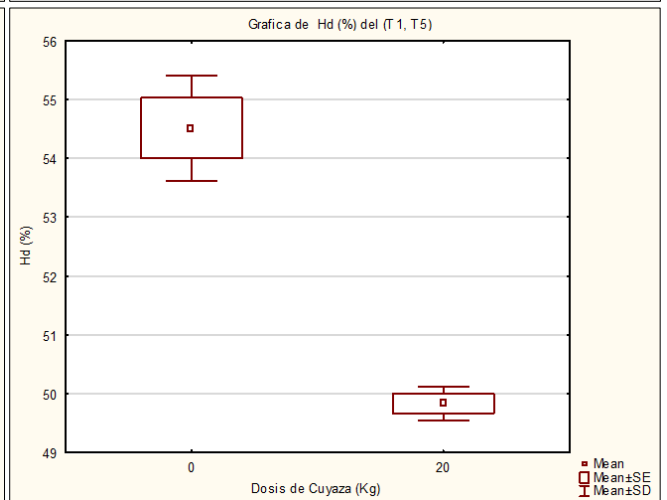
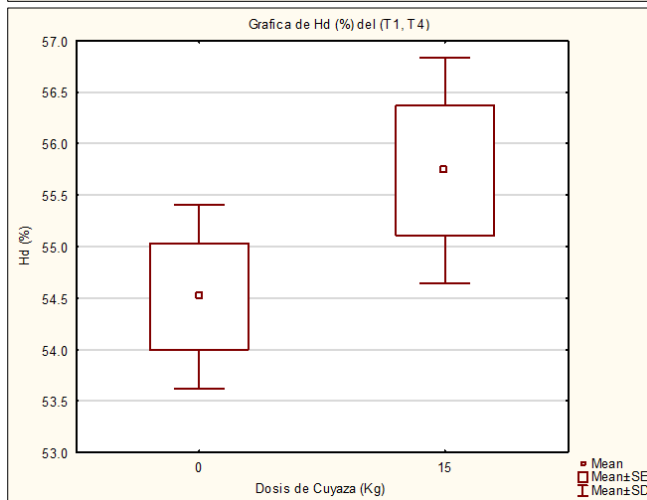
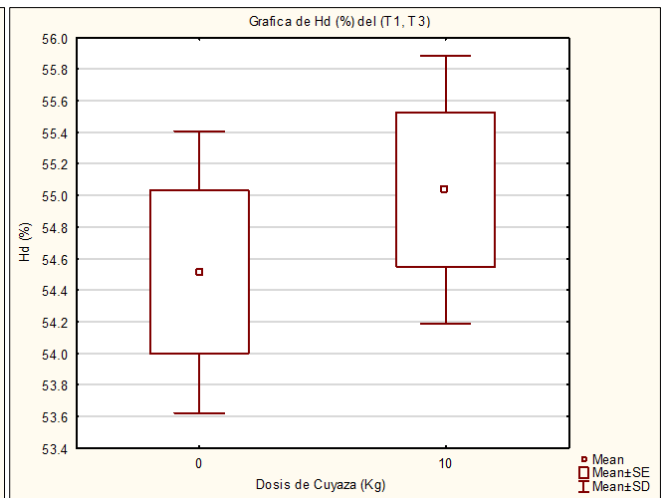
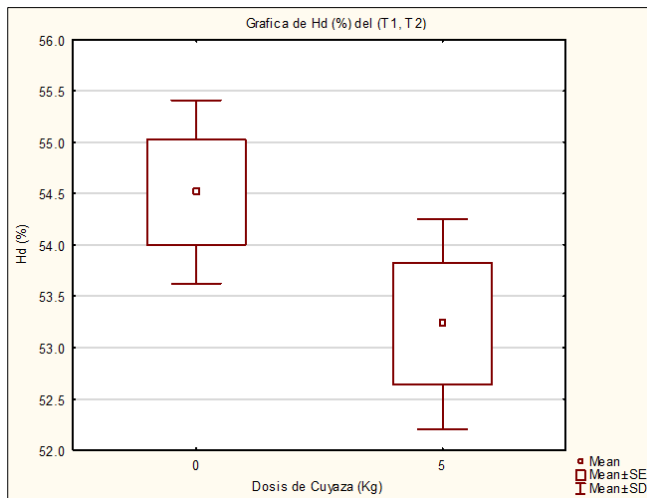
ANEXO 42. Diagrama de cajas del entre tratamientos (T1) con (T2, T3, T4, T5) con respecto al contenido de nitrógeno.



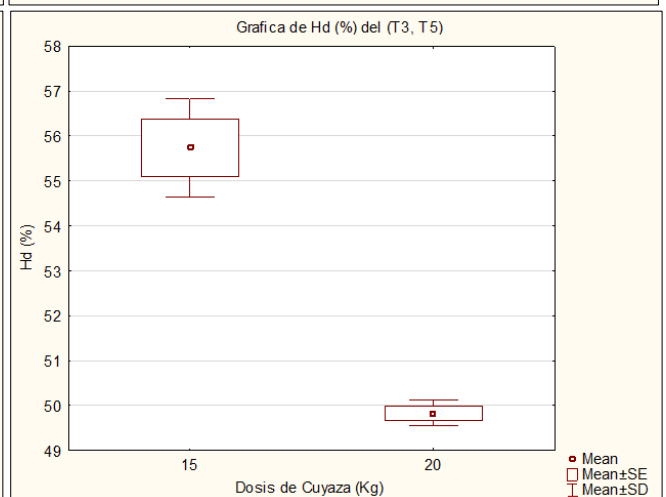
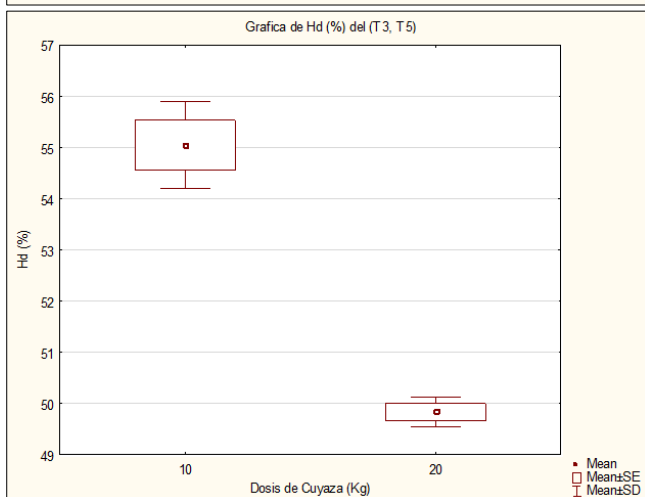
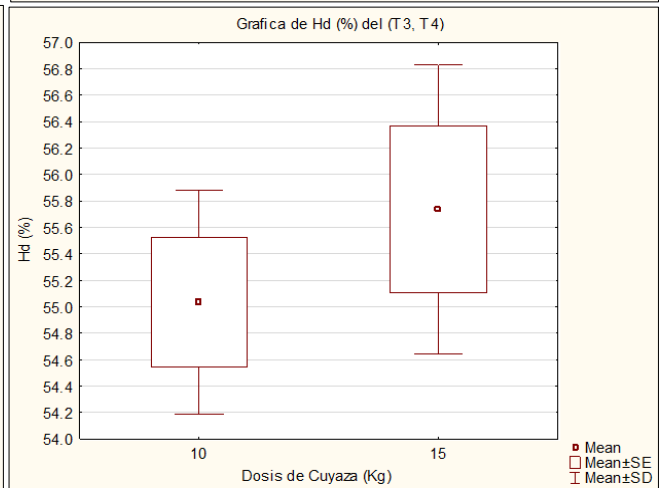
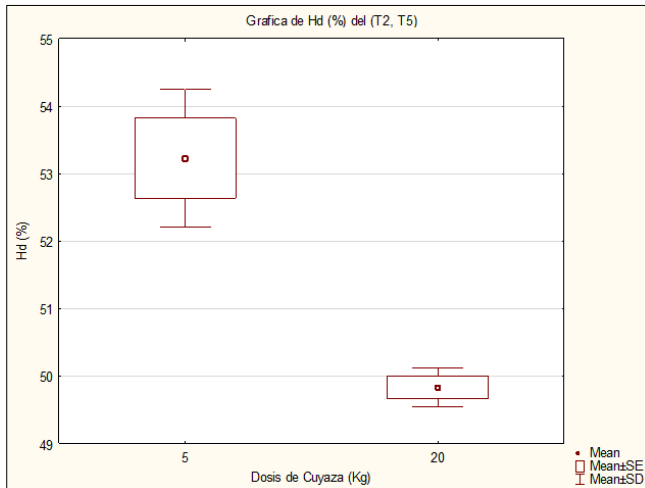
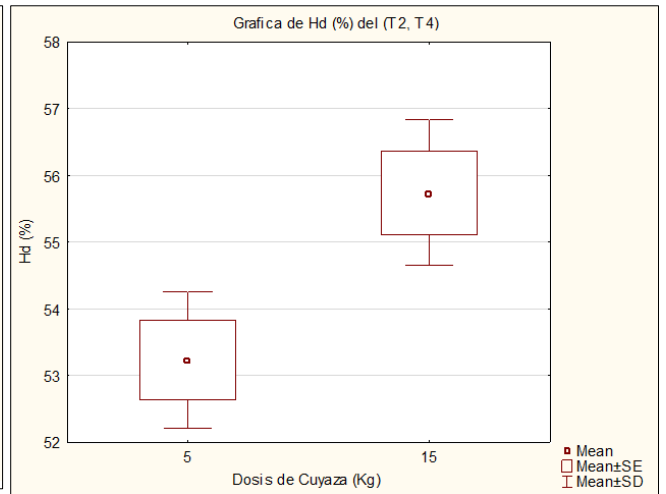
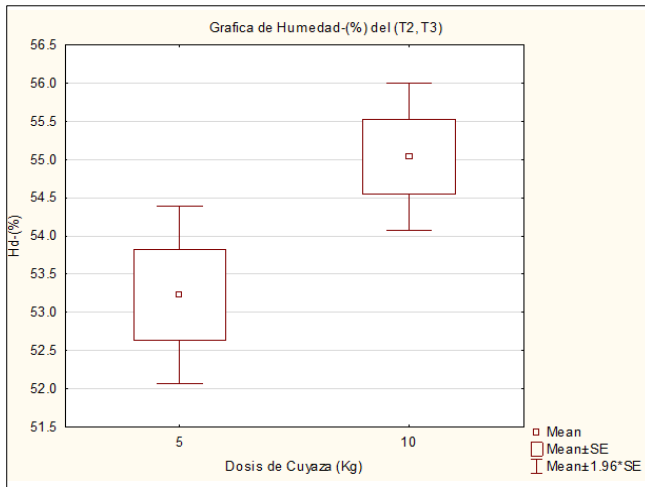
ANEXO 43. Diagrama de cajas del entre tratamientos T2 con (T3, T4, T5), T3 con (T4, T5) y T4 con (T5) con respecto al contenido de nitrógeno.



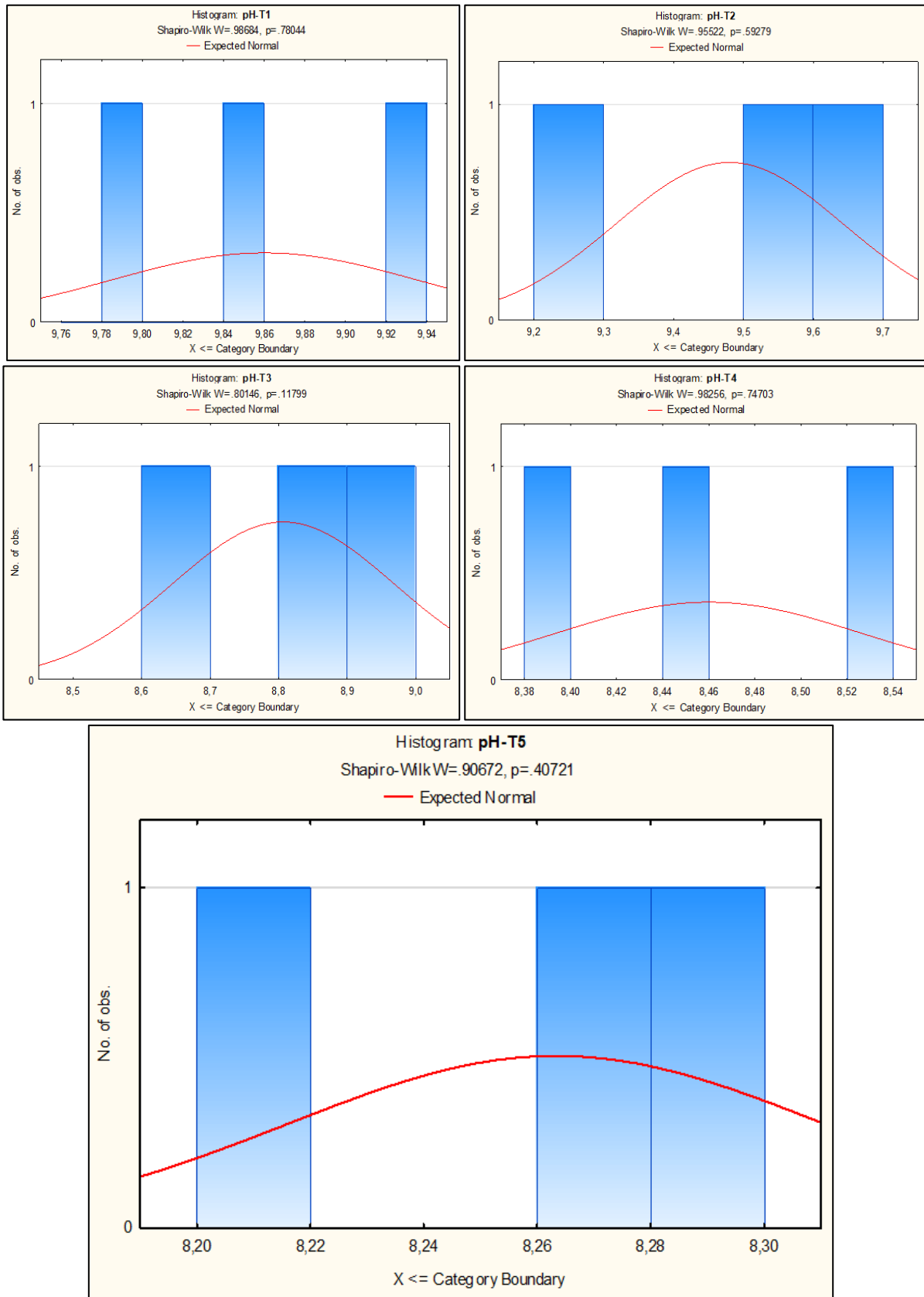
ANEXO 44. Diagrama de cajas del entre tratamientos (T1) con T2, T3, T4, T5) con respecto al contenido de humedad.



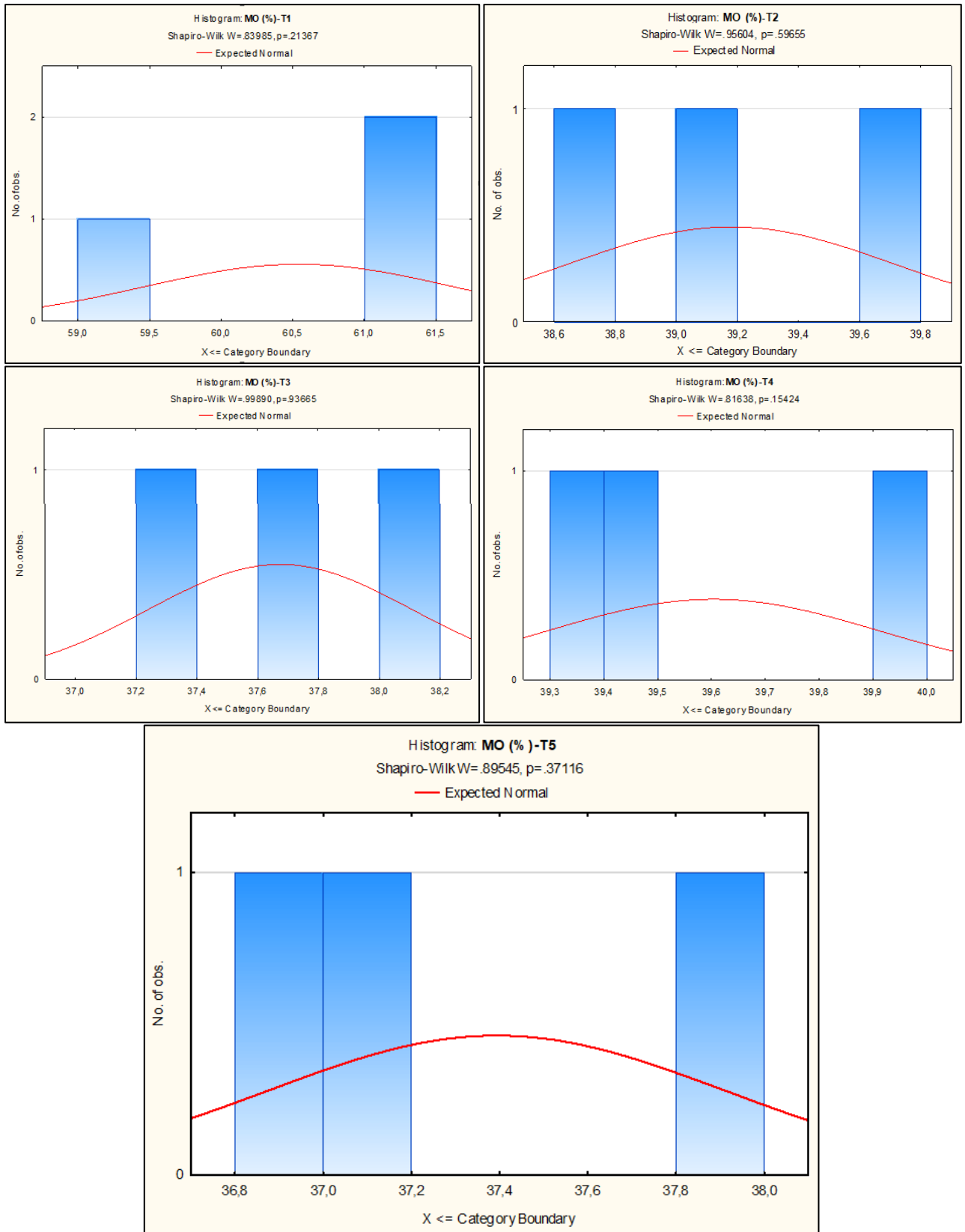
ANEXO 45. Diagrama de cajas del entre tratamientos T2 con (T3, T4, T5), T3 con (T4, T5) y T4 con (T5) con respecto a la humedad.



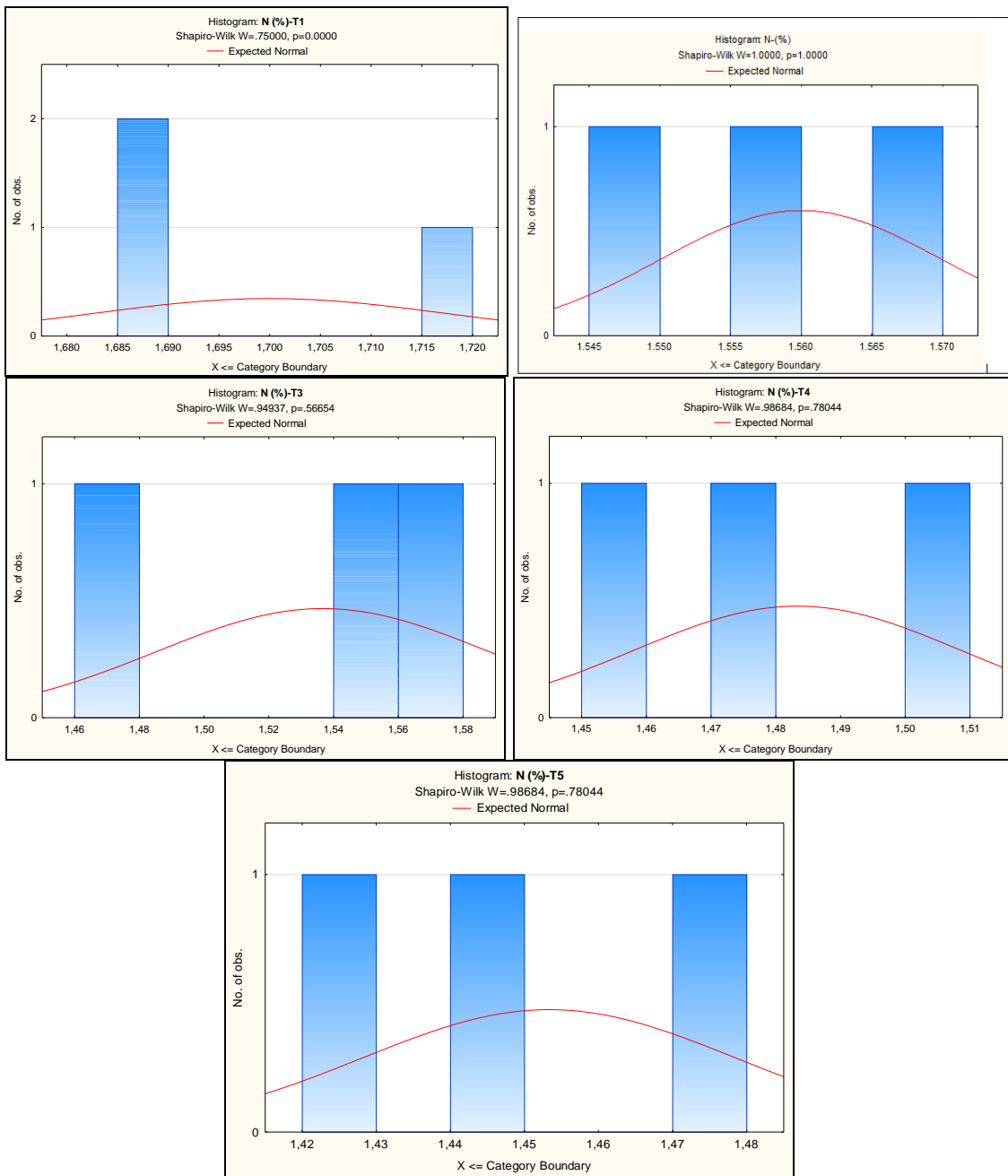
ANEXO 46. Gráfica de la curva de Normalidad del pH por tratamiento.



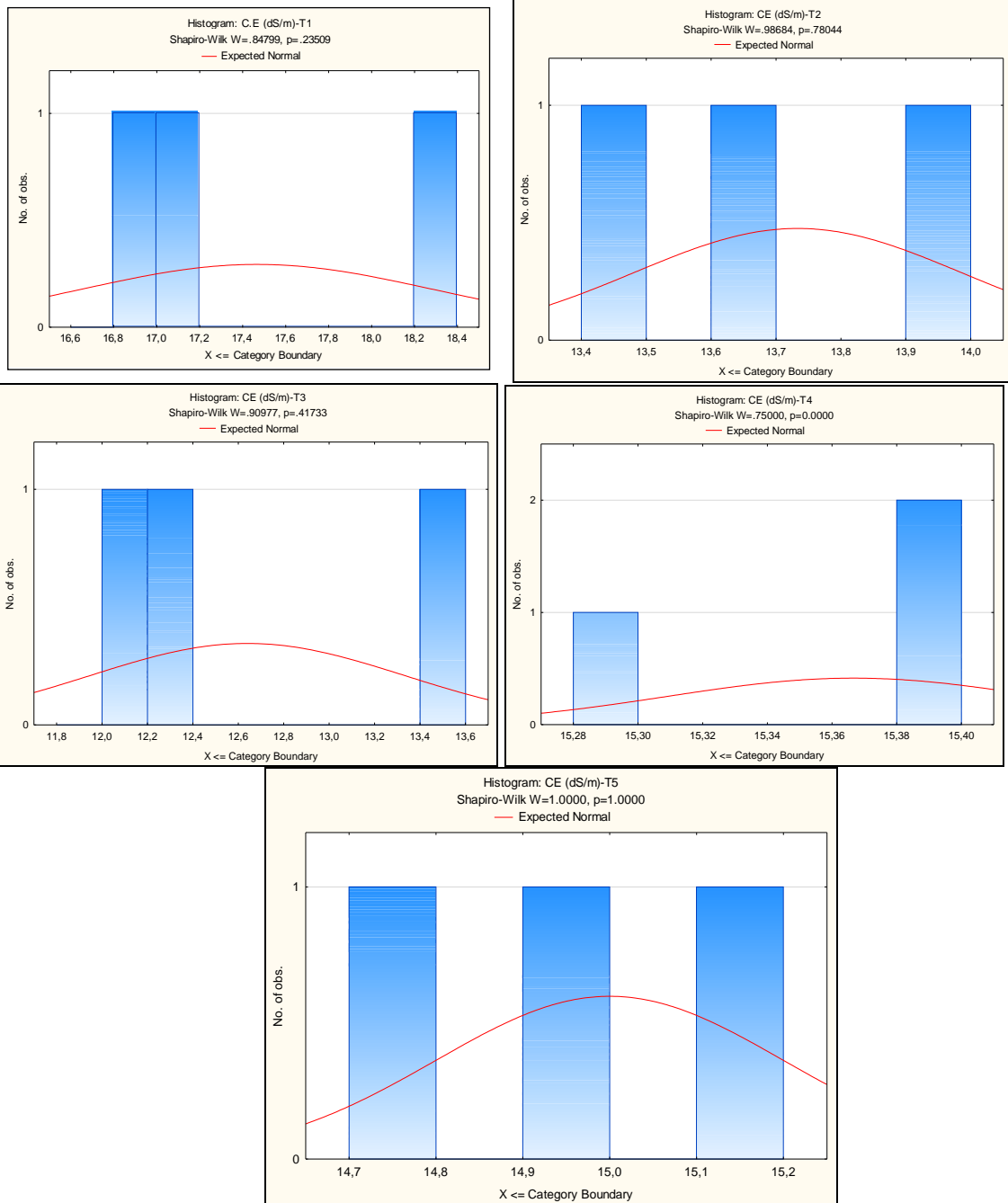
ANEXO 47. Gráfica de la curva de Normalidad de la MO por tratamiento.



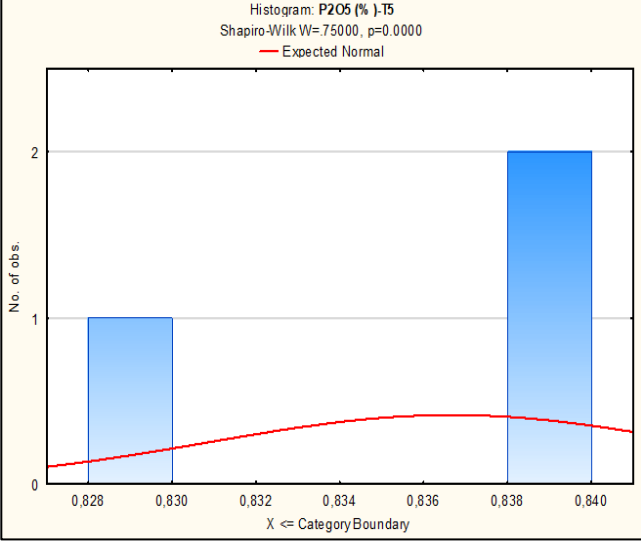
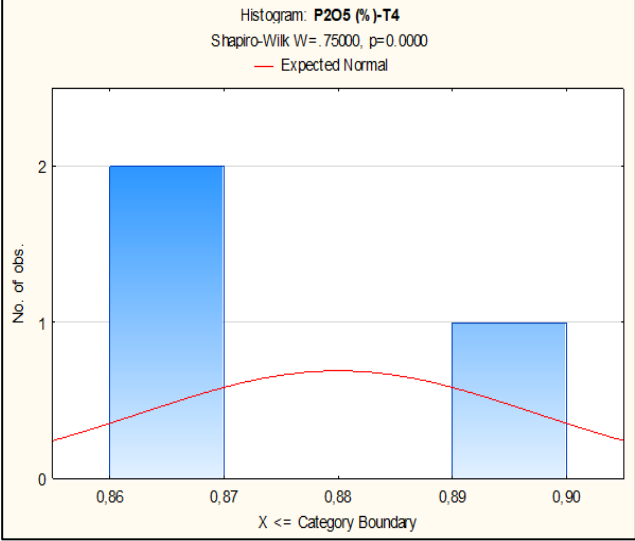
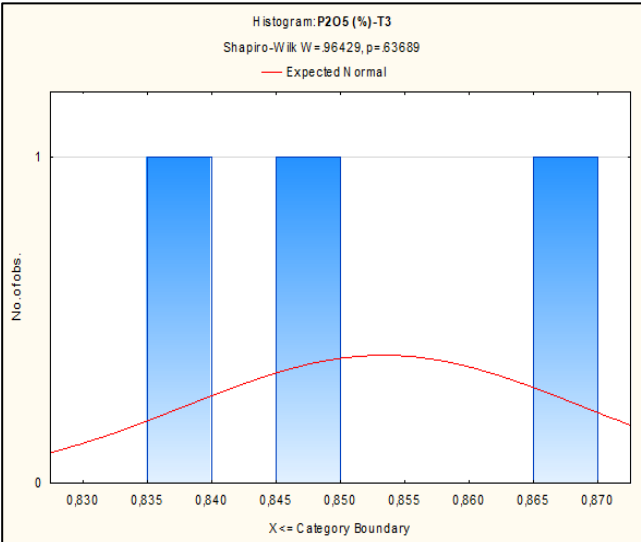
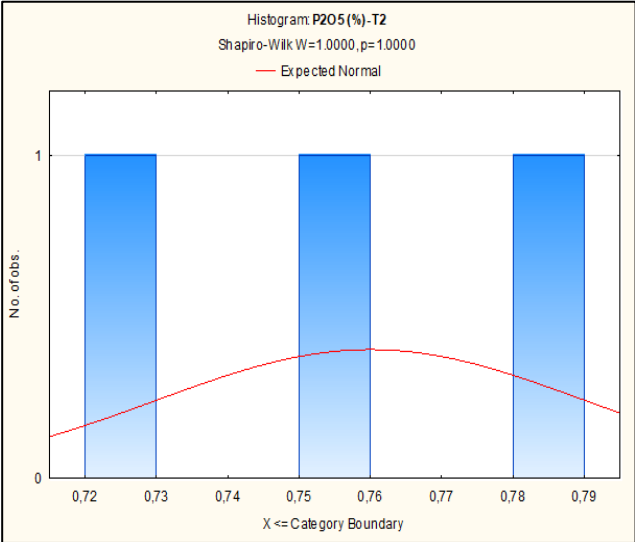
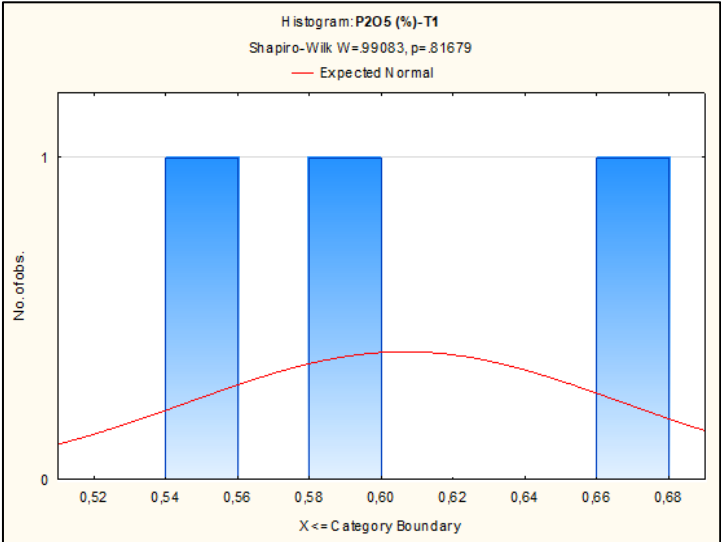
ANEXO 48. Gráfica de la curva de Normalidad del nitrógeno por tratamiento.



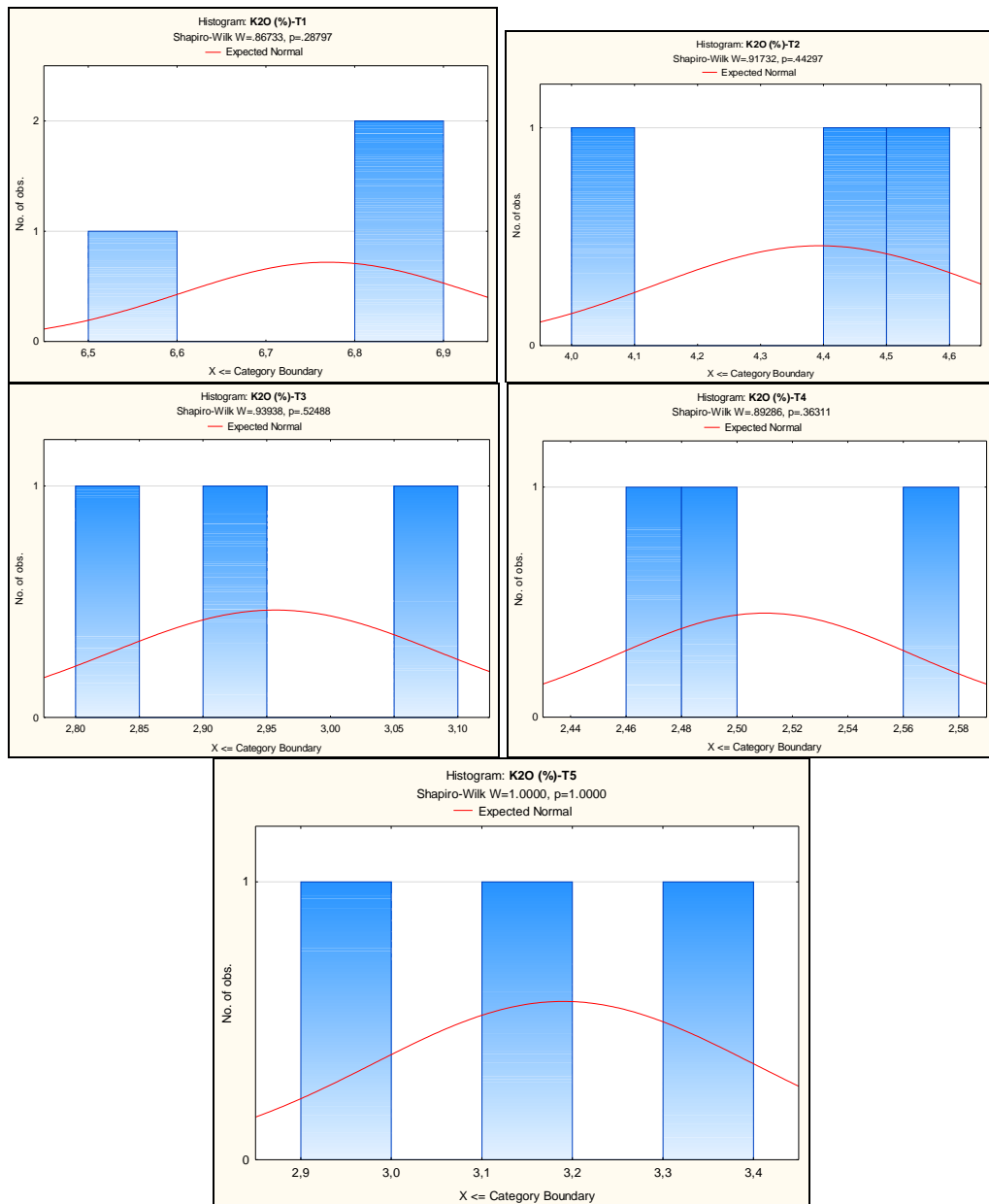
ANEXO 49. Gráfica de la curva de Normalidad de la conductividad eléctrica por tratamiento.



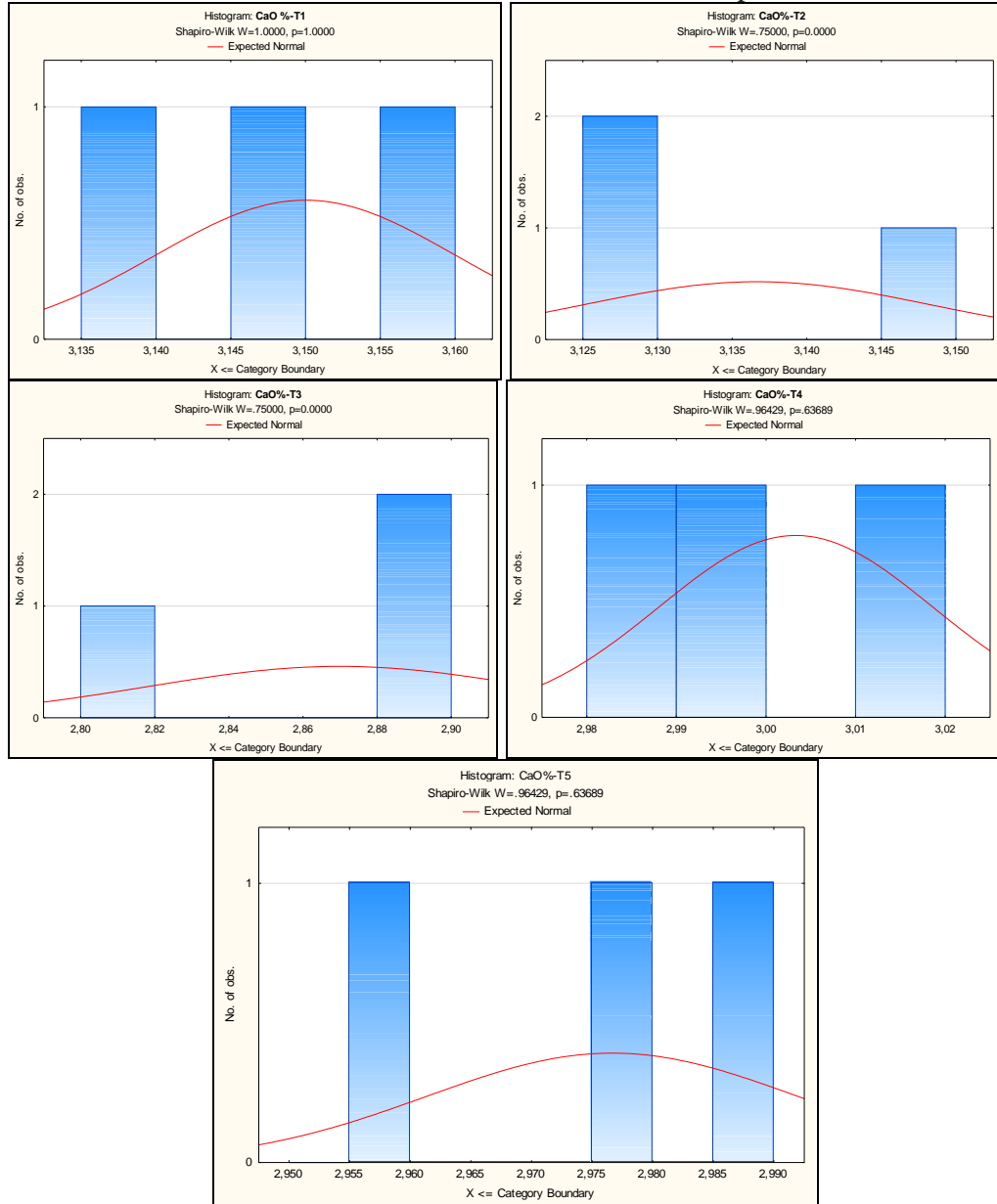
ANEXO 50. Gráfica de la curva de Normalidad del fósforo por tratamiento



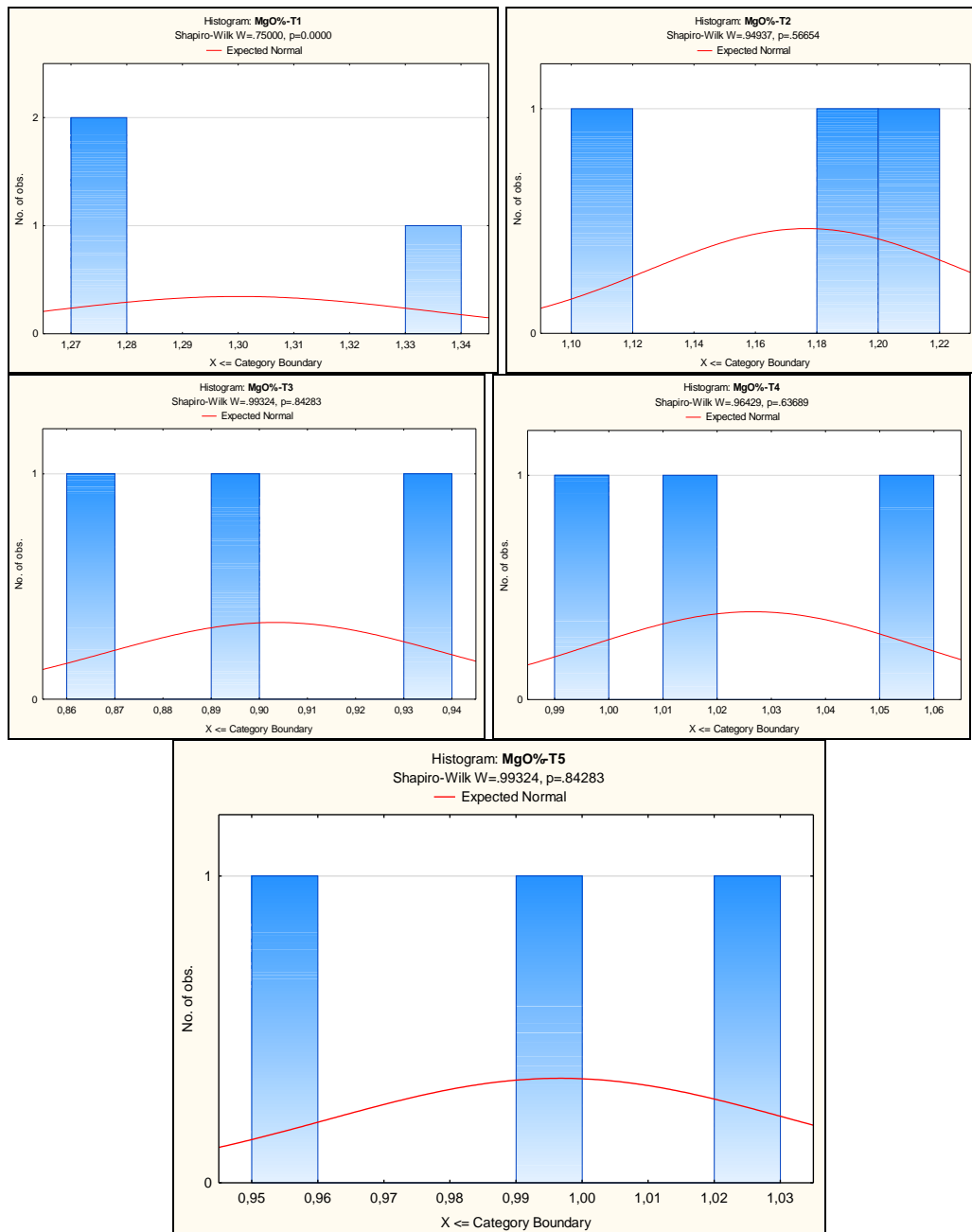
ANEXO 51. Gráfica de la curva de Normalidad del potasio por tratamiento.



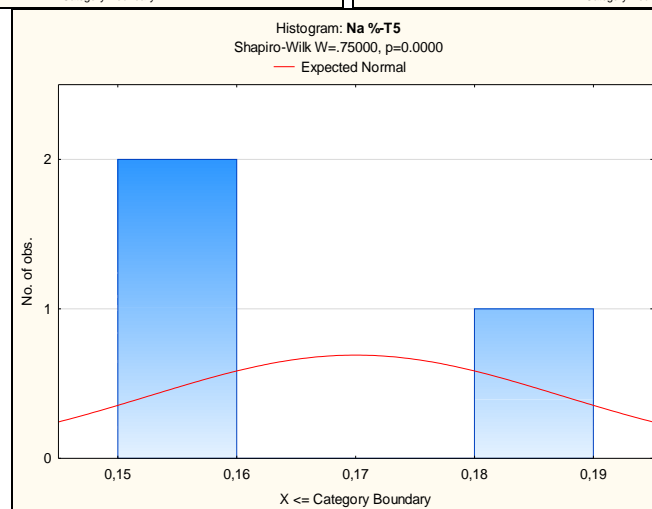
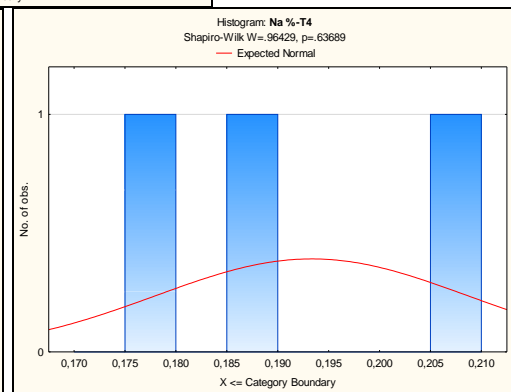
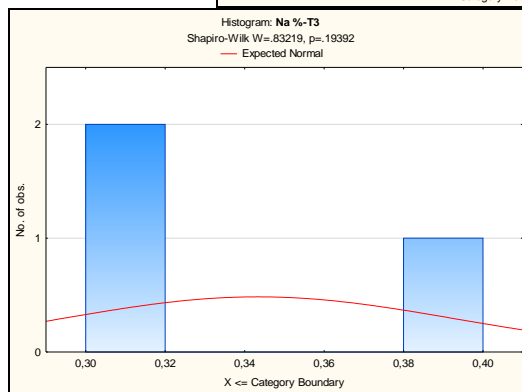
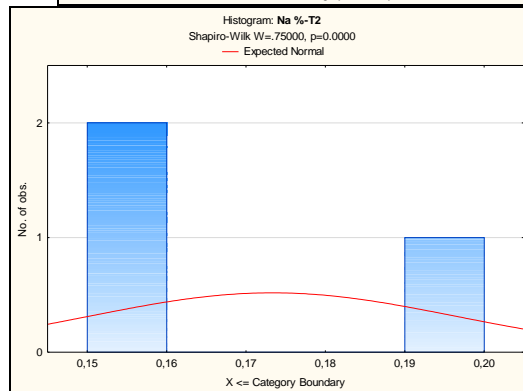
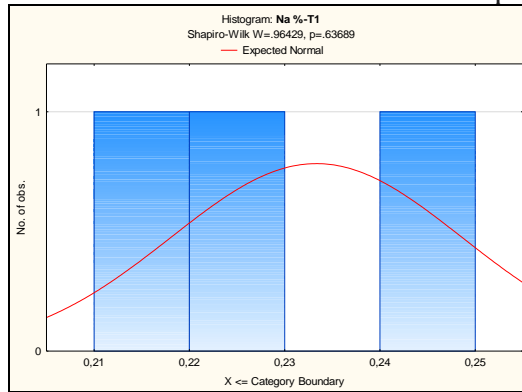
ANEXO 52. Gráfica de la curva de Normalidad del calcio por tratamiento.



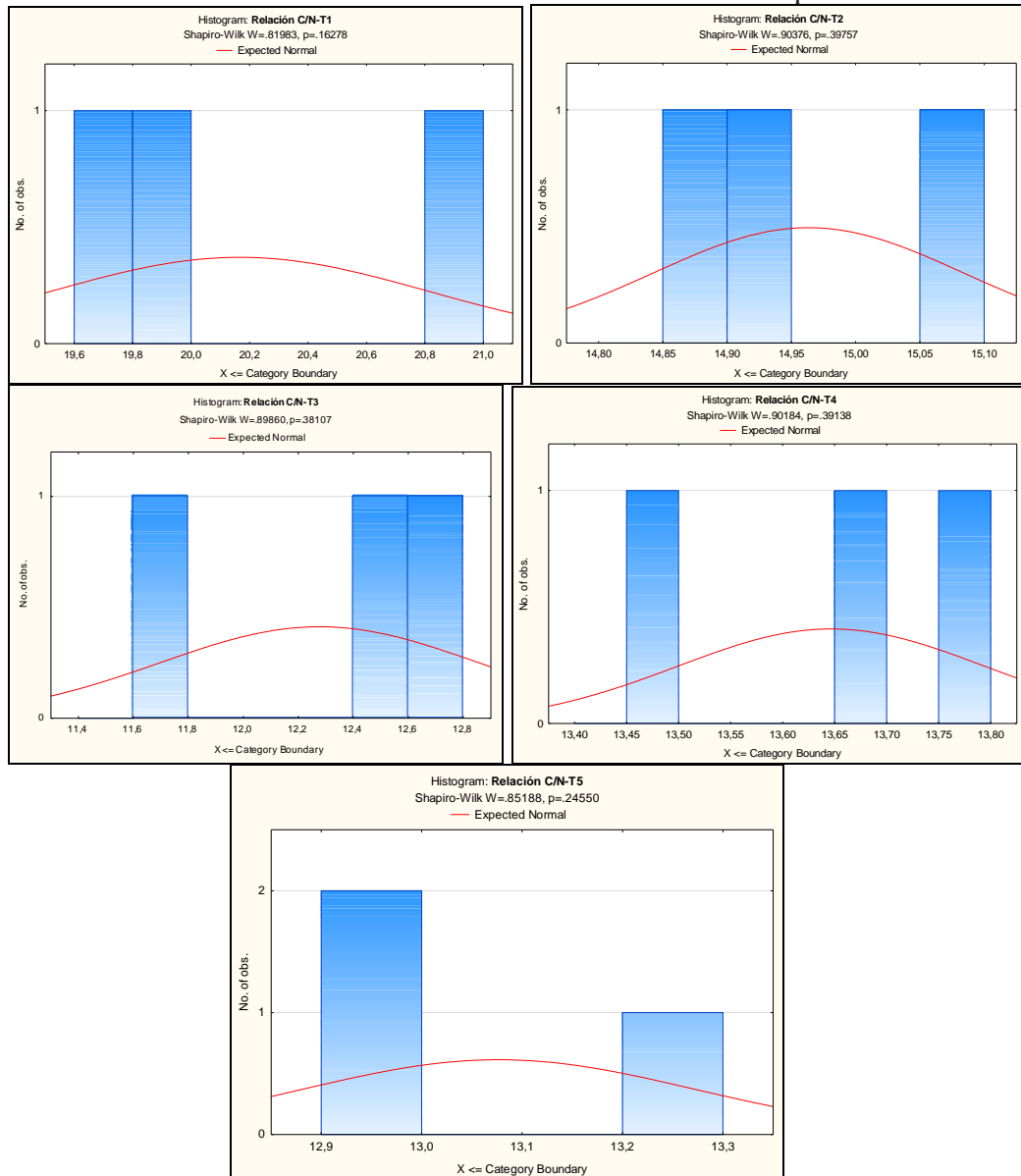
ANEXO 53. Gráfica de la curva de Normalidad del magnesio por tratamiento.



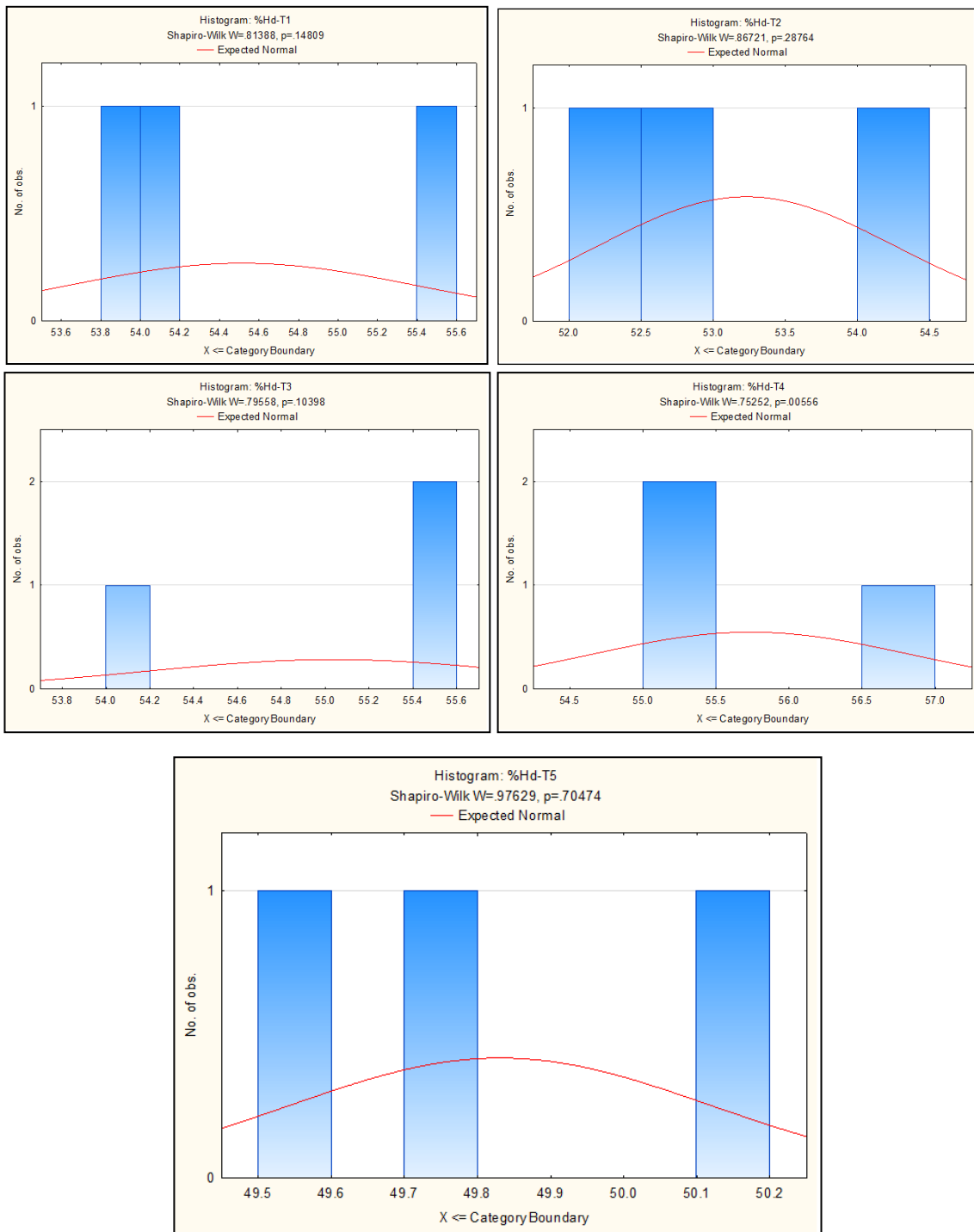
ANEXO 54. Gráfica de la curva de Normalidad del sodio por tratamiento.



ANEXO 55. Gráfica de la curva de Normalidad de la relación C/N por tratamiento.



ANEXO 56. Gráfica de la curva de Normalidad de la humedad por tratamiento.



ANEXO 57. Zona de proceso de compostaje-EEA-INIA (VRAEM)



ANEXO 58. Unidad Experimental del proceso de compostaje



ANEXO 59. Recolección de Material a compostar (cascara de mazorca de cacao)



ANEXO 60. Problemática Ambiental en los terrenos de cacao



ANEXO 61. Secado y picado de la cascara de mazorca de cacao



ANEXO 62. Preparación de pilas en forma homogénea (Cuyaza y Cáscara de mazorca de cacao)



ANEXO 63. Armado de pilas para inicio del compostaje



ANEXO 64. Proceso en tratamiento (13/11/18)



ANEXO 65. Proceso de tratamiento (25/11/18)



ANEXO 66. Proceso de treatment (12/12/18)



ANEXO 67. Proceso de tratamiento (26/12/18)



ANEXO 68. Metodología de análisis de parámetros fisicoquímicos en laboratorio

Parámetros del Compost	Método
<ul style="list-style-type: none">• pH (%)• Conductividad Eléctrica (dS/m)	<ul style="list-style-type: none">• Potenciometría• Medición indirecta del contenido de sales solubles
<ul style="list-style-type: none">• Humedad (%)• Materia Orgánica (%)• Relación C/N• Nitrógeno Total (%)• P₂O₅ (%)• K₂O• Calcio• Magnesio• Sodio	<ul style="list-style-type: none">• Gravimetría• Método de Walkley y Black• Proporción• Método de Micro Kjeldahl• Método de azul de molibdeno• Espectrofotometría de absorción atómica.• Espectrofotometría de absorción atómica.• Espectrofotometría de absorción atómica.• Espectrofotometría de absorción atómica.

ANEXO 69. Secado y homogenizado final de material para su posterior recojo



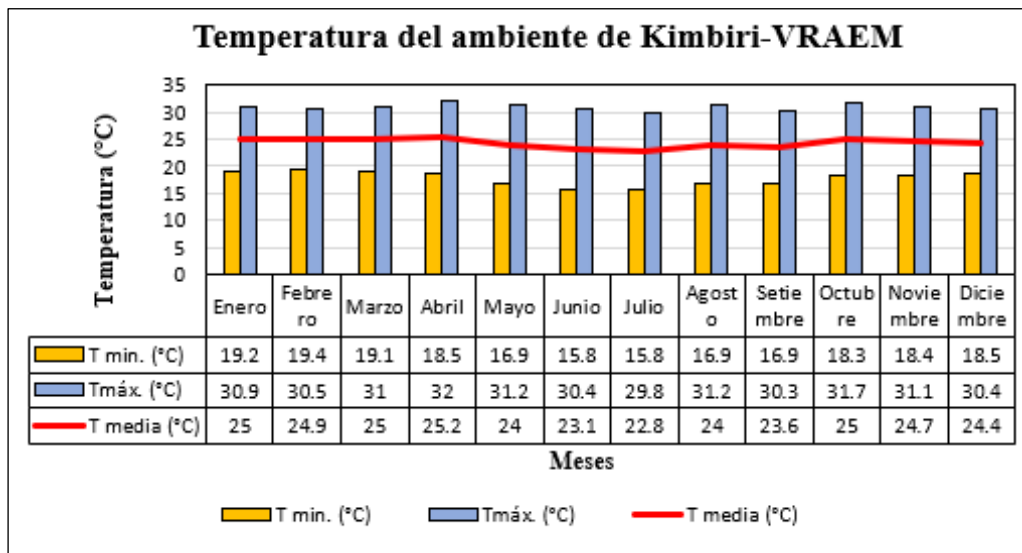
ANEXO 70. Tamizado del material para su posterior recojo



ANEXO 71. Muestra de producto final para análisis fisicoquímicos



ANEXO 72. Temperatura Ambiente de la zona de Kimbiri-VRAEM





INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : SOLEDAD MARTEL PARIONA/ALEJANDRO VILA SANTIAGO
PROCEDENCIA : CUSCO/ LA CONVENCION/ KIMBIRI/ C.P. LAS MALVINAS
MUESTRA DE : COMPOST
REFERENCIA : H.R.66726
BOLETA : 2457
FECHA : 22/01/19

N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
048	T1R1	9.94	16.90	59.31	1.69	0.55	6.84
049	T1R3	9.85	17.10	61.04	1.72	0.60	6.58
050	T2R2	9.52	13.50	38.72	1.53	0.76	4.48
051	T2R3	9.30	13.70	39.77	1.55	0.73	4.10
052	T3R1	8.91	13.42	38.10	1.58	0.87	3.10
053	T3R3	8.62	12.10	37.23	1.48	0.84	2.92

N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	Relación C/N
048	T1R1	3.15	1.28	53.93	0.22	19.74
049	T1R3	3.14	1.34	55.54	0.23	19.85
050	T2R2	3.13	1.22	52.49	0.16	15.10
051	T2R3	3.15	1.12	52.80	0.16	14.87
052	T3R1	2.90	0.90	55.57	0.32	11.62
053	T3R3	2.90	0.87	55.48	0.31	12.72



Dr. Sady García Bendejú
Jefe de Laboratorio



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : SOLEDAD MARTEL PARIONA/ ALEJANDRO VILA SANTIAGO
PROCEDENCIA : CUSCO/ LA CONVENCION/ KIMBIRI/ C.P. LAS MALVINAS
MUESTRA DE : COMPOST
REFERENCIA : H.R. 66726
BOLETA : 2457
FECHA : 22/01/19

N° LAB	CLAVES	PH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
054	T4R1	8.53	15.30	39.45	1.48	0.87	2.57
055	T4R2	8.45	15.40	39.96	1.51	0.90	2.47
056	T5R2	8.30	15.20	37.20	1.45	0.84	3.19
057	T5R3	8.28	14.80	37.98	1.48	0.83	3.40

N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	Relación C/N
054	T4R1	3.00	1.02	57.00	0.21	13.70
055	T4R2	2.99	1.00	55.10	0.19	13.48
056	T5R2	2.96	1.00	50.14	0.16	12.94
057	T5R3	2.98	0.96	49.57	0.16	13.30


Dr. Sady García Bendejuz
Jefe de Laboratorio





INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : SOLEDAD MARTEL PARIONA/ ALEJANDRO VILA SANTIAGO
 PROCEDENCIA : CUSCO/ LA CONVENCION/ KIMBIRI/ C.P. LAS MALVINAS
 MUESTRA : COMPOST
 REFERENCIA : H.R. 66726
 BOLETA : 2457
 FECHA : 22/01/19

N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
058	T1R2	9.79	18.40	61.28	1.69	0.67	6.89
059	T2R1	9.62	14.00	39.05	1.54	0.79	4.60
060	T3R2	8.89	12.40	37.69	1.55	0.85	2.85
061	T4R3	8.40	15.40	39.40	1.46	0.87	2.49
062	T5R1	8.21	15.00	37.00	1.43	0.84	2.98

N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	Relacion C/N
058	T1R2	3.16	1.28	54.07	0.25	20.91
059	T2R1	3.13	1.19	54.40	0.20	14.92
060	T3R2	2.81	0.94	54.06	0.40	12.49
061	T4R3	3.02	1.06	55.11	0.18	13.76
062	T5R1	2.99	1.03	49.78	0.19	12.99



Dr. Sady García Bendejú
Jefe de Laboratorio