

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Reutilización de desechos orgánicos y papel higiénico para fabricación de abono tipo bocashi y lombricompost y manejo de productos de protección higiénica femenina utilizando compartimientos con sales de amonio cuaternario

Trabajo de graduación en modalidad de Megaproyecto presentado por
Marla Andrea Argueta Rodríguez; Ileana María Morales Carías y Cesia Pérez Escobedo para optar al grado académico de Licenciadas en Ingeniería Química.

Guatemala
2018

Reutilización de desechos orgánicos y papel higiénico para fabricación de abono tipo bocashi y lombricompost y manejo de productos de protección higiénica femenina utilizando compartimientos con sales de amonio cuaternario

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Reutilización de desechos orgánicos y papel higiénico para fabricación de abono tipo bocashi y lombricompost y manejo de productos de protección higiénica femenina utilizando compartimientos con sales de amonio cuaternario

Trabajo de graduación en modalidad de Megaproyecto presentado por
Marla Andrea Argueta Rodríguez; Ileana María Morales Carías y Cesia Pérez Escobedo para optar al grado académico de Licenciadas en Ingeniería Química.

Guatemala
2018

Vo. Bo.

(f)

M.Sc. Ing. Gamaliel Giovanni Zambrano Ruano

Directores de los estudiantes que trabajaron el Megaproyecto

(f)

M.Sc. Ing. Gamaliel Giovanni Zambrano Ruano
Director del Departamento de Ingeniería Química

Fecha de aprobación: Guatemala, 15 de noviembre del 2018

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE CUADROS	x
RESUMEN	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
A. Objetivo general	3
B. Objetivos específicos	3
III. JUSTIFICACIÓN	5
IV. MARCO TEÓRICO	7
A. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN GUATEMALA	7
B. ECONOMÍA CIRCULAR	7
C. BOCASHI ANAERÓBICO	8
D. BOCASHI AÉROBICO	10
E. DISTRIBUCIÓN DE HECTAREAS EN GUATEMALA	14
F. FERTILIZANTES QUÍMICOS	15
G. INVERNADERO	16
H. MICROORGANISMOS EFICIENTES	19
I. COMPOSTAJE	21
J. LOMBRICULTIVOS	24
K. RELACIÓN C/N.....	30
L. SENSORES DE TEMPERATURA	31
M. SENSORES DE HUMEDAD	31
N. RÁBANOS.....	32
O. CILANTRO	33
P. FUNCIÓN DE LOS MINERALES CONTENIDOS EN EL ABONO	34
Q. AMONIO CUATERNARIO	35
R. GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS HIGIÉNICOS FEMENINOS.....	36
S. TEORÍA DE LA ENCUESTA.....	37
T. VALOR NETO ACTUAL (VAN).....	38
U. TASA MÍNIMA ACEPTABLE DE RENDIMIENTO	39
V. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).....	39

W.	MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR.....	40
X.	PORCENTAJE DE ERROR.....	40
V.	ANTECEDENTES.....	41
VI.	METODOLOGÍA.....	49
A.	ACTIVACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES.....	49
B.	PREPARACIÓN DE BOCASHI EN CONDICIÓN ANAERÓBICA.....	49
C.	PREPARACIÓN DE BOCASHI EN CONDICIONES AERÓBICAS.....	51
D.	PREPARACIÓN DE CULTIVO DE RÁBANOS UTILIZANDO SEMILLERO.....	52
E.	CONSTRUCCIÓN DEL INVERNADERO.....	53
F.	FUMIGACIÓN Y CEBOS PARA MOSCAS.....	54
G.	ELABORACIÓN DE COMPOSTERAS PARA TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE COMIDA.....	55
H.	PRODUCCIÓN DE ABONO POR LOMBRICOMPOSTAJE DE RESIDUOS DE FRUTAS Y VERDURAS.....	56
I.	MEDICIÓN DE PH, HUMEDAD Y TEMPERATURA PARA COMPOSTERAS DE LOMBRICULTIVO CON RESIDUOS DE FRUTAS Y VERDURAS.....	58
J.	ELABORACIÓN DE RECIPIENTES EXPERIMENTALES DE CILANTRO PARA PRUEBAS DE ABONO PRODUCIDO POR LOMBRICOMPOSTAJE DE RESIDUOS DE FRUTAS Y VERDURAS.....	58
K.	PRUEBAS ANALÍTICAS PARA EL ABONO PRODUCIDO POR LOMBRICOMPOSTAJE DE RESIDUOS DE FRUTAS Y VERDURAS.....	59
L.	CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS EN SAN JUAN SACATEPÉQUEZ.....	60
M.	LOMBRICOMPOSTAJE PARA PAPEL HIGIÉNICO.....	61
N.	CONSTRUCCIÓN COMPOSTERAS VERTICALES PARA TRATAMIENTO DE PAPEL HIGIÉNICO.....	61
P.	COLOCACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES A RESIDUOS ORGÁNICOS PARA TRATAMIENTO DE PAPEL HIGIÉNICO.....	63
Q.	TIEMPO DE COMPOSTAJE.....	63
R.	SIEMBRA DE RÁBANOS.....	64
S.	MANEJO DE TOALLAS SANITARIAS Y TAMPONES.....	65
T.	CONSTRUCCIÓN DE RECIPIENTES PARA TOALLAS SANITARIAS Y TAMPONES... ..	65
U.	FLUJO DE CAJA PARA LOBRICULTIVO CON PAPEL HIGIÉNICO.....	66
V.	ENCUESTAS PARA MANEJO DE TOALLAS SANITARIAS.....	66
W.	ESTADISTICA DESCRIPTIVA.....	66
VII.	RESULTADOS.....	69

VIII.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	85
IX.	CONCLUSIONES	101
X.	RECOMENDACIONES	105
XI.	BIBLIOGRAFÍA	107
XII.	ANEXOS	109
XIII.	GLOSARIO	191

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de la elaboración del abono tipo Bocashi aeróbico	13
Figura 2. Proporción de la superficie de los territorios dedicados a cultivos anuales o temporales	14
Figura 3. Proporción de la superficie de los territorios dedicados a cultivos permanentes	14
Figura 4. Consumo de fertilizantes en Guatemala.....	16
Figura 5. Variación de temperaturas en dos condiciones.....	18
Figura 6. Descomposición con microorganismos eficientes	20
Figura 7. Comparación de temperatura contra tiempo en la obtención del compostaje.....	22
Figura 8. Comparación de temperatura y pH en el proceso de compostaje.....	23
Figura 9. Rango de nutrientes en humus de lombriz	27
Figura 10. Aplicación del humus de lombriz	28
Figura 11. Compostera vertical.....	29
Figura 12. Compostera horizontal.....	29
Figura 13. Relación carbono/nitrógeno.....	30
Figura 14. Sensor utilizado para la medición de humedad en los diferentes sistemas	32
Figura 15. Proceso de validación y adaptación de escala.....	38
Figura 16. Producto aprovechable con los diferentes sustratos	43
Figura 17. Comportamiento poblacional de lombriz coqueta roja durante el estudio	44
Figura 18. Rentabilidad de lombricompost	44
Figura 19. Esquema de cubeta con agujeros vista frontal y vista superior.....	55
Figura 20. Cultivador 4.5 in.....	56
Figura 21. Diseño experimental sobre la siembra de rábanos en macetas.....	64
Figura 22. Composteras verticales para la fabricación de lombricompost utilizando material orgánico y papel sanitario	73
Figura 23. Gráfica sobre primer mes sobre colocación de recipiente especial	83
Figura 24. Gráfica sobre primer mes sobre colocación de recipiente especial	83
Figura 25. Análisis económico al colocar los recipientes especiales para las toallas sanitarias ..	84
Figura 26. Temperatura promedio de composteras con sustrato no cortado comparada con temperatura ambiente.....	115
Figura 27. Humedad promedio de composteras con sustrato no cortado por fecha comparada con la humedad ambiente	116
Figura 28. Temperatura promedio de composteras con sustrato cortado comparada con la temperatura ambiente.....	116
Figura 29. Humedad promedio de composteras con sustrato cortado comparada con la temperatura ambiente.....	117
Figura 30. Análisis de costos fijos y costos variables al hacer lombricompost con cubetas	132
Figura 31. Análisis de costos fijos y costos variables al hacer lombricompost en pila	132
Figura 32. Análisis de costos fijos y costos variables en la colocación de recipientes especiales para toallas sanitarias.....	133
Figura 33. Balance de masa del abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas no. 1	133
Figura 34. Balance de masa del abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas no. 2	134
Figura 35. Balance de masa del abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas no. 3	134
Figura 36. Balance de masa del abono orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas no. 1	135

Figura 37. Balance de masa del abono orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas no. 2	135
Figura 38. Balance de masa del abono orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas no. 3	136
Figura 39. Balance de masa sustrato cortado	136
Figura 40. Balance de masa sustrato no cortado	137
Figura 41. Balance de masa para tratar 1,200kg de residuos anuales	137
Figura 42. Balance de agua	137
Figura 43. Balance de masa de cajón número 5	138
Figura 44. Balance de masa de cajón número 6	138
Figura 45. Croquis de invernadero vista planta de distribución de cajones dentro del invernadero	144
Figura 46. Croquis de invernadero vista elevación	145
Figura 47. Croquis de composteras	146
Figura 48: Vista de despiece del recipiente para la recolección de toallas sanitarias y tampones.	147
Figura 49: Vista superior, lateral, frontal, posterior y frontal del recipiente	148
Figura 50: Vista superior, lateral, inferior de la pieza A	149
Figura 51: Vista superior, lateral, inferior de las piezas B y C	150
Figura 52: Plano de troquel de pieza B del recipiente	151
Figura 53: Planos de troquel de piezas A y C del recipiente	152
Figura 54. Cotización para medidor de temperatura y humedad.....	154
Figura 55: Cotización sobre la colocación de recipientes para el buen manejo de toallas sanitarias y tampones por parte de Pro Hygiene.	155
Figura 56: Cotizaciones sobre la incineración de desechos sanitarios una vez al mes por parte de Ecotermo.....	156
Figura 57: Gráfica sobre conocimiento acerca de ¿qué es una toalla sanitaria?	158
Figura 58: Gráfica sobre conocimiento acerca de la cantidad de toallas sanitarias utilizadas durante el período	158
Figura 59: Gráfica sobre conocimiento acerca del tiempo de degradación de una toalla sanitaria	159
Figura 60: Gráfica sobre conocimiento acerca del desecho de una toalla sanitaria.....	159
Figura 61. Recolección y pesaje de residuos orgánicos.....	160
Figura 62. Empaque de residuos orgánicos	160
Figura 63. Recolección de comida procesada.....	160
Figura 64. Ejemplo de la comida procesada recolectada	160
Figura 65. Salvado de trigo para abono bocashi en condiciones anaeróbicas.....	161
Figura 66. Agregar Microorganismos Eficientes (EM-1) junto con el salvado de trigo	161
Figura 67. La mezcla se debe revolver hasta que esté homogéneo	161
Figura 68. Agregar agua hasta que la mezcla se mantenga unida al momento de realizar una bola	161
Figura 69. Cubetas con malla plástica al fondo para empezar a realizar el abono orgánico tipo Bocashi anaeróbico	162
Figura 70. Se debe colocar una capa no tan gruesa de la mezcla del abono orgánico tipo Bocashi anaeróbico	162
Figura 71. Agregar una capa de residuos orgánicos cortados en pedazos.....	162

Figura 72. Después de alternar las capas de la mezcla y los residuos orgánicos deberían de compactar todo el contenido utilizando la mano o un plato pesado.	162
Figura 73. Producto final del abono orgánico Bocashi en condiciones anaeróbicas.....	163
Figura 74. Aplicación de abono orgánico Bocashi en condiciones anaeróbicas al tablón de rábanos	163
Figura 75. Preparación de abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas	163
Figura 76. Proceso de volteo para el abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas ..	163
Figura 77. Producto final del abono orgánico Bocashi en condiciones aeróbicas.....	164
Figura 78. Aplicación de abono orgánico Bocashi en condiciones aeróbicas al tablón de rábanos	164
Figura 79. Muestra contaminada de abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas por huevos de mosca	164
Figura 80. Proceso de fumigación dentro del invernadero	164
Figura 81. Construcción terminada del Invernadero.....	165
Figura 82. Trasplante de los rábanos a los cajones del invernadero	165
Figura 83. Recolección de la cosecha de rábanos	165
Figura 84. Producto final del tablón de control	166
Figura 85. Producto final utilizando abono orgánico Bocashi en condiciones anaeróbicas	166
Figura 86. Producto final utilizando abono orgánico Bocashi en condiciones aeróbicas	166
Figura 87. Producto final utilizando fertilizante químico.....	166
Figura 88. Cubeta superior de la compostera.....	167
Figura 90. Compostera	167
Figura 89. Cedazo de fibra de vidrio para el fondo de la compostera	167
Figura 92. Residuo de papaya cortado.....	167
Figura 91. Composteras ubicadas en el área de trabajo	167
Figura 93. Microorganismos eficientes sin activar	167
Figura 94. Aspecto de los residuos cortados después de tres semanas.....	168
Figura 95. Aspecto de los residuos no cortados después de 1 semana con lombrices	168
Figura 96. Separación de las lombrices para extracción de abono	168
Figura 97. Proceso de tamizaje	168
Figura 98. Humus de lombriz tamizado	168
Figura 99. Residuos por tamizaje del humus.....	168
Figura 100. Lixiviados producidos antes de la filtración	169
Figura 101. Preparación de maceta para sembrar cilantro	169
Figura 102. Preparación de maceta con tierra y humus para siembra de cilantro	169
Figura 103. Sistema para filtración de lixiviados.....	169
Figura 104. Cilantro sin abono	169
Figura 105. Cilantro con fertilizante químico	169
Figura 106. Cilantro con humus de lombriz	170
Figura 107: Muestra de cómo fue el acabado final de todos los cajones utilizados	170
Figura 108: Muestra de cómo se trituró	170
Figura 109: Diagrama de bloques de composteras	171
Figura 110: Materia orgánica antes del proceso de descomposición con lombrices.....	171
Figura 111: Muestra de pH de compostera cinco	171
Figura 112: Método para medir la temperatura de las composteras utilizando sensores de temperatura.....	171

Figura 113: Método para medir si la humedad de las composteras se encontraba dentro del rango aceptable utilizando sensores de humedad.....	172
Figura 114: Abono obtenido de la compostera uno después del mes y medio del proceso.....	172
Figura 115: Abono obtenido de la compostera dos después del mes y medio del proceso.....	172
Figura 116: Abono obtenido de la compostera tres después del mes y medio del proceso.....	172
Figura 117: Abono obtenido de la compostera cuatro después del mes y medio del proceso...	173
Figura 118: Abono obtenido de la compostera cinco después del mes y medio del proceso	173
Figura 119: Abono obtenido de la compostera seis después del mes y medio del proceso	173
Figura 120: Abono obtenido de la compostera cinco después del mes y medio del proceso	173
Figura 121: Materiales para fabricación de composteras	174
Figura 122: Parcela control en la primera semana	174
Figura 123: Parcela con lombricompost en la primera semana.....	174
Figura 124: Parcela con abono químico en la primera semana	174
Figura 125: Parcela control en la segunda semana	175
Figura 126: Parcela con lombricompost en la segunda semana	175
Figura 127: Parcela con abono químico en la segunda semana.....	175
Figura 128: Parcela control en la tercera semana	175
Figura 129: Parcela con lombricompost en la tercera semana.....	176
Figura 130: Parcela con abono químico en la tercera semana	176
Figura 131: Parcela control en la cuarta semana	176
Figura 132: Parcela con lombricompost en la cuarta semana.....	176
Figura 133: Parcela con abono químico en la cuarta semana.....	177
Figura 134: Amonio cuaternario utilizado para los recipientes especiales	177
Figura 135: Forma en cómo se midió el amonio cuaternario utilizado	177
Figura 136: Amonio cuaternario al estar en contacto con las toallas absorbentes.....	177
Figura 137: Recipiente especial en área de gerencia.....	178
Figura 138: Recipiente especial en área de administración	178
Figura 139. Resultados de los análisis de abono orgánico Bocashi en condiciones aeróbicas .	179
Figura 140. Resultados de los análisis de abono orgánico líquido bocashi en condiciones anaeróbicas	180
Figura 141. Resultados de los análisis de suelo del tablón de control y utilizando fertilizante químico	181
Figura 142. Resultados de los análisis de suelo utilizando abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas y anaeróbicas	182
Figura 143. Análisis de humus de lombriz	183
Figura 144. Análisis de abono líquido	184
Figura 145. Análisis de tierra	185
Figura 146: Análisis de abono de las composteras cinco y seis.....	187
Figura 147: Análisis de suelo antes de utilizarla para la parcela	188
Figura 148: Análisis de suelos con lombricompost.....	189
Figura 149: Análisis de lixiviados obtenidos al realizar lombricompost	190

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Ventajas y desventajas de los invernaderos	17
Cuadro 2. Ventajas y desventajas del invernadero tipo capilla	19
Cuadro 3. Información general de la lombriz Eisenia foetida	25
Cuadro 4. Taxonomía de la lombriz coqueta roja	25
Cuadro 5. Índices para condiciones óptimas de vida para las lombrices de tierra	26
Cuadro 6. Rangos aceptables sobre características químicas del lombricompost.....	28
Cuadro 7. Especificaciones técnicas del cilantro	33
Cuadro 8. Mililitros de microorganismos colocados dependiendo del cajón y del día de colocación	63
Cuadro 9. Análisis de abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas	69
Cuadro 10. Análisis de abono orgánico líquido tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas	69
Cuadro 11. Análisis de suelo utilizando diferentes tipos de abono.....	70
Cuadro 12. Comparación porcentual de los rábanos de control obtenidos del cultivo de hortalizas realizada en un invernadero	70
Cuadro 13. Análisis económico para la producción de abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas.....	71
Cuadro 14. Análisis económico para la producción de abono orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas	71
Cuadro 15. Eficiencia del abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas	71
Cuadro 16. Eficiencia del abono orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas	71
Cuadro 17. Composición nutricional del abono según su origen con humus producido por residuos de frutas y verduras	72
Cuadro 18. Porcentaje de masa aprovechable para sustrato cortado y no cortado de lombricultivo con residuos de frutas y verduras	72
Cuadro 19. Abono producido en 8 semanas por lombricompostaje de residuos de frutas y verduras	72
Cuadro 20. Altura final del cilantro en recipientes experimentales	72
Cuadro 21. VAN, TIR y Período de recuperación para 1,200 kg de residuos de frutas y verduras	73
Cuadro 22. Observaciones visuales de cada compostera para la obtención de lombricompost. 74	
Cuadro 23. Resultados sobre análisis químico sobre el abono obtenido con papel higiénico del cajón 5.....	75
Cuadro 24. Resultados sobre análisis químico sobre el abono obtenido del cajón 6.....	76
Cuadro 25. Resultados sobre análisis químico sobre lixiviados con papel higiénico obtenido del cajón 5.....	76
Cuadro 26. Comparación de N, P, K, S y Mg en lombricompost con papel higiénico y abono comercial.....	77
Cuadro 27. Análisis químico antes y después de colocar abono (mg/L)	77
Cuadro 28. Análisis químico antes y después de colocar abono (Cmol (+)/L)	78
Cuadro 29. Flujo de caja al realizar lombricompost con papel higiénico utilizando cubetas	79
Cuadro 30. Flujo de caja al realizar lombricompost utilizando pila	80
Cuadro 31. Punto de equilibrio al producir lombricompost en cubetas y en pilas	81
Cuadro 32. Media logarítmica y desviación estándar de la muestra control	81
Cuadro 33. Media logarítmica y desviación estándar de la siembra con lombricompost	81

Cuadro 34. Media logarítmica y desviación estándar de la siembra con abono químico	81
Cuadro 35. Comparación de cantidad de tallos por muestra.....	81
Cuadro 36. Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para la altura de los tallos de rábano.....	82
Cuadro 37. Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para la cantidad de hojas por tallo de rábano	82
Cuadro 38. Recolección de residuos orgánicos para abono Bocashi en condiciones anaeróbicas	109
Cuadro 39. Recolección de residuos orgánicos para abono Bocashi en condiciones aeróbicas	109
Cuadro 40. Condiciones afuera y adentro del invernadero	110
Cuadro 41. Resultados de los rábanos obtenidos del tablón de rábanos realizada en un invernadero.....	111
Cuadro 42. Comparación organoléptica de los rábanos obtenidos del tablón realizado en un invernadero.....	113
Cuadro 43. Humedad relativa y temperatura superficial durante el compostaje	113
Cuadro 44. Composición de los residuos	114
Cuadro 45. Composición másica de las composteras.....	114
Cuadro 46. Aporte de minerales teóricos de los residuos	114
Cuadro 47. Lixiviado producido	115
Cuadro 48. Datos para densidad de lixiviado	117
Cuadro 49. Distribución de masa en composteras	117
Cuadro 50. Humus y lixiviado producido	118
Cuadro 51. Medición de pH	118
Cuadro 52. Humedad del humus	118
Cuadro 53. Condiciones para el flujo de caja	118
Cuadro 54. Cantidad de microorganismos eficientes, materia orgánica y papel colocada dependiendo del número de cajón.....	119
Cuadro 55. Cantidad de microorganismos eficientes, materia orgánica y papel colocada dependiendo del número de cajón.....	119
Cuadro 56. Cantidad de mL utilizados para la colocación de amonio cuaternario en recipientes para recolección de toallas sanitarias y tampones	119
Cuadro 57. Hoja de seguimiento diario sobre las condiciones de cada parcela en la semana del 5 al 11 de agosto	120
Cuadro 58. Hoja de seguimiento diario sobre las condiciones de cada parcela en la semana del 12 al 18 de agosto	121
Cuadro 59. Hoja de seguimiento diario sobre las condiciones de cada parcela en la semana del 19 al 25 de agosto	122
Cuadro 60. Hoja de seguimiento diario sobre las condiciones de cada parcela en la semana del 26 al 31 de agosto	123
Cuadro 61. Hoja de seguimiento diario sobre las condiciones de cada parcela en la semana del 1 al 8 de septiembre	124
Cuadro 62. Bitácora de cantidad de tallos, altura y cantidad de hojas en la maceta control.....	125
Cuadro 63. Bitácora de cantidad de tallos, hojas y altura en la maceta con lombricompost.....	125
Cuadro 64. Bitácora de cantidad de tallos, hojas y altura en la maceta al usar abono químico	126

Cuadro 65. Resultados promedio de los rábanos obtenidos del tablón de rábanos realizado en un invernadero	127
Cuadro 66. Producción de humus	127
Cuadro 67. Información sobre las camas de compostaje para 120 kg al mes	128
Cuadro 68. Materia prima para tratamiento de 1kg de residuo orgánico.....	128
Cuadro 69. Costos para 2.5 kg de abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas	129
Cuadro 70. Costos para 2.5 kg de abono orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas .	129
Cuadro 71. Análisis económico del abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas....	130
Cuadro 72. Análisis económico del abono orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas	130
Cuadro 73. Inversión para el proyecto	131
Cuadro 74. Costos variables de empaque.....	131
Cuadro 75. Costos fijos.....	131
Cuadro 76. Gastos de operación	131
Cuadro 77. Análisis químico de tierra utilizada para la parcela con abono después de la siembra de rábanos	186

RESUMEN

Los residuos sólidos urbanos son todos aquellos residuos generados en domicilios, comercios y oficinas, que no son clasificados como peligrosos. En la mayoría de los países, incluyendo Guatemala, estos terminan en vertederos a cielo abierto. Como parte del tratamiento de residuos de alimentos surge la producción de abono orgánico por lombricultivo y por una técnica japonesa llamada bocashi.

Por otra parte, se propone el uso de lombricultivos para el reciclaje de desechos sanitarios como lo es el papel higiénico. Así también, se evalúa la aceptación de recolección de productos de protección higiénica femenina, tanto toallas sanitarias y tampones a través de encuestas.

En el caso del tratamiento de residuos de alimentos se observó que, con la técnica bocashi, se pueden reciclar toda clase de alimentos, mientras que en el caso de los lombricultivos se puede utilizar únicamente residuos de frutas y verduras. Se determinó, para el primer caso que el abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas tiene una eficiencia de 86.72% y el abono orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas de 47.69%. Por otro lado, para el lombricultivo la eficiencia fue de 15.98%.

Para el tratamiento de desechos sanitarios, se determinó que la mejor composición de residuos para las diferentes composteras utilizadas en la obtención de abono fue: 0.25 kg de papel higiénico usado, 2.75 kg de materia orgánica y 180mL de microorganismos eficientes debido que, al pasar dos meses, ya no existía presencia de estos residuos.

Finalmente, para los recipientes con amonio cuaternario para el manejo de toallas sanitarias y tampones se observó que el recipiente con 15mL de amonio cuaternario al 70%, eliminó los olores por 25 días.

A partir de los resultados obtenidos, se procedió a calcular costos, valor neto actual y tasa interna de retorno, con el fin de evaluar la rentabilidad de los proyectos. Asimismo, se realizaron recomendaciones como realizar un estudio que cuantifique la producción de metano en los abonos pues este contamina más que el dióxido de carbono.

I. INTRODUCCIÓN

En Guatemala, según investigación de campo no existen empresas que se encarguen del reciclaje de materia orgánica y desechos sanitarios. La generación de residuos orgánicos, alrededor del mundo se ha convertido en un problema, pues la mayoría tienen como destino final el vertedero o bien se dirigen a los cuerpos de agua.

El presente proyecto surge de la necesidad de manejar, en forma integral, los residuos generados. Según los principios de la economía circular en la que el residuo se convierte en recurso, se propone cerrar el ciclo de los alimentos aprovechándolos como materia prima para la producción de abono orgánico tratándolos con métodos como el bocashi y lombricompostaje. Mientras que, para el papel higiénico se propuso el tratamiento por lombricompostaje.

Otro de los desechos que se trató en el proyecto fueron las toallas sanitarias. Se propuso un diseño de un recipiente para su debida recolección, utilizando sales de amonio cuaternario para eliminar mal olor, bacterias, virus e infecciones que se puedan presentar. Los residuos recolectados se enviarían a una empresa dedicada al manejo de desechos biológicos-infecciosos, mensualmente.

Se evaluó también la viabilidad del proyecto para la producción promedio de residuos orgánicos utilizando la tasa interna de retorno, comparándola con la tasa mínima aceptable de rendimiento y el tiempo en el que se recuperaba la inversión.

Los resultados obtenidos son sustentados con la teoría, que puede ser consultada en la sección de Marco Teórico, y de proyectos similares que pueden encontrarse en la sección de Antecedentes.

Siguiendo la metodología, se muestran los resultados obtenidos a partir de los objetivos y el análisis de estos mismos, asimismo, se muestran las posibles fuentes de error y recomendaciones para evitarlos. Finalmente, se muestran las conclusiones en donde se detallan los puntos más importantes del proyecto.

II. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Reutilizar desechos orgánicos generados por la preparación de alimentos, papel higiénico de sanitarios y manejo de productos de protección higiénica femenina y obtener un subproducto aprovechable y sanitizado

B. Objetivos específicos

Reutilizar desechos orgánicos para la fabricación de abono tipo bocashi en condiciones anaeróbicas y aeróbicas

- a. Comparar las dos condiciones –aeróbica y anaeróbica- en que se puede trabajar el abono orgánico tipo Bocashi utilizando pruebas analíticas de abonos orgánicos para determinar cuál satisface parámetros fisicoquímicos establecidos por el artículo “Fortalezas y debilidades del análisis de suelo como herramienta de diagnóstico en la nutrición de los cultivos”.
- b. Realizar un tablón de cultivo de rábano en un jardín residencial (2.5m x 2.5m) para el análisis fisicoquímico del suelo con abono orgánico tipo Bocashi en las dos condiciones -aeróbica y anaeróbica- para determinar si los nutrientes que se fijaron en el suelo están dentro del rango aceptado del artículo “Fortalezas y debilidades del análisis de suelo como herramienta de diagnóstico en la nutrición de los cultivos”.
- c. Comparar las características físicas de un tablón del cultivo de rábanos utilizando el abono orgánico tipo Bocashi en las dos condiciones -aeróbica y anaeróbica- con un fertilizante químico de marca comercial 12-8-16.
- d. Realizar un flujo caja del uso de abono orgánico tipo Bocashi en las dos condiciones -aeróbica y anaeróbica- para la gestión de residuos orgánicos para evaluar la posibilidad de venta al público.

Reutilizar residuos orgánicos para fabricación de abono orgánico utilizando lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*)

- a. Analizar los macronutrientes (nitrógeno, potasio y fósforo) contenidos en el humus de lombriz, obtenido, para determinar la relación con los macronutrientes (nitrógeno, potasio y fósforo) de un abono químico comercial.
- b. Comparar el porcentaje de masa aprovechable de lombricompost producido, usando sustrato cortado y no cortado, de acuerdo con cambios en el área superficial y cómo influye en el rendimiento de la producción.
- c. Comparar la altura final del cilantro en recipientes experimentales, fertilizados con humus de lombriz y un abono químico 13-6-40, para determinar los porcentajes de crecimiento.
- d. Calcular el valor actual neto, tasa interna de retorno y período de recuperación de la inversión para la transformación de 1,200 kg de residuos de frutas y verduras en humus y lixiviados.

Diseñar procesos de reciclaje para desechos de sanitarios; tanto como papel higiénico, toallas sanitarias y tampones en una empresa en San Juan Sacatepéquez

- a. Hacer una compostera vertical con cubetas para tratar una mezcla de papel higiénico usado y materia orgánica usando lombricompost para la obtención de abono orgánico.
- b. Comparar las características químicas del abono obtenido con un abono comercial para establecer equivalencias de usos entre los mismos.
- c. Hacer una medición de altura, cantidad de tallos y hojas de rábanos cultivados, llevando el control durante un mes, para comparar los resultados al utilizar dichos abonos.
- d. Realizar un flujo de caja para determinar la factibilidad de la implementación de una compostera en una empresa ubicada en San Juan Sacatepéquez, utilizando balances de masa.
- e. Determinar la aceptación del contenedor propuesto para la recolección de productos de protección higiénica femenina, tanto toallas sanitarias y tampones usando encuestas, en una empresa en San Juan Sacatepéquez para proponer una capacitación de concientización al personal.

III. JUSTIFICACIÓN

En Guatemala, se generan alrededor de 6,000 a 7,000 toneladas métricas de desechos sólidos. De esta cantidad, se estima que el 54% se produce en zonas urbanas. Del total generado, el 34.2% se estima que son residuos de alimentos. Los residuos de alimentos son la materia prima para el lombricompost, alternativa para el tratamiento de este tipo de residuos, que produce abono orgánico y soluciona, a su vez, el uso de abonos químicos.

La economía circular se basa en el principio de cerrar el ciclo de vida de los recursos para generar un bien o servicio con el fin de reducir materia prima, energía y agua. Según los principios de la economía circular en la que el residuo se convierte en recurso, se propone cerrar el ciclo de los alimentos y papel higiénico aprovechándolos como materia prima para la producción de abono orgánico, para reincorporar los nutrientes en el ciclo de fertilización del suelo y reducir el uso de abonos químicos.

Para los productos de protección higiénica femenina, por investigación de campo, se encontró que muchas instalaciones no cuentan con un recipiente adecuado para el correcto manejo de estos productos. Contemplando una solución para esta problemática, se desea evitar que estos vayan al vertedero o a cuerpos de agua enviándolos a entidades que se encargan de incinerarlas sin contaminar al ambiente.

IV. MARCO TEÓRICO

A. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN GUATEMALA

Los residuos sólidos urbanos, definido por el Centro de Recursos Ambientales de Navarra, son todos aquellos generados en domicilios, comercios y oficinas, que no son clasificados como peligrosos. También entran en esta clasificación los residuos procedentes de la limpieza de vías públicas, zonas verdes y áreas recreativas, los procedentes de obras menores de construcción o reparación.

El manejo de residuos sólidos es, a nivel mundial, uno de los grandes problemas que afectan cualquier ciudad. Los factores que se ven involucrados en esto son el crecimiento demográfico, la concentración de población en zonas urbanas y el desarrollo ineficaz por parte del sector empresarial (Naciones Unidas, s.f.).

En cuanto al Perfil Ambiental de Guatemala, realizado en 2006, se generan alrededor de 6,000 a 7,000 toneladas de desechos sólidos. De esta cantidad, se estima que el 54% se produce en zonas urbanas. Los departamentos que generan más residuos sólidos domiciliarios son Guatemala, con 47.36%, Quetzaltenango con 6.43% y finalmente, Escuintla con 4.80% (Naciones Unidas, s.f.).

Para el 2002, el 58% de los hogares urbanos contaba con servicio de recolección, municipal o privado. El que la mayoría de los hogares cuente con este servicio a influido de manera positiva en otros indicadores. Por ejemplo, los hogares que quemaban desechos en 1994 era alrededor de 21.6%, mientras que para el 2002 se redujo a 19.9%. También los hogares que depositaban su basura en cualquier parte se redujeron de 20.7% a 12.6% en el mismo período de tiempo (Naciones Unidas, s.f.).

B. ECONOMÍA CIRCULAR

La economía circular se basa en el principio de cerrar el ciclo de vida de los recursos para que estos produzcan bienes o servicios con el fin de reducir el consumo y desperdicio de energía, agua y materias primas (Universidad Verde de Verano, 2016). Los principios que se utilizan son:

- El residuo se convierte en recurso: Todo material que pueda degradarse vuelve a la naturaleza, si no se degrada se reutiliza (Sostenibilidad para todos, s.f.)
- Reusar residuos: Reusar algunos residuos o partes de estos para la elaboración de nuevos productos (Sostenibilidad para todos, s.f.)
- Reparación de productos
- Reciclaje

- Valorización: Aprovechar energéticamente los residuos que no puedan reciclarse (Sostenibilidad para todos, s.f.)
- Energía de fuentes renovables: Eliminar los combustibles fósiles para producir el producto (Sostenibilidad para todos, s.f.)
- Ecología industrial: Establece un modo de organización en las industrias que geográficamente se encuentran cerca para un sistema de gestión optimizada de los flujos de materias, energía y servicio (Sostenibilidad para todos, s.f.)

Adoptar la economía circular ayuda a disminuir el uso de los recursos, producción de residuos y el consumo de energía. Con esto, los bienes y servicios ya mencionados se conservan dentro de la economía local el mayor tiempo posible. Además, se reduce el impacto ambiental provocado por la extracción de materias primas (Universidad Verde de Verano, 2016).

C. BOCASHI ANAERÓBICO

El proceso de compost Bocashi es una fermentación anaeróbica del material orgánico en un medio ácido, de esta manera es más fácil para la tierra aceptar el compost. Tradicionalmente el compost anaeróbico era malo y generaba subproductos poco favorables, pero con el compostaje Bocashi se puede fermentar los residuos orgánicos de forma anaeróbica y eliminar los subproductos poco favorables utilizando grupos específicos de microorganismos que neutralizan las bacterias dañinas y aumenta la proliferación de las bacterias que son beneficiosas (Footer, 2014).

Al momento de hacer compostaje utilizando el método Bocashi es necesario introducir un microorganismo al material orgánico para poder iniciar el proceso de fermentación. Esto se puede hacer por medio de un portador seco como una fuente inoculada de carbón como el salvado de trigo o una vía líquida como el aerosol microbiano. Después de dos semanas de la fermentación anaeróbica, el material orgánico fermentado puede ser aplicado directamente al jardín o ser mezclado con tierra para utilizarlo como "potting mix" (Footer, 2014).

La adición de carne o lácteos al compost tradicional tiene la desventaja de atraer moscas, roedores o ambas. Esto sucede porque el sistema bocashi, se trabaja en un recipiente totalmente sellado para que suceda correctamente la fermentación anaeróbica. Así que ningún olor saldrá del contenedor, reduciendo el riesgo significativamente de atraer plagas (Footer, 2014).

A pesar de que el proceso no genera olores a putrefacción, usualmente se produce vinagre, pero el olor es menos desagradable. Los microorganismos que tiene el salvado Bocashi tiene la particularidad de suprimir la putrefacción, patógenos y la producción de microbios por el metano además de reducir la producción de gases de efecto invernadero en el proceso (Footer, 2014).

El metano, el dióxido de carbono y los óxidos nitrosos son subproductos del compost tradicional y los tres son gases de efecto invernadero. El problema es que el proceso aeróbico, el tipo de compostaje más común, el potencial que tienen para reciclar carbón es de 50% o menos, el proceso es largo (aproximadamente más de 6 meses) y como ya se mencionó anteriormente los subproductos son dañinos para el ambiente (Footer, 2014).

Toda la producción de gases de efecto invernadero se pueden minimizar casi totalmente utilizando el proceso Bocashi ya que se está fermentando en vez de un proceso de oxidación. Utilizando un sistema sin oxígeno y a un pH bajo, los microorganismos responsables de la producción de metano no pueden sobrevivir así que poco metano se produce (Footer, 2014).

En el compost tradicional es necesario tener la mezcla correcta entre “verdes” y “cafés” muchas veces existe la confusión sobre cuál categoría entra o si es algo más, además no hay tantas fuentes de hojas secas y siempre se está en la búsqueda de la fuente de carbono. Usualmente se utiliza una proporción carbón-nitrógeno de 30:1 pero si esta proporción no se logra, muchas veces es por eso que la producción de compost falla (Footer, 2014).

El método de Bocashi, no es necesario encontrar la proporción correcta de carbón-nitrógeno porque la mayoría de material orgánico son restos de comida que tienen un alto contenido de azúcar que hace más fácil la fermentación. Básicamente el proceso es recolectar los restos de comida, sellarlo en un recipiente, agregar el salvado Bocashi y esperar. Una vez los restos de comida estén introducidos en el sistema Bocashi, los microorganismos empezaran a fermentar los restos de comida inmediatamente, el pH bajará y ningún olor a descompuesto se generará (Footer, 2014).

Otra ventaja que tiene Bocashi es que todos los nutrientes son retenidos en el proceso. Nada del nitrógeno es perdido en amonio y tampoco el carbón se pierde a la atmósfera. Todos los aminoácidos, vitaminas, enzimas y nutrientes generados o liberados del material orgánico se mantienen en el recipiente Bocashi y luego quedan plasmados en la tierra. Ya que el recipiente está totalmente cerrado, elimina la necesidad de agregar más agua al sistema porque no es necesaria la evaporación (Footer, 2014).

Los principales microorganismos utilizados en el salvado Bocashi incluye el ácido láctico, levadura, bacteria púrpura sin azufre. Este grupo de microorganismos tienen la habilidad de realizar varias funciones que son beneficiosas como descomponer químicos y residuos dañinos y generar enzimas que son ventajosas para la tierra (Footer, 2014).

La escalabilidad para un proceso Bocashi no es un problema, solamente es necesario tener un sistema que drene el exceso de fluidos que exista y que se mantengan las condiciones anaeróbicas (Footer, 2014).

D. BOCASHI AERÓBICO

El Bocashi aeróbico es la producción de abonos orgánicos fermentados que es básicamente un proceso de semi-descomposición con presencia de oxígeno utilizando microorganismos eficientes y los microorganismos propios que existen en los residuos. Este tipo de abono es capaz de fertilizar las plantas, pero al mismo tiempo nutrir la tierra. Existen varias ventajas de utilizar este tipo de abono como:

- No se forman malos olores debido a los controles que se deben hacer en cada etapa del proceso de la fermentación y se evita cualquier inicio de putrefacción.
- Se facilita el manejo del volumen de abono, su almacenamiento, transporte y la disposición de los materiales para elaborarlo.
- Se puede realizar en la mayoría de los ambientes y climas en donde se elaboren actividades agropecuarias.
- Se autorregulan “agentes patogénicos” en la tierra, por medio de la inoculación biológica natural, principalmente de bacterias, actinomicetos, hongos y levaduras, entre otros.
- Se da la posibilidad de utilizar el producto final en los cultivos, en un período relativamente corto y los costos son bajos.
- Por medio de la inoculación y reproducción de microorganismo nativos presentes en el suelo y levaduras, los materiales se transforman en nutrientes de alta calidad útiles para la tierra, las plantas y la propia retroalimentación de la actividad biológica.
- El crecimiento de las plantas es estimulado por una serie de fito hormonas y fijo reguladores naturales que se activan a través de los abonos fermentados.

(FAO, 2011)

En el proceso de la elaboración del abono orgánico fermentado existen dos etapas, en la primera etapa es la estabilización del abono, la temperatura puede llegar a 70 - 75° C si no se controla adecuadamente, esto se debe al incremento de la actividad microbiana (FAO, 2011).

Luego la temperatura del abono comienza a caer nuevamente, por la disminución de la fuente energética que retroalimentaba el proceso. Aquí es cuando comienza la estabilización del abono y sobresalen los materiales que presentan una mayor dificultad para degradarse a corto plazo (FAO, 2011).

El abono a partir de aquí pasa a la segunda etapa, a la que se llama maduración, en donde la degradación es más lenta para luego llegar a su estado útil para su utilización.

Existen varios factores que pueden afectar al proceso de la elaboración del abono tipo Bokashi aeróbico como:

- La temperatura: está en función del incremento de la actividad microbológica del abono, que empieza una vez mezclado todos los ingredientes. Después de catorce horas aproximadamente, la temperatura puede superar fácilmente los 50° C. La actividad microbológica puede ser perjudicada por la falta de oxigenación y el exceso o escasez de humedad.
- El pH (acidez): la elaboración de este tipo de abono requiere que el pH oscile entre 6 y 7.5, porque los valores extremos pueden inhibir la actividad microbológica durante el proceso de la degradación de los materiales. Sin embargo, cuando comienza la fermentación el pH es bastante bajo, pero se va autocorrigiendo conforme la fermentación va avanzando.
- La humedad: la humedad óptima para lograr la máxima eficiencia del proceso de la fermentación esta entre 50-60 % p/p, los materiales están vinculados a una fase de oxidación. Cuando la humedad es inferior al 35% p/p se da una descomposición aeróbica muy lenta de los materiales orgánicos. Sin embargo, cuando la humedad supera el 60%, la cantidad de poros que están libres de agua son muy pocos, lo que dificulta la oxigenación de la fermentación y da como resultado un proceso anaeróbico putrefacto.
- La aireación: la presencia del oxígeno es necesaria para que no existan limitaciones en el proceso aeróbico de la fermentación del abono. Cuando el microporo se encuentra en estado anaeróbico debido a un exceso de humedad, esto puede perjudicar el proceso de aireación y por lo tanto se obtendrá un producto de mala calidad.
- El tamaño de las partículas de los ingredientes: la reducción del tamaño de las partículas de los componentes del abono puede presentar la ventaja de aumentar el área superficial para su descomposición microbológica. Sin embargo, el exceso de partículas muy pequeñas puede llevar fácilmente a una compactación que favorece el desarrollo de un proceso anaeróbico. Este fenómeno se corrige mezclando al abono materiales de relleno de partículas mayores, como son los pedazos picados de maderas, carbón vegetal grueso, etc.
- Relación carbono-nitrógeno: la relación teórica e ideal para la fabricación de un buen abono se calcula que es de 1 a 25-25. Las relaciones menores pueden traducirse a pérdidas considerables de nitrógeno por volatilización y las relaciones mayores resultan en una fermentación más lenta.

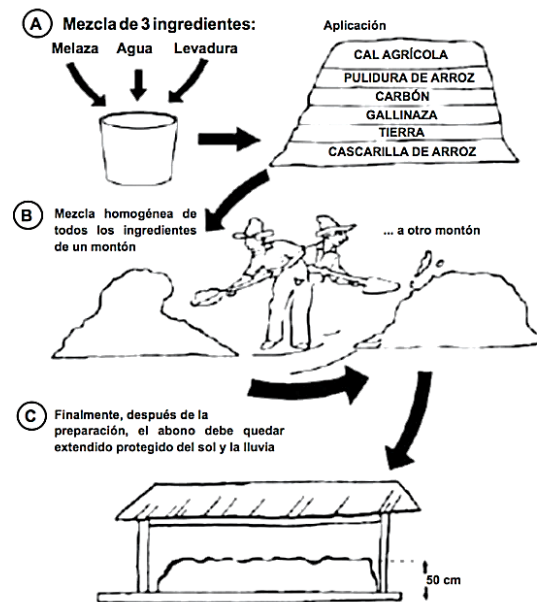
(FAO, 2011)

A continuación, se mencionarán los principales aportes de los ingredientes utilizados para elaborar abono tipo Bocashi aeróbico:

- El carbón vegetal: mejora las características físicas del suelo, como su estructura, lo que facilita una mejor distribución de las raíces, la aireación y la absorción de humedad y calor. Su alto grado de porosidad tiene la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente nutrientes útiles a las plantas, disminuyendo la pérdida y el lavado de estos en la tierra. Las partículas de carbón permiten una buena oxigenación del abono, de manera que no existan limitaciones en el proceso aeróbico de la fermentación y funciona como un regulador térmico de las plantas.
- La gallinaza: es la principal fuente de nitrógeno en la elaboración de los abonos orgánicos fermentados. Su aporte es que mejora las características vitales y la fertilidad de la tierra con algunos nutrientes como fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, cinc, cobre y boro. Mejorará las condiciones biológicas, químicas y físicas del terreno en donde se aplicarán los abonos.
- Cascarilla de arroz: Mejora las características físicas de la tierra y de los abonos orgánicos, facilita la aireación, la absorción de humedad y el filtrado de nutrientes. Beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica de la tierra. Una fuente rica en silicio.
- Salvado de trigo: favorecen, en alto grado, la fermentación de los abonos, la cual se incrementa por la presencia de vitaminas complejas. Aporta activación hormonal, nitrógeno y es muy rica en otros nutrientes muy complejos cuando sus carbohidratos se fermentan, los minerales tales como fósforo, potasio, calcio y magnesio también están presentes.
- La levadura: es la principal fuente de inoculación microbiológica para la elaboración de los abonos orgánicos fermentados.
- Tierra común: ocupa hasta la tercera parte del volumen total del abono que se desea elaborar. Tiene como función de darle una mayor homogeneidad física al bono y distribuir su humedad; con su volumen aumenta el medio propicio para el desarrollo de la actividad microbiológica de los abonos y consecuentemente, lograr una buena fermentación. Tiene la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente los nutrientes a las plantas de acuerdo a las necesidades de estas. Depende de su origen puede aportar varios tipos de arcillas, microorganismos inoculadores y otros elementos minerales indispensables al desarrollo normal de los vegetales.
- El agua: tiene como finalidad de homogenizar la humedad de todos los ingredientes que componen el abono.
- Ubicación: se debe realizar en un lugar en donde esté protegido del sol, del viento y de la lluvia ya que estos interfieren en el proceso de la fermentación, ya sea paralizándola o afectando la calidad final del abono.

- Tiempo de elaboración: por lo general esta actividad se realiza en quince días aproximadamente. Los primeros cuatro o cinco días de fermentación se debe realizar un volteado dos veces al día. Luego lo revuelven solamente una vez al día, para que se dé una buena aireación (FAO, 2011).

Figura 1. Esquema de la elaboración del abono tipo Bocashi aeróbico



Fuente: FAO, 2011

La dosis por utilizar de bocashi aeróbico en terrenos para un proceso de fertilización orgánica puede aplicarse 4 libras por metro cuadrado de terreno. La aplicación se debe hacer 15 días antes de la siembra, o al trasplante o en el desarrollo del cultivo. En terrenos donde nunca se ha aplicado Bocashi, las dosis serán mayores (10 libras por metro cuadrado aproximadamente). Para hortalizas se hará una sola aplicación de 4 libras por metro cuadrado, 15 días antes de la siembra o el trasplante (FAO, 2011).

E. DISTRIBUCIÓN DE HECTAREAS EN GUATEMALA

Según la Encuesta Nacional Agropecuaria en el 2014, en Guatemala, de los 108 mil 889 kilómetros cuadrados que conforman el territorio nacional, 73 mil 541 se utilizan para la agricultura, esto representa el 67% total de las tierras.

Un estudio realizado por la Universidad Rafael Landívar denominado perfil del agro y la ruralidad de Guatemala en el 2014, analizó diez diferentes territorios del país para determinar la proporción de la superficie de los territorios dedicados a los cultivos temporales y permanentes que se pueden ver a continuación:

Figura 2. Proporción de la superficie de los territorios dedicados a cultivos anuales o temporales

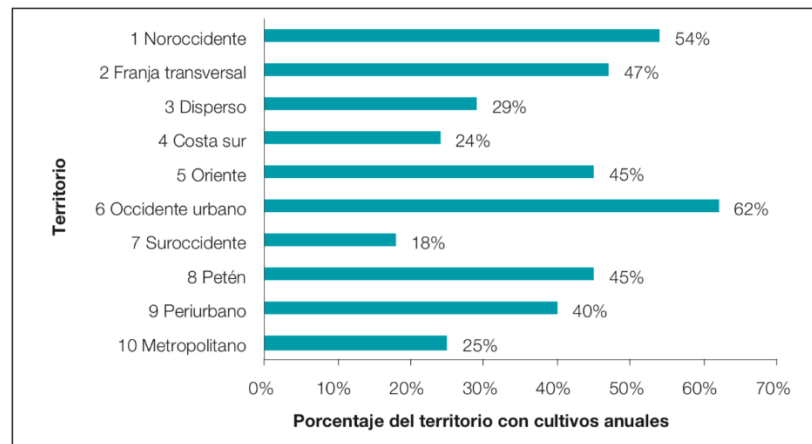
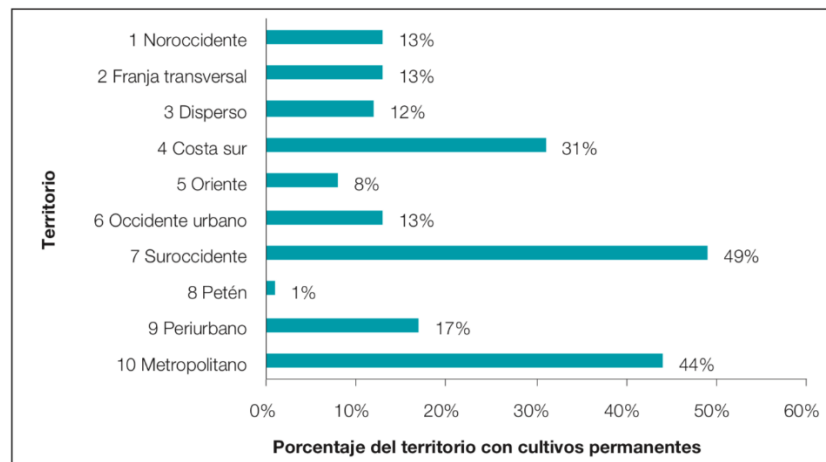


Figura 3. Proporción de la superficie de los territorios dedicados a cultivos permanentes



F. FERTILIZANTES QUÍMICOS

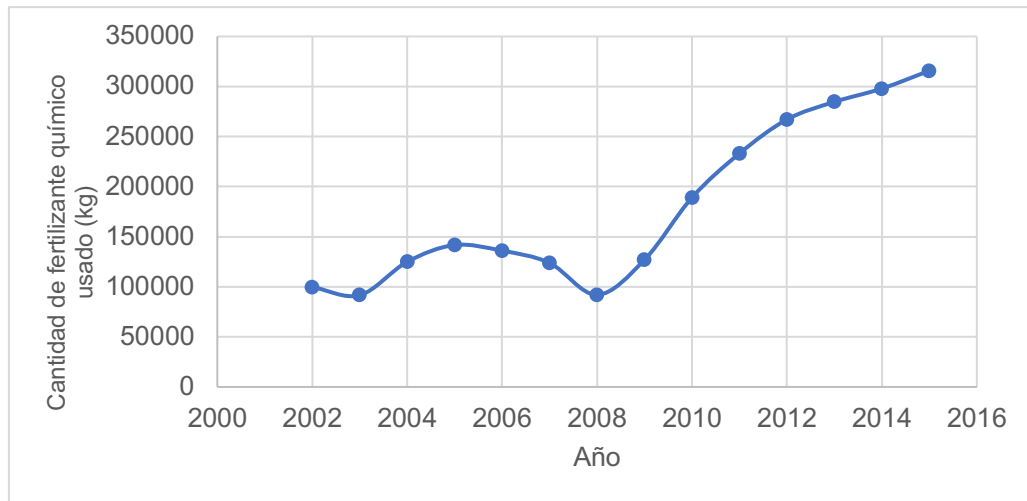
El fertilizante químico también conocido como abono químico es un producto que contiene por lo menos un elemento químico que la planta necesita para su ciclo de vida. Una de las características más importantes es que debe tener una solubilidad mínima en agua, para que de esta manera pueda disolverse en el agua de riego, ya que la mayoría de los nutrientes entran en forma pasiva en la planta, a través del flujo de agua (EcuRed, 2016).

Existen diferentes tipos de fertilizantes químicos:

- Fertilizantes minerales convencionales: son los más conocidos y utilizados, en especial en agricultura. Se caracterizan porque se disuelven con facilidad en el suelo y, por lo tanto, las plantas disponen de esos nutrientes al momento de aplicarlo o días después (EcuRed, 2016).
 - Fertilizantes nitrogenados como la urea y nitrato.
 - Fertilizantes fosfóricos
 - Fertilizantes potásicos
 - Completos binarios este contiene dos de alguno de los macronutrientes nitrógeno, fósforo o potasio.
- Fertilizantes de lenta liberación: se caracterizan porque se disuelven poco a poco y los nutrientes se van liberando a las raíces lentamente, por lo general en varios meses. Esta característica se consigue por la propia formulación química o por recubrimiento de las partículas con una membrana que dejan salir los minerales periódicamente. Son más caros que los convencionales, pero tienen beneficios a largo plazo (EcuRed, 2016).
- Abonos foliares: se aplican pulverizados sobre la planta. El abono foliar se utiliza como complemento al abono de fondo. Aporta micronutrientes como el hierro, manganeso, cobre, etc. y se asimilan mejor al aplicarlos directamente a la propia hoja (EcuRed, 2016).

Debido a que Guatemala es un país agrícola, el consumo de fertilizantes ha aumentado significativamente según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. A continuación, se presenta el consumo de kilogramos de fertilizante químico por hectárea de tierras cultivables:

Figura 4. Consumo de fertilizantes en Guatemala



Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2016

G. INVERNADERO

Un invernadero es una construcción que está conformada por una estructura de madera a la cual se le coloca una cubierta de material plástico transparente, para crear y mantener condiciones ambientales apropiadas a las plantas y proteger los cultivos de los factores ambientales adversos como: fuertes lluvias, vientos y bajas temperaturas que podrían ser desfavorables para estos. De esta forma se consigue un microclima favorable para el desarrollo de una plantación específica, que mejora la calidad del producto e incrementa el rendimiento de los cultivos seleccionados (AAIC,2004).

El invernadero posee dos elementos constructivos: ventanas laterales, ventilación cenital: para regular la temperatura, humedad relativa, anhídrido carbónico y oxígeno y una puerta de acceso. Estas características bien diseñadas permiten alcanzar altas productividades a bajo costo, en mejor tiempo y sin dañar el ambiente (AAIC,2004).

Cuadro 1. Ventajas y desventajas de los invernaderos

Ventajas	Desventajas
Permite cultivar hortalizas en zonas con condiciones de clima desfavorables, sin que estas afecten al producto final	Las personas dedicadas a estas actividades productivas requieren especialización empresarial y técnica.
Se logra mayor rendimiento de las cosechas: 2 ó 3 veces superior a los cultivos hechos al aire libre	Los costos de producción son elevados comparados con los cultivos realizados al aire libre.
Facilita obtener productos de mejor calidad, con una presentación excelente y un alto grado de competitividad en el mercado	Tienen una alta dependencia de recursos exógenos: plásticos, semillas, fertilizantes.

Fuente: AAIC, 2014

Las condiciones esenciales que debe reunir un invernadero para generar rentabilidad a sus cultivos son las siguientes:

- Luz: es fuente de energía tanto para que la planta realice sus funciones vitales (fotosíntesis, respiración, crecimiento, reproducción) como para que se transforme en calor. Los materiales utilizados para cubrir el invernadero deben permitir que pase una cantidad de luz de 60 a 90% (AAIC,2004).
- Temperatura: el aire del interior del invernadero debe calentarse con rapidez, para tener durante el día un mayor número de horas con temperaturas óptimas para los cultivos. El aumento de temperatura interior respecto al exterior oscila entre 5 a 20 °C (AAIC,2004).
- Humedad ambiental: por ser un lugar cerrado y por la evapotranspiración de las plantas y del suelo, la humedad dentro del invernadero siempre es mayor, pero se puede disminuir con una buena aireación, o un sistema de ventilación con cortinas laterales, para que ventile el cultivo. El rango óptimo de humedad ambiental varía según la especie, pero en general va de 60 a 80% (AAIC,2004)

Figura 5. Variación de temperaturas en dos condiciones

VARIACIÓN DE TEMPERATURA EN INVERNADERO		
Temperatura exterior (°C)	Temperatura interior (°C)	Diferencia (°C)
0	2	2
5	8	3
10	16	6
15	24	9
20	32	12
25	40	15
30	48	18

Para la producción de cultivos intensivos bajo cubierta, existen varios tipos de invernaderos, los más comunes son:

- Tipo túnel
- Tipo capilla
- Tipo cercha
- En diente de sierra

Estos invernaderos se construyen en grandes extensiones para plantaciones de flores y en mejor extensión para el cultivo de hortalizas; cada invernadero tiene características diferentes de diseño y construcción, así como también ventajas y desventajas (AAIC,2004).

El invernadero tipo capilla se construye con dos techos planos inclinados, que parecen capilla. Contiene pilares en el centro de la estructura para mayor estabilidad y resiste a la vibración causada por el viento, brinda mayor duración del plástico, por lo tanto, menos gastos de mantenimiento (AAIC,2004).

El ángulo de inclinación que forma el techo con el ángulo superior debe tener entre 25 y 26 grados de inclinación y en especial cuando se construyen varias en forma continua. La ventilación es mejor que en otros tipos de invernaderos, las paredes laterales tienen ventanas de 1.5 a 3m de alto, la longitud varía según la necesidad (AAIC,2004).

Cuadro 2. Ventajas y desventajas del invernadero tipo capilla

Ventajas	Desventajas
Fácil construcción y conservación. Se adapta mejor a la colocación de todo tipo de plástico en la cubierta	La gran cantidad de postes puede disminuir el área de cultivo
La ventilación lateral en las paredes es muy fácil y puede ser de grandes dimensiones, con una	Se tienen que hacer ajustes en la densidad de la plantación
Permite la utilización de materiales de bajo costo como la madera	Los postes al centro del invernadero pueden dificultar las labores agrícolas

H. MICROORGANISMOS EFICIENTES

EM significa microorganismos eficientes, el concepto fue desarrollado por el Doctor Teru Higa en la Universidad de Ryukus, Okinawa, Japón y el estudio se completó en 1982. El principio fundamental de esta tecnología es introducir un grupo de microorganismos benéficos para mejorar las condiciones del suelo, suprimir la putrefacción, microbios y mejorar la eficacia del uso de la materia orgánica del uso de la materia orgánica por las plantas (EMRO, 2016).

La inoculación de cultivos de EM al ecosistema, del suelo o de una planta mejora la calidad y el crecimiento, producción y la calidad del producto final. El EM ayuda al proceso de descomposición de materiales orgánicos y durante la fermentación produce ácidos lácticos, ácidos acéticos, aminoácidos y ácidos málicos, sustancias bioactivas y vitaminas. Un ingrediente importante durante este proceso es la materia orgánica que es suministrada por el reciclado de residuos de los cultivos, residuos de comida, materia verde y desechos de animales. Los EM tienen la característica el efecto antioxidante que mejora el sistema inmunológico de plantas y animales (EMRO, 2016).

Los microorganismos efectivos, conocidos como EM, son una mezcla de tres grupos de microorganismos completamente naturales. Entre esos se encuentran *lactobacillus*, levaduras, bacterias fototróficas o fotosintéticas (EMPROTEC, s.f.)

Por las bacterias fotosintéticas (*rhodopseudomonas*) tiene la propiedad de neutralizar malos olores y prevenirlos. Producen energía usando la luz solar o bien el calor como fuentes de energía. Sintetizan sustancias útiles como aminoácidos, ácidos nucleicos y azúcares Transforman a las sustancias que producen mal olor como el metano, amoniaco o mercaptano, en ácidos orgánicos que no producen mal olor y no son nocivos (EMPROTEC, s.f.).

Los *Lactobacillus* son bacterias que producen sustancias que aceleran la descomposición de la materia orgánica para reducir el período de compostaje y ayudan a controlar algunos patógenos que atacan a las plantas. Es un compuesto esterilizante por lo que suprime microorganismos dañinos (EMPROTEC, s.f.).

Las levaduras (*Saccharomyces*) rompen la ruta metabólica de la materia orgánica por lo que fermenta y no se pudre, evitando que las moscas lleguen dado que prefieren ese medio para desarrollarse, mientras que las bacterias ácido-lácticas inhiben la producción de gases de fermentación. Las sustancias bioactivas que produce la levadura promueven la división activa celular y radical (EMPROTEC, s.f.).

Las bacterias fototróficas se consideran en núcleo de la actividad de este producto pues refuerzan las actividades de los otros microorganismos, actividad conocida como “coexistencia y coprosperidad” (EMPROTEC, s.f.).

Se utiliza en compostaje para acelerar el proceso de descomposición y evitar el proceso de putrefacción, además nutre los lixiviados. En un inicio los residuos orgánicos deben estar al menos con 80% de humedad, el proceso con EM tomará alrededor de 4 a 6 semanas y terminará con un contenido de 30% a 40% de humedad (EMPROTEC, s.f.).

Figura 6. Descomposición con microorganismos eficientes



Fuente. EMPROTEC, s.f.

Otro uso que se le da a estos microorganismos es para rellenos sanitarios. Se estima que los residuos orgánicos en estos son de 40% a 60%, por su tratamiento inadecuado estos generan malos olores, moscas, lixiviados y gas metano. Si estos aceleran la descomposición de materia orgánica entonces renovarían la vida útil de relleno sanitario o botaderos (EMPROTEC, s.f.).

I. COMPOSTAJE

El compostaje es la mezcla de materia orgánica la cual se encuentra en estado de descomposición en contacto con el aire (aeróbica) o microorganismos (anaeróbica). Esta es empleada con el objetivo de mejorar la composición del suelo y proporcionar los nutrientes necesarios para el tipo de cultivo (Román & Martínez, 2013).

Para su implementación, se debe tener en cuenta que toda la materia debe terminar el proceso de compostaje, si no se toma en cuenta esto puede ocurrir ciertos riesgos, tales como:

- Reducción de oxígeno radicular: Este tipo de problema ocurre cuando se saca antes de tiempo el abono y aún tiene materia orgánica en proceso de descomposición. Los microorganismos que se encuentran en el medio utilizan el oxígeno que se encuentran en el medio para terminar la descomposición dejando pocos recursos del mismo para las plantas (Román & Martínez, 2013)
- Fitotoxicidad: Esto ocurre cuando el nitrógeno necesario se encuentra presente en forma de amonio y este al entrar en contacto con calor y humedad es transformado en amoníaco formando un medio tóxico para las plantas, también genera malos olores (Román & Martínez, 2013).
- Bloqueo biológico de nitrógeno: Ocurre cuando el compost obtenido no llega a una relación de C:N necesario. También puede suceder cuando contiene más carbono que nitrógeno provocando un aumento en el consumo de nitrógeno el cual se encuentra en el suelo (Román & Martínez, 2013).

Para obtener un abono óptimo debe pasar por un tiempo de maduración considerando la composición de este y las características ambientales del lugar donde se realizará. Esto depende de la materia prima que se utilice, el método y el control de las variables que afectaran el resultado final. El compost se considera terminado cuando las materias primas ya no se están descomponiendo y son químicamente estables (Román & Martínez, 2013).

El compostaje aerobio es el más eficiente al momento de la descomposición de la materia orgánica en una cantidad menor de tiempo, se tiene contacto con agua y aire dándole al sistema los nutrientes necesarios para degradarse. Al existir un aumento en la temperatura logra producir la descomposición total de la materia utilizada (Cooperband, 2002).

Las materias primas utilizadas para crear compost pueden ser: desechos orgánicos, estiércol de ganado, lodos de una planta de tratamiento, entre otros. Se recomienda mezclar varias materias para obtener mejores resultados (Cooperband, 2002).

Para obtener los resultados esperados, es de suma importancia tener la presencia de gusanos, microorganismos y otros invertebrados para ayudar en la descomposición de la materia (Polprasert, 2007).

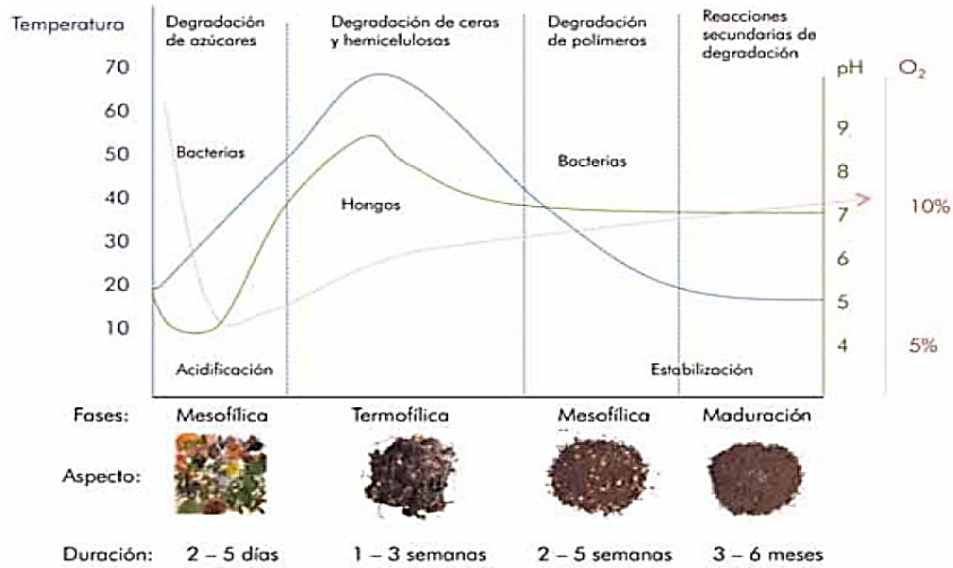
El proceso de compostaje se puede dividir en cuatro fases, dependiendo de las variaciones de temperatura que se presentan:

1. Fase mesófica o activación: Esta comienza al mezclar los residuos orgánicos a una temperatura ambiente y al paso de los días puede llegar hasta los 45°C. El aumento de la temperatura ocurre como consecuencia de la actividad microbiana debido que utilizan fuentes de carbono y nitrógeno los cuales producen calor (Román & Martínez, 2013).
2. Fase termófila o calentamiento: Se llega a esta fase cuando se alcanza una temperatura mayor a 45°C. Acá los microorganismos son reemplazados por organismos que crecen a mayores temperaturas con el objetivo de agilizar la degradación. Los microorganismos transforman el nitrógeno en amoníaco y sube el pH; se destruyen los contaminantes y bacterias debido al calor generado (Román & Martínez, 2013).
3. Fase de enfriamiento: En esta fase la temperatura desciende a los 40 °C aproximadamente debido a la falta de carbono y nitrógeno presentes, continúa la degradación del material restante (Román & Martínez, 2013).
4. Fase de maduración: Esta es la última fase la cual se realiza a temperatura ambiente, acá se realizan las reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos para formar ácidos (Román & Martínez, 2013).

Figura 7. Comparación de temperatura contra tiempo en la obtención del compostaje



Figura 8. Comparación de temperatura y pH en el proceso de compostaje



En la Figura 8 se puede observar una comparación de las fases de del proceso de compostaje. Comparan las condiciones que deben presentarse para que se dé el cambio de fase; comparan días, pH, la temperatura, microorganismos que actúan e indica qué se degrada en cada etapa.

Para lograr obtener buenos resultados se deben de tener en cuenta ciertos parámetros, los cuales se deben monitorear: humedad, pH, temperatura, la relación C:N, la disponibilidad de oxígeno y el ambiente adecuado. Para obtener resultados en un menor tiempo se puede reducir el tamaño de las partículas (Benedetti, 2011).

Al disminuir el tamaño de partícula reduce el tiempo de descomposición, aumenta la superficie de contacto y la rapidez de descomposición. Si las partículas son muy pequeñas provoca que la cantidad de oxígeno disponible para los microorganismos disminuya ocasionando una menor actividad microbiana (Benedetti, 2011).

Tener un suministro de oxígeno alrededor de las partículas es de suma importancia, esta debe ser reemplazada para que las condiciones del sistema no cambien. El objetivo del sistema aerobio es renovar las condiciones del aire para que este siempre esté disponible para los microorganismos, los cuales se puede realizar de las siguientes formas:

1. Moviendo físicamente las partículas para exponerlas a una nueva cantidad de aire.
2. Desplazando cantidades de aire mientras que las partículas de compost se mantienen fijas (Benedetti, 2011).

Aproximadamente, el porcentaje de aireación se debe encontrar entre 5 a 15% con respecto al porcentaje de materia orgánica que se encuentra en el sistema. Cuando se obtienen porcentajes menores causa un exceso de humedad, esto se puede solucionar teniendo un sistema de volteo mecánico o manual facilitando el contacto del material con el aire. La agitación de las partículas consiste en que estas se levanten y caigan de manera aleatoria. Esto permite que el aire de la partícula sea renovado durante el proceso (Benedetti, 2011).

Cuando se sobrepasa del rango de aireación requerido disminuye la humedad y la temperatura, por lo que se recomienda reducir el tamaño de las partículas para necesitar una menor cantidad de aireación. La temperatura es una variable la cual se debe controlar con frecuencia debido que varía dependiendo la fase en la que se encuentre el abono (Benedetti, 2011).

Es muy importante la recolección de lixiviados debido que este puede ser otra fuente de nutrientes para las plantas. Para poderlo utilizar se debe considerar lo siguiente: El color no debe ser oscuro, no debe tener mal olor, pH neutro; si no cumple con estos criterios no se debe aplicar.

El compost tiene propiedades químicas y físicas las cuales ayudan al suelo a proporcionarle a la planta los nutrientes esenciales para su crecimiento. Este ayuda a la retención del agua aumenta la fertilidad y reduce el requerimiento de fertilizantes. Permite la conservación del equilibrio en el medio ambiente y permite aumentar la productividad del suelo y garantiza productos convenientes económicamente (Canada, 2013).

Este permite mantener la estructura del suelo, conserva los nutrientes y aumenta las propiedades del suelo. Puede ser utilizado como control de erosión, permite mantener la humedad del ambiente y proveer las características químicas, físicas y biológicas que permitan aumentar las propiedades del suelo (Canada, 2013).

J. LOMBRICULTIVOS

La lombriz de tierra es un organismo que vive en el suelo y contribuye en el proceso de descomposición de la materia orgánica biodegradable. La transformación de la materia orgánica contribuye a solucionar un problema de manejo de residuos y, además, el producto puede ser aprovechado como fuente de nutrientes para las plantas sin dañar el suelo (Pineda, 2006).

Las lombrices de la especie *Eisenia foetida*, conocida comúnmente como coqueta roja, se seleccionó en la década del 50 para la producción de abono por su corto ciclo reproductivo, elevada frecuencia de apareamiento, mayor longevidad y mayor velocidad y volumen en la producción de humus (Díaz, 2002).

Cuadro 3. Información general de la lombriz Eisenia foetida

Ciclo reproductivo	4 veces al año
Frecuencia de apareamiento	1 cocón cada 7-10 días
Longevidad	15 – 16 años

Fuente: Díaz, 2002

De una lombriz se obtienen 10,000 en un año. Una lombriz pone 1 cocón del que nacen 10 lombrices por trimestre. Este dato tomando en cuenta que entre el 50-70% se pierden por migración o por muerte. Cabe mencionar que son organismos que poseen ambos aparatos genitales y al intercambiar espermatozoides se da la liberación de cocones de ambos individuos, son incapaces de autofecundarse (Díaz, 2002).

Su clasificación taxonómica es la siguiente:

Cuadro 4. Taxonomía de la lombriz coqueta roja

Reino	Animal
División	Anélidos
Clase	Clitelados
Orden	Oligoquetos
Familia	Lombrícidos
Género	Eisenia
Especie	foetida

Fuente: Díaz, 2002

La lombricultura, definida por el Instituto Hondureño del Café, es toda operación relacionada con la cría y manejo de lombrices, dando como producto humus como fertilizante para el uso agrícola. También es conocida como lombricultivo, mientras que al producto resultante de la descomposición se le conoce como humus, lombrihumus, biocompost, vermicompost o bioabono.

Para el mantenimiento del lombricultivo es necesario controlar tres variables: humedad, temperatura y pH. Estas se controlan para que las lombrices tengan las condiciones adecuadas para reproducirse y generar humus, además esto también repele enemigos naturales como lo son las hormigas y la planaria (Peña, Carrión & Martínez, 2002).

Cuadro 5. Índices para condiciones óptimas de vida para las lombrices de tierra

Parámetro	Muerte	Letargo	Producción de humus	Fase óptima	Producción de humus	Letargo	Muerte
pH	< 5	6.5	6.8	7.5	8	8.5	>9
Temperatura (°C)	0	7	14	19-20	27	33	>42
Humedad (%)	< 50	75	80	82.5	85	88	>90

Fuente: Peña, Carrión & Martínez

En cuanto al primer parámetro, humedad, es necesario que se mantenga en los rangos indicados en el Cuadro 5. Si la humedad es muy elevada puede compactar los lechos, esto provoca dificultad en la aireación y un lavado de proteínas por lo que se pierde valor alimenticio. Se recomienda realizar el riego por aspersión o goteo para no lastimar a las lombrices. Una prueba sencilla para saber si se tiene un medio óptimo es apretar un puñado de material y en este no deben caer gotas (Zacarías, 2002).

Las lombrices pueden vivir en medios con menor humedad, sin embargo, su actividad disminuye pues como no tienen dientes, les es más difícil asimilar la comida. Además, el sustrato también debe de ser húmedo para evitar que se reseque el cuerpo de la lombriz pues estas respiran a través de su piel (Zacarías, 2002).

La temperatura se recomienda controlarla en meses donde la temperatura suele estar por debajo de los 14 grados centígrados. Cuando esto ocurra se recomienda aumentar la capa de alimento en la superficie para aislar a las lombrices de la temperatura exterior, o bien cubirlas con sacos de yute. No se recomienda otro material como plásticos o láminas porque impiden el paso del aire (Zacarías, 2002).

Finalmente, para el pH el valor óptimo es de 6.8 a 8. Para controlarlo se utiliza papel indicador de pH y se compara con una escala de colores que corresponden a un grado distinto de pH. Si el pH se encuentra por debajo de 6.8, se recomienda añadir carbonado cálcico 300 gramos por metro cuadrado. Mientras que, si se encuentra por arriba de 8, se recomienda colocar papel periódico en cuadros pequeños (Zacarías, 2002).

Para iniciar el lombricultivo se depositan las lombrices en una capa de sustrato de 10 a 15 cm. El sustrato se forma con sustancias orgánicas que se colocan sobre las lombrices. Se recomienda colocarlo cuando esté descompuesto pues en el proceso de descomposición puede alcanzar una temperatura de 70 u 80 grados centígrados. Luego de colocarlo, se procede a regarlo con agua potable para reducir la acidez del sustrato y obtener la humedad óptima (Zacarías, 2002).

La lombriz coqueta roja se alimenta de toda materia orgánica muerta, por lo que no causa daño a las plantas vivas. La materia orgánica puede ser estiércol (de equino o de bovino), pulpa de café, residuos de banano (tallos, hojas y fruta), residuos de cultivos o pastos. Se recomienda pre fermentarlos con 15 días de anticipación para evitar el aumento de temperatura (Zacarías, 2002).

Dado que las lombrices consumen su peso a diario, se recomienda colocar la misma cantidad de sustrato que la cantidad de lombrices. Es decir, si se coloca un kilogramo de lombrices, se necesitará un kilogramo de alimento por día. Pueden alimentarse una o dos veces por semana, dependiendo de la densidad de lombrices y el tipo de alimento (Zacarías, 2002).

Las ventajas que presenta la lombricultura es que puede trabajar con toda clase de desecho orgánico, y existen estudios donde se ha reportado que las lombrices también pueden digerir papel siendo beneficioso por la celulosa. Cabe mencionar que resuelve uno de los problemas más grandes con los que se afronta la humanidad en cuanto a la acumulación y manejo de residuos sólidos (Peña, Carrión & Martínez, 2002).

El lombricompost, utilizado como fertilizante orgánico, es un material de color oscuro. Es un producto limpio y bioestable, es decir, no se fermenta o se pudre. Es asimilado por la raíz de forma inmediata por su elevada carga enzimática y bacteriana, aumentando la solubilización de los nutrientes (Sagastume, 2015).

Figura 9. Rango de nutrientes en humus de lombriz

Elemento	Unidad	Rango	
		Min	Max
N	%	1,5	3,35
P	%	0,07	0,25
K	%	0,44	0,77
Ca	%	2,8	8,7
Mg	%	0,2	0,5
Cu	ppm	85	490
Zn	ppm	87	404
Mn	ppm	260	576
C/N		9	13

Fuente: Zacarías, 2002

El abono obtenido se puede utilizar en huertos, viveros y hortalizas. Puede aplicarse superficialmente o enterrado y mezclado con el suelo. Aumenta la permeabilidad y retención hídrica de los suelos (Zacarías, 2002). A continuación, se muestra una dosis recomendada para su uso:

Figura 10. Aplicación del humus de lombriz

Grupo	Cantidad a aplicar
Hortalizas	141 g /planta
Semilleros	5 al 10% se puede usar puro
Floricultura	400 g/m ²
Frutales	3 kg/árbol
Macetas de 40 cm	15 cucharadas ¼ L /año
Maceta de 20 cm	8 cucharadas ½ L /año

Fuente: Zacarías, 2002

Otro producto del lombricompost son los lixiviados. Estos son líquidos que salen durante el proceso, son un material rico en ácidos húmicos y muy fértil. La concentración de nutrientes en los lixiviados es muy elevada, por lo que se recomienda emplearlo diluido en una proporción de 1 parte de lixiviados y 10 de agua (Bueno, 2015).

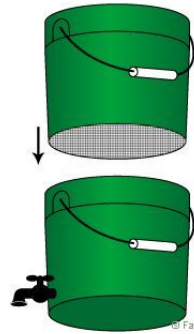
Cuadro 6. Rangos aceptables sobre características químicas del lombricompost

Variable	Valor
Nitrógeno (%)	1.95 – 2.2
Fosforo (%)	0.23 – 1.8
Potasio (%)	1.07 – 1.5
Calcio (%)	2.70 – 4.8
Magnesio (ppm)	0.3 – 0.81
Azufre (ppm)	0.02 - 0.25
Cobre (ppm)	89
Zinc (ppm)	125
Manganeso (ppm)	455
Boro (ppm)	57.8
Carbono orgánico (%)	22.53
C/N (%)	25 - 40
Ácidos húmicos	2.57 g cada 100 g
Materia Orgánica (%)	38%
Cenizas (%)	60.00

Existen distintas formas en las que se puede hacer una lombricompostera. Para escala pequeña estas son las opciones:

- Vertical
 - Cubetas o cajones de plástico: Se pueden utilizar dos cubetas o cajones de plástico, uno sobre otro. El que se encuentra en la parte inferior debe tener un dispensador para poder sacar los lixiviados. Mientras que el de la parte superior debe tener perforaciones tanto a los lados para que entre oxígeno a las lombrices y perforaciones en la parte inferior que pasen los lixiviados y el exceso de agua (Bueno, 2015).

Figura 11. Compostera vertical



Fuente: Bueno, 2015

- Horizontal
 - Estas usualmente son hechas de madera. Tienen un filtro en las divisiones para la separación de las lombrices cuando el abono está listo. También cuentan con varillas que ayudan a mover los residuos y airear la mezcla de lombrices y residuos descompuestos (Bueno, 2015).

Figura 12. Compostera horizontal



Fuente: Bueno, 2015

K. RELACIÓN C/N

La relación carbono/nitrógeno determina el grado de mineralización de la materia orgánica que existe en el suelo o en abonos. Indica la tasa de nitrógeno disponible para las plantas. Si es un valor alto, esto es indicador que la materia orgánica se descompone lentamente. Por otro lado, valores entre 10 y 15 indican mineralización y ruptura de tejidos rápida por lo que la actividad microbiana se estimula y hay nutrientes suficientes tanto para los vegetales como para los microorganismos (Gamarra, Díaz, & Ortiz, 2018).

En un compost, la relación adecuada es entre 20 y 35. A medida que avanza el compostaje, este valor desciende por lo que en la fase de maduración este puede indicar el final del proceso de compostaje (Escuela de capacitación agraria y agroalimentaria, s.f.)

Para la determinación experimental del carbono en materia orgánica se utiliza el método de Walkley y Black, mientras que para la cuantificación de nitrógeno se utiliza el método de Kjeldahl. Si no se cuenta con el equipo e instalaciones para hacer dichos análisis, existen tablas donde nos dan un valor aproximado de estas relaciones. A partir de estas podemos calcular la relación carbono/nitrógeno de los residuos agrarios (Escuela de capacitación agraria y agroalimentaria, s.f.).

Figura 13. Relación carbono/nitrógeno

NITRÓGENO Y RELACIÓN C/N EN VARIAS MATERIAS			
MATERIAL		% N₂	C/N
Residuos de comida	Fruta	1,52	34,80
	Mataderos	7,0-10	2
Estiércoles	Vaca	1,70	18
	Cerdo	3,75	20
	Aves	6,30	15
	Oveja	3,75	22
Fangos activados	Digeridos	1,88	15,70
	Crudos	5,60	6,30
Madera y paja	Serrín	0,10	200-500
	Paja trigo	0,30	128
	Madera pino	0,07	723
Papel	Mezclado	0,25	173
	Periódico	0,05	983
	Revistas	0,07	470
Residuos de jardín	Césped	2,15	20,10
	Hojas caídas	0,5-1	40-80
Biomasa	General	1,96	20,90

Fuente: Escuela de capacitación agraria y agroalimentaria

L. SENSORES DE TEMPERATURA

La temperatura se puede medir utilizando un sensor de temperatura de los diferentes tipos que existen. Todos ellos infieren la temperatura al detectar algún cambio en una característica física. Hay seis tipos de sensor de temperatura con los cuales es probable que el ingeniero se encuentre: termopares, dispositivos de temperatura resistivos (RTD y termistores), radiadores infrarrojos, dispositivos bimetálicos, dispositivos de dilatación de líquido, y dispositivos de cambio de estado.

Los adecuados para medir la temperatura del lombricompost son los sensores RTD. Los sensores de temperatura por resistencia (RTD) son dispositivos termométricos de resistencia los cuales aprovechan el hecho de que la resistencia eléctrica de un material cambia al cambiar su temperatura. Dos tipos de sensores de temperatura clave son los dispositivos metálicos (normalmente conocidos como RTD) y los termistores.

Como su nombre indica, los RTD confían en el cambio de resistencia en un metal, con la resistencia aumentando en forma más o menos lineal con la temperatura. Los termistores se basan en el cambio de resistencia en un semiconductor de cerámica; la resistencia cae en forma no lineal con el aumento en la temperatura.

M. SENSORES DE HUMEDAD

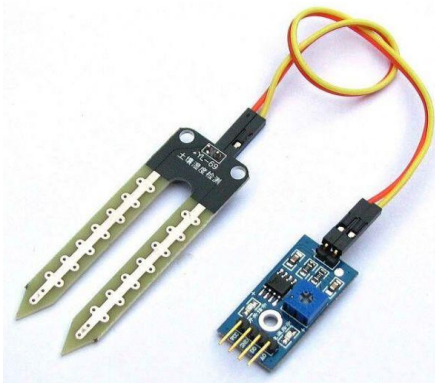
El sensor de humedad se usa siempre que sea necesario detectar la humedad del aire. El sensor de humedad se usa por ejemplo junto con un regulador para obtener una humedad constante en un laboratorio. Se usa cada vez más en el sector de la técnica de calefacción, ventilación y climatización, así como en los procesos de producción que requieren un control de la humedad. Con frecuencia, además de medir la humedad, también es necesario medir la temperatura.

Un sensor analógico de humedad mide la humedad del aire relativo usando un sistema basado en un condensador. El sensor está hecho de una película generalmente de vidrio o de cerámica. El material aislante que absorbe el agua está hecho de un polímero que toma y libera el agua basándose en la humedad relativa de la zona dada. Esto cambia el nivel de carga en el condensador del circuito en el cuadro eléctrico.

El sensor adecuado para medir la humedad del abono es un sensor de conductividad, este tipo de sensor posee 1.5% de error, es poco robusto, se ensucia rápido y requiere de mantenimiento. Si se tiene una superficie cualquiera en presencia de una mezcla gaseosa con vapor de agua, siempre habrá cierta cantidad de moléculas de agua presentes en dicha superficie.

La presencia de agua permite que a través de la superficie circule una corriente, en ello se basan los sensores por conductividad.

Figura 14. Sensor utilizado para la medición de humedad en los diferentes sistemas



N. RÁBANOS

El rábano se identifica botánicamente como *Raphanus sativus* de la familia *Cruciferae*. La parte útil de esta hortaliza es su raíz engrosada, succulenta que tiene un color externo rojizo, rosa, blanco o puede ser una combinación. Esta hortaliza se puede consumir fresca en una ensalada, es muy popular porque es fácil de producir y por su sabor picante y textura firme, crujiente y refrescante (Casseres,1980).

Requiere en general, un clima fresco y tierra rica en materia orgánica con abundante humedad. Suelen rajarse si hay poca humedad o no es homogénea. El color rojo que los caracteriza es dado por antocianinas en las células de periciclo (Casseres,1980).

Cultivar rábanos pueden durar aproximadamente entre 23 a 30 días, las formas redondeadas están representadas por los cultivares del grupo tipificado. En promedio las temperaturas favorables para el crecimiento se encuentran entre 15 a 18°C con mínimas de 4 y máximas de 21°C (Casseres,1980).

El rábano es de siembra directa. Es una de las hortalizas más recomendadas para huertos caseros y escolares por lo fácil que es producto y lo pronto que se ven los resultados. Usualmente tienen follaje corto, lo que permite espaciamiento más cercano, usualmente desde 15 hasta 30 cm entre hileras para los cultivos (Casseres,1980).

El suelo debería de ser suelto, arenoso, pero con suficiente material orgánico, requiere abundante humedad para un crecimiento rápido y un pH entre 5.5 y 6.8. Los suelos parejos que permiten siembras a profundidades uniformes resultan en mayor proporción de rábanos bien formados (Casseres,1980).

El punto óptimo de madurez se conoce por el estado de urgencia y ternura máximo, propio de cada cultivo y tipo. En huertos familiares y en pequeñas siembras comerciales suelen cosecharse selectivamente, se arranca cada planta según el estado en que se encuentre, lo que permite 2 o 3 cosechas sucesivas, cada 2 o 3 días (Casseres,1980).

El rábano se conserva hasta dos meses con alta humedad ambiental y a temperaturas de 0°C. Pocas veces requiere refrigeración, pero este producto se conserva mejor así. Se puede envasar en bolsas de polietileno perforado, los rábanos son prelacados y se empacan para su transporte a largas distancias (Casseres,1980).

La cosecha del rábano se debe realizar antes que este alcance su tamaño máximo, para evitar que se rompa la raíz por dentro y que la pulpa resulte menos crujiente y pierda sabor. En las raíces pueden pasar el invierno en la tierra protegidas con paja, hierba seca, etc. En los demás casos, se dispondrán por capas en cajones de madera llenos de área que se mantendrá ligeramente húmeda (Neri, 2002).

En 10 metros se pueden cosechar de 20 a 25 atados de 8 a 10 rábanos por atado. En siembras comerciales se requieren de 5 a 10 kg de semilla por hectárea con surcos entre 30 a 45cm de distancia. Se estiman rendimientos comerciales entre 15 y 20 toneladas como medios a buenos (Casseres,1980).

O. CILANTRO

El cilantro es una hierba medicinal, aromática y de condimento. Se utiliza en la industria para la extracción de aceites esenciales y productos farmacéuticos. A nivel mundial, el cultivo tiene un buen rendimiento y bien precio internacional. Se estima que mueve alrededor de US\$ 6000 millones en el mercado mundial y tiene un crecimiento del sector entre 5 y 6% anuales (Universidad de las Fuerzas Armadas, s.f.).

Cuadro 7. Especificaciones técnicas del cilantro

Nombre en español	Cilantro
Nombre en inglés	Coriander
Familia	Umbelliferae
Nombre científico	<i>Coriandru, sativum L</i>

Fuente: Instituto interamericano de cooperación para la agricultura

Los principales productores de cilantro en el mundo son Rusia, India, Marruecos, México, Rumania, Argentina, Irán y Pakistán. Por otro lado, los mayores importadores son Alemania, Estados Unidos, Sri Lanka y Japón (Universidad de las Fuerzas Armadas, s.f.).

Es un cultivo herbáceo que tiene amplia adaptación en climas cálidos, frescos y fríos moderados, también en temperaturas variadas desde 19°C y 27°C. Temperaturas entre 20 – 26°C favorecen un mejor desarrollo de follaje con incrementos en la producción de materia fresca. El cilantro es un cultivo que requiere alta humedad durante los primeros 5 – 6 días hasta la germinación. Se recomienda hacer riegos cortos pero repetidos, al menos dos veces al día (Universidad de las Fuerzas Armadas, s.f.).

La cantidad de semillas varía entre 1.5 y 2.5 gramos por metro cuadrado, lo que permite una población de 180 a 250 plantas por metro cuadrado. Se puede cultivar en cualquier época del año siempre y cuando se tenga un buen suministro de agua y drenaje. La cosecha se da alrededor de las 10 semanas desde la siembra, cuando empiezan a brotar las hojas finas (Universidad de las Fuerzas Armadas, s.f.).

Un cuidado importante que se debe de tener es la deshierba. Esta se realiza de forma manual a las tres semanas desde la siembra. Como este tiene sustancias alelopáticas no presentan problemas por plagas o enfermedades (Universidad de las Fuerzas Armadas, s.f.).

P. FUNCIÓN DE LOS MINERALES CONTENIDOS EN EL ABONO

A pesar de que se fabrican una variedad de abonos con diferentes nutrientes, los que se aportan de forma exclusiva y en grandes cantidades son el nitrógeno, fósforo y potasio. Existen abonos simples que contienen un solo elemento fertilizante y abonos compuestos que tienen dos o tres nutrientes básicos. Esta misma clasificación se aplica a abonos sólidos y líquidos (Irañeta, Sánchez, Malumbres, Torrecilla, & Díaz, 2011). Entre los principales minerales y sus funciones se encuentran:

- Nitrógeno: La fuente con mayor nitrógeno es el aire, de este las leguminosas son las únicas que pueden utilizarlo. Para aportarlo en el suelo, los humanos han aprendido a extraerlo de forma artificial. Este proceso se conoce como síntesis del amoníaco (Irañeta, Sánchez, Malumbres, Torrecilla, & Díaz, 2011). Entre sus principales funciones es intervenir en el proceso de formación de los tejidos para el crecimiento de las plantas y forma parte de la clorofila. Es un macronutriente por lo que lo necesitan en grandes cantidades (Anacafe, s.f.).
- Fósforo: Forma parte de los macronutrientes. Para obtener el fósforo se utiliza la roca fosfórica, pero por ser de baja solubilidad se requieren ácidos minerales. Se encarga de formar un buen sistema de raíces, es promotor de la floración y del desarrollo del fruto (Anacafe, s.f.)

- Potasio: Este mineral se extrae de las minas en forma de potasa. Se requiere para los tejidos vegetales en mayor cantidad que los demás. Es activador enzimático, acelera y mejora el flujo y translocación de los metabolitos, controla el nivel hídrico de las hojas, mejora el color, calidad y resistencia (Anacafe, s.f.).
- Calcio: Es regulador en el crecimiento de las plantas, aumenta la absorción del potasio y la resistencia de la planta a las enfermedades. Los niveles altos de este micronutriente reducen la respiración del fruto y prolongan la vida de almacenaje (Anacafe, s.f.).
- Magnesio: Forma parte de la molécula de la clorofila, participa en el proceso de fotosíntesis y facilita la fijación del nitrógeno por las leguminosas (Anacafe, s.f.).
- Azufre: Interviene en la producción de proteínas. También participa en el metabolismo como grupo sulfhidrilo, este es un grupo activo de muchas enzimas que están implicadas en el anabolismo y el metabolismo de los carbohidratos, lípidos y proteínas (Anacafe, s.f.).
- Cobre: Tiene un papel importante en la formación de la clorofila. La mayor parte del cobre se encuentra en los cloroplastos y funciona también para la transferencia de electrones (Anacafe, s.f.).
- Hierro: Su función principal es el mantenimiento de la clorofila en las plantas y es componente de muchas enzimas y transportadores (Anacafe, s.f.).
- Boro: Desempeña funciones fisiológicas asociadas con las relaciones hídricas, con el metabolismo del nitrógeno y la acumulación de azúcares. También está involucrado en el crecimiento de las raíces, procesos de multiplicación y crecimiento celular. Contribuye a mantener el calcio en forma soluble, dentro de la planta y actúa como regulador de la relación potasio – calcio (Anacafe, s.f.).
- Cinc: Favorece el crecimiento de los frutos y de las plantas, también es responsable de sintetizar auxinas, estas son hormonas del crecimiento (Anacafe, s.f.).

Q. AMONIO CUATERNARIO

El catión de amonio cuaternario es un catión de estructura NR_4^+ , donde R representa un grupo alquilo o un arilo. A diferencia del ion amonio (NH_4^+) y los cationes de amonio primario, secundario o ternario, los cationes de amonio cuaternario están cargados permanentemente, independientemente del pH de su solución. Las sales de amonio cuaternario o compuestos de amonio cuaternario (comúnmente llamadas aminas cuaternarias) son sales de cationes de amonio cuaternario enlazadas a un anión (Ege; 2010).

Los cationes cuaternarios de amonio se utilizan como desinfectantes, agentes tensioactivos, suavizantes de telas y también como agentes para evitar la estática. Algunos espermicidas también contienen sales de amonio cuaternario. Eliminan los gérmenes, virus, bacterias (Gram + y Gram -), los hongos y sus hifas, entre otros (Ege; 2010).

R. GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS HIGIÉNICOS FEMENINOS

Al tener la correcta normalización de los residuos sanitarios permite disminuir en gran porcentaje los riesgos provocados hacia la salud y el medio ambiente. La solución más común en la mayoría de los hospitales y centros públicos es la incineración de los mismos, lastimosamente la mayoría de los hornos han quedado obsoletos porque los residuos tratados forman una masa cada vez más heterogénea y con mayor proporción de plásticos clorados, con lo que estos incineradores no están adecuados para respetar los límites de emisión de gases cada vez más estrictos (Martín; 2014).

Todos los desechos como toallas sanitarias, tampones y protectores son considerados desechos especiales, estos requieren de un tratamiento delicado debido que a su mal almacenamiento ocasiona problemas en la salud y ambientales. No se sabe con exactitud el tiempo que requiere una toalla sanitaria en degradarse de forma natural, pero se estima que aproximadamente tarda unos 100 años por toalla (Martín; 2014).

Guatemala actualmente no cuenta con empresas que se encarguen de reciclar las toallas sanitarias. ProHygiene es una empresa la cual se encarga de incinerarlas y mandarlas a Ecotermo. Los contenedores que proporcionan en la empresa contienen amonio cuaternario el cual elimina los malos olores que producen las toallas. Ellos proporcionan los recipientes, publicidad y recolección cada cuatro semanas (ProHygiene, 2017).

Otra empresa que se encarga de recolectar los residuos sanitarios femeninos es USAFEM (SEPIASA), esta empresa se encuentra en México, ellos proporcionan recipientes con el fin de recolectarlos, ya teniéndolos separados realizan un tratamiento de desinfección de los residuos, por medio de enzimas naturales biodegradables, estas que actúan de manera capilar a través de vaporización dentro de la unidad (SEPIASA, 2010).

S. TEORÍA DE LA ENCUESTA

La utilización de la encuesta como técnica de investigación forma parte importante de la formación de los profesionales, no sólo por la demanda social sino por los retos epistemológicos, metodológicos y técnicos que plantea su aplicación rigurosa y adecuada a los objetivos del conocimiento científico (Arribas; 2004).

Son muchos los conocimientos que el profesional de la encuesta necesita integrar para poder aplicarla de una forma coherente y técnicamente correcta, así que conviene que conozca en qué contextos surgen las encuestas y cómo se va transformando y ampliando su campo de estudio, como se han ido perfeccionando las técnicas de muestreo y como se han ido desarrollando programas estadísticos de tratamiento y análisis de datos (Arribas; 2004).

La herramienta tiene características particulares que la diferencian de otras prácticas, y que implican una serie de posibilidades y limitaciones que el investigador no debe desconocer. Por sus características como mecanismo cuantitativo, no permite profundizar temáticas ni analizar procesos. Debe contentarse con obtener regularidades, detectar tendencias e hipotetizar acerca de ciertas asociaciones entre variables, lo que no es poco (Arribas; 2004).

El proceso de construcción y validación de un cuestionario de medida es relativamente complejo y requiere el conocimiento teórico claro del aspecto que queremos medir, así como poseer conocimientos estadísticos avanzados y saber manejar programas informáticos para realizar las pruebas estadísticas (Arribas; 2004).

Por tanto, como todo instrumento de medida ha de reunir las siguientes características:

1. Ser adecuado para el problema de salud que se pretende medir (teóricamente justificable), validez de contenido) e intuitivamente razonable.
2. Ser válido, en el sentido de ser capaz de medir aquellas características que pretenden medir y no otras.
3. Ser fiable, preciso, es decir, con un mínimo de error en la medida.
4. Ser sensible, que sea capaz de medir cambios tanto en los diferentes individuos como en la respuesta de un mismo individuo a través del tiempo.
5. Delimitar claramente sus componentes (dimensiones), de manera que cada uno contribuya al total de la escala de forma independiente (validez de constructo).
6. Estar basado en datos generados por los propios pacientes.
7. Ser aceptado por pacientes, usuarios, profesionales e investigadores (Arribas; 2004)

En el proceso de elaboración de un cuestionario se deben contemplar los siguientes puntos:

1. Definición del constructo o aspecto a medir
2. Propósito de la escala
3. Composición de los ítems
4. Número de ítems
5. Contenido
6. Definición y ordenación
7. Prevención de los sesgos en su cumplimentación
8. Codificación de las respuestas
9. Puntuación de los ítems
10. Proceso de validación
11. Prueba piloto o pretest cognitivo
12. Evaluación de las propiedades métricas de la escala (Arribas; 2004)

Figura 15. Proceso de validación y adaptación de escala

1. Traducción y retrotraducción
2. Prueba piloto de la versión adaptada
3. Validación-adaptación de las ponderaciones
4. Validación estructural
5. Validación del constructo
6. Validación-adaptación de los puntos de corte, si los hubiere
7. Sensibilidad a las distintas poblaciones
8. Fiabilidad interna (consistencia)
9. Fiabilidad test-retest
10. Fiabilidad entre observadores
11. Sensibilidad al cambio

Fuente: Arribas, 2004

T. VALOR NETO ACTUAL (VAN)

El valor neto actual es uno de los métodos más utilizados para la evaluación de proyectos. Se define como el valor monetario resultante de la diferencia de flujos de entrada y salida con la inversión inicial (ESAN, 2017).

Dependiendo del valor que este tenga, se decide si un proyecto es rentable o no. Si tiene un valor negativo, significa que la inversión es mayor por lo que no cuenta con la rentabilidad mínima. Si es igual a cero es rentable, aunque no maximiza sus ganancias, mientras que si es mayor a cero es rentable pues cumple con la tasa de ganancia o beneficio propuesto (ESAN, 2017).

Entre las ventajas que tiene utilizar este método es que es sencillo de calcular, considera el valor del dinero en el tiempo y las predicciones de los efectos que tienen los proyectos son útiles. Sin embargo, el inconveniente que tiene es que necesita una tasa de interés o descuento para calcularla (ESAN, 2017).

U. TASA MÍNIMA ACEPTABLE DE RENDIMIENTO

La tasa mínima aceptable de rendimiento es la tasa utilizada como referencia, establecida por el inversionista, para determinar si un proyecto determina ganancias o pérdidas (Fundación Carlos Slim, s.f.). Usualmente, esta es comparada con la inflación, utilizando el siguiente criterio:

- Si la TMAR es menor a la inflación, el proyecto no será rentable pues generará pérdidas (Fundación Carlos Slim, s.f.).
- Si la TMAR es igual a la inflación, los ingresos serán suficientes para cubrir los egresos, pero no genera ganancias (Fundación Carlos Slim, s.f.).
- Si la TMAR es mayor a la inflación, el proyecto podría ser rentable por lo que cualquier rendimiento superior a la TMAR generaría ganancias (Fundación Carlos Slim, s.f.).

Para hacer el cálculo de la TMAR, se suma la tasa de inflación anual del país y el riesgo de inversión (Fundación Carlos Slim, s.f.). El riesgo de inversión se determina de la siguiente manera:

- Riesgo bajo: La demanda del producto o servicio es estable y no existe competencia fuerte. Si es de bajo riesgo, el porcentaje que se utiliza es de 3 a 6% (Fundación Carlos Slim, s.f.).
- Riesgo medio: Proyectos con demanda variable y competencia en el mercado. Se utiliza un porcentaje de riesgo de 6 a 10% (Fundación Carlos Slim, s.f.).
- Riesgo alto: El precio del producto no es estable. Se da con negocios nuevos de emprendimiento, coleccionables o productos que se encuentran de moda. Se utiliza un porcentaje mayor al 10% (Fundación Carlos Slim, s.f.).

V. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

La tasa interna de retorno es un criterio utilizado para evaluar los proyectos de inversión. Se define como la tasa de descuento que iguala el valor presente de los ingresos del proyecto con el valor presente de los egresos (Mete, 2014).

Este método señala el rendimiento que tiene la inversión en el proyecto. Este no depende del mercado financiero, depende únicamente del flujo de caja del proyecto que se esté evaluando (Mete, 2014).

Para aceptar o rechazar un proyecto, la tasa interna de retorno se compara con la tasa mínima aceptable de rendimiento planteada por el inversionista. Si la TIR es mayor que esta, entonces el proyecto es financieramente viable, es decir que los ingresos cubren los egresos y generan ganancias (Mete, 2014). Por otro lado, si es menor a la tasa de expectativa entonces el proyecto no es viable. Si es este el caso, existen dos opciones:

- La primera es que la tasa interna de retorno sea menor a la tasa mínima aceptable de rendimiento, pero mayor a cero. En este caso, los ingresos llegan apenas a cubrir los egresos del proyecto por lo que no se generan ganancias (Mete, 2014)
- La segunda es que la tasa interna de retorno sea menor a cero, por lo que los ingresos no cubren los egresos. Es decir, únicamente genera pérdidas (Mete, 2014).

W. MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR

La media aritmética, también conocida como promedio, es la suma de todos los elementos dividida entre el número total de ellos. La media intenta equilibrar los datos, en el sentido numérico (Tecnológico de Monterrey, s.f.). Presenta problemas cuando los datos son muy alejados. Se calcula de la siguiente forma:

Ecuación 1. Media aritmética

$$\bar{x} = \frac{X1 + X2 + \dots + Xn}{N}$$

Por otro lado, la desviación estándar nos muestra la dispersión de un conjunto de datos. Es un promedio de las desviaciones individuales de cada observación con respecto a la media de una distribución. (Tecnológico de Monterrey, s.f.). Se calcula de la siguiente forma:

Ecuación 2. Desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

X. PORCENTAJE DE ERROR

El porcentaje de error, o error porcentual, es el error relativo en términos porcentuales. Es el margen de error que existe entre los datos en un muestreo. Depende mucho del tamaño de la muestra y el rango de esta misma. Nos ayuda a conocer la lejanía del valor calculado u obtenido a partir de la experimentación, con el valor real (Tecnológico de Monterrey, s.f.). Se calcula de la siguiente forma:

Ecuación 3. Porcentaje de error

$$\%E = \frac{|Valor\ experimental - Valor\ real|}{Valor\ real} * 100$$

V. ANTECEDENTES

A. PRODUCCIÓN DE ABONO ORGÁNICO, UTILIZANDO LA TÉCNICA BOCASHI DIRIGIDO A ESTUDIANTES DE TERCERO BÁSICO DEL NÚCLEO FAMILIAR EDUCATIVO PARA EL DESARROLLO

Este trabajo consistía en promover la producción de abono tipo Bocashi con estudiantes de tercero básico de la aldea Santa Isabel del municipio de Chimaltenango para llevar a cabo una reforestación en Tecpán. Se utilizaron residuos orgánicos para elaborar el abono orgánico tipo Bocashi además se le enseñó a la comunidad el beneficio económico de utilizar un abono orgánico en lugar de un fertilizante químico. Uno de los objetivos de este trabajo era enseñarles de forma didáctica el cuidado del medio ambiente (Bosos, 2011).

B. EVALUACIÓN DE LA MANUFACTURA ARTESANAL DEL ABONO ORGÁNICO BOCASHI, MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LEVADURA EN FUNCIÓN DEL PERÍODO DE FERMENTACIÓN AEROBIA, REALIZADO EN LA ALDEA BREA, QUESADA, JUTIAPA

En la aldea La Brea del municipio de Quesada en el departamento de Jutiapa, se produce un abono orgánico tipo Bocashi el cual es comercializado por un agricultor local. El propósito de esta investigación era obtener información sobre el contenido nutricional para las plantas proveniente de dos formas diferentes de preparación y cinco tiempos de fermentación del abono orgánico tipo Bocashi (Bran, 2013).

Se analizaron y evaluaron dos lotes de producción de abono, uno con levadura y otro sin levadura, en intervalos de tiempo de 5, 10, 15, 20 y 25 días, además se mejoraron aspectos técnicos de la manufactura del abono realizando mediciones de pH, humedad y temperatura a lo largo del proceso de fermentación y se realizó en triplicado (Bran, 2013).

Para los elementos más importantes como N, P y K se determinó que N está dentro del rango de especificaciones para abonos orgánicos de Analab en los dos abonos estudiados (Bran, 2013).

C. EVALUACIÓN DE TRES FORMAS DE PREPARACIÓN Y CUATRO PROPORCIONES DE PULPA DE CAFÉ PARA LA ELABORACIÓN DE ABONO ORGÁNICO TIPO BOCASHI, PARA LA REGIÓN CAFETALERA DEL MUNICIPIO DE PALÍN, ESCUINTLA

Durante años se ha querido darle utilidad al exceso de subproductos provenientes del beneficio del café, sobre todo la pulpa. En esta investigación se plantea una alternativa que consiste en evaluar cuatro proporciones de pulpa de café (10%, 20%, 30% y 40%) como componentes de un abono orgánico fermentado para determinar la proporción que aporta el mejor contenido de nutrientes asimilables por las plantas (Galeano, 2000).

Además, se probaron tres maneras diferentes de preparar el abono, el proceso de homogenización de las distintas capas que lo componen y el momento de humedecer la mezcla con una disolución compuesta por rapadura quebrantada disuelta en agua. Con los datos obtenidos se calculó para cada tratamiento la dosis para suplir los requerimientos nutricionales del cultivo del café y la complementación mineral con otros fertilizantes, el mismo análisis se aplicó a la pulpa de café sola y a la gallinaza para realizar comparaciones. Se realizó un análisis de costo y se comparó con respecto al precio de otros abonos orgánicos y comerciales utilizados en la región (Galeano, 2000).

Finalmente, se determinó que utilizando una proporción del 40% de pulpa de café se obtiene el mayor contenido de nutrientes, mejor que la pulpa de café sola y un poco menor que la gallinaza, pero con ventajas físicas con respecto a ésta (Galeano, 2000).

D. EVALUACIÓN DE LOMBRICOMPOST DE COQUETA ROJA EN LA PRODUCCIÓN DE CHILE DULCE; LA FRAGUA, ZACAPA

Este estudio se realizó en el departamento de Zacapa, Guatemala. Se realizaron pruebas en el rendimiento de chile dulce con cinco dosis de lombricompost y un tratamiento con aplicación de fertilizantes químicos. Las cantidades que se utilizaron de lombricompost fueron 3.52, 5.67, 8, 9.92, 12.30 t/ha, mientras que de los fertilizantes químicos se utilizó 160 kg/ha de N, 20 kg/ha de P y 90 kg/ha de K (Sagastume, 2015).

Las variables que se evaluaron fueron rendimiento comercial y calidad en función del tamaño. Al finalizar las pruebas, se determinó que el mejor rendimiento se obtuvo con la aplicación del fertilizante químico. También se observó que al aumentar la dosis de humus de lombriz se obtiene mejor rendimiento en el cultivo de chile (Sagastume, 2015).

Una de las recomendaciones que realiza el autor es combinar el fertilizante químico y el humus de lombriz. Esto con el fin de reducir la dosis del fertilizante químico y al mismo tiempo mejorar el rendimiento de los cultivos con las propiedades que el humus aporta.

E. EFECTO DE LA LOMBRIZ COQUETA ROJA SOBRE LA CALIDAD NUTRICIONAL DE SEIS SUSTRATOS

El estudio se realizó en el municipio de Chajul, Quiché con el apoyo de la Asociación Chajulense para mejorar la productividad en el cultivo del café orgánico de dicha asociación. Los sustratos que se evaluaron fueron: estiércol bovino, estiércol equino, pulpa de café, desechos de cocina (frutas y vegetales), mezcla de estiércol bovino y pulpa y mezcla de estiércol equino y pulpa (Zacarías, 2002).

Para llevar a cabo el experimento se utilizaron lechos de 0.50 metros de largo, 0.40 metros de ancho y 0.40 metros de alto colocando una tapadera. Se evaluó el valor nutricional a partir de análisis en laboratorio, porcentaje de producto aprovechable, comportamiento poblacional de las lombrices y rentabilidad (Zacarías, 2002).

La productividad del cultivo de café orgánico era de catorce quintales por hectárea. A partir de esto, nace el estudio para mejorar considerablemente la nutrición de los suelos a un menor costo (Zacarías, 2002)

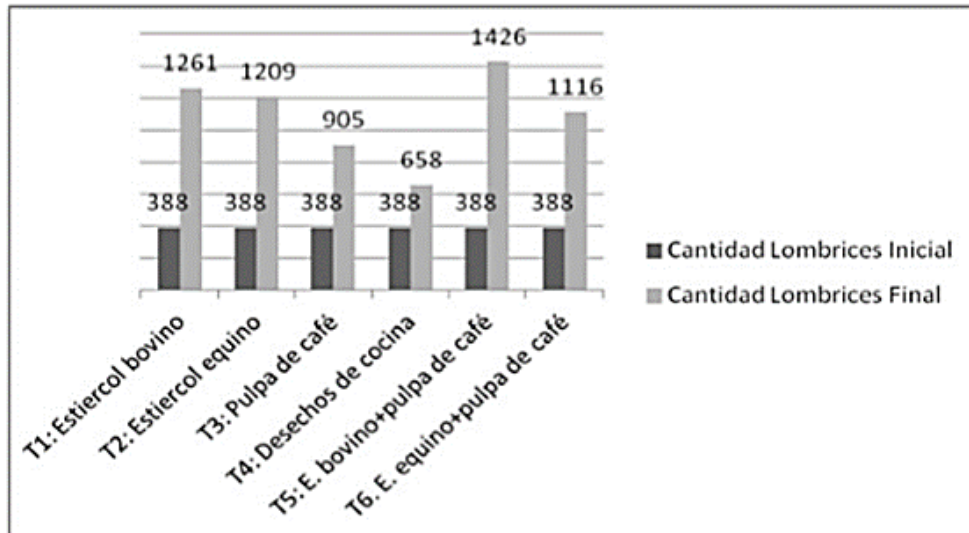
A continuación, se muestran los resultados sobre el abono aprovechable:

Figura 16. Producto aprovechable con los diferentes sustratos

No.	Tratamientos	Sustrato Inicial (kg)	Sustrato Acumulado (kg)	Sustrato Final (kg)	Lombricompost aprovechable (%)
1	Estiércol Bovino	4.32	15.9	7.51	47.23
2	Estiércol Equino	4.32	20.44	7.8	38.16
3	Pulpa de Café	4.32	28.79	9.14	31.75
4	Desechos de cocina	4.32	23.17	5.13	22.14
5	E. Bovino + Pulpa	4.32	32.2	13.14	40.81
6	E. Equino + Pulpa	4.32	20.51	6.93	33.79

Como se muestra en la figura anterior, el tratamiento con estiércol tanto bovino como equino tuvieron mejores porcentajes de conversión de los sustratos en abono orgánico pues el material favorece el apareamiento y reproducción de la lombriz (Zacarías, 2002).

Figura 17. Comportamiento poblacional de lombriz coqueta roja durante el estudio



En la Figura 17 se muestra que en los desechos de cocina la lombriz tiene menor reproducción pues sufren un proceso de descomposición por hongos y bacterias lo que eleva la temperatura en un período donde la lombriz aún no puede alimentarse (Zacarías, 2002).

Figura 18. Rentabilidad de lombricompost

No.	Descripción Tratamiento	Egresos (Quetzales)	Ingresos (Quetzales)	Rentabilidad (%)
1	Estiércol bovino	514.99	684.21	32.86
2	Estiércol equino	522.97	659.81	26.17
3	Pulpa de café	513.57	657.43	28.01
4	Desechos de cocina	492.79	366.31	-25.67
5	Estiércol bovino+pulpa	560.4	762.64	36.09
6	Estiércol equino+pulpa	530.01	640.29	20.81

En la Figura 18 se muestra la rentabilidad dependiendo del sustrato utilizado. El sustrato que no es rentable son los desechos de cocina, esto se debe a que reportó la menor densidad poblacional de lombriz y por ende un menor peso de sustrato final, disminuyendo los ingresos (Zacarías, 2002).

Como resultado final, la utilización de la pulpa de café mezclado con estiércol equino constituye el mejor sustrato por su alto valor nutricional. Mientras que, el mejor porcentaje de sustrato

aprovechable lo tienen los tratamientos con estiércol bovino, estiércol equino y estiércol bovino con pulpa de café (Zacarías, 2002).

F. IMPLEMENTACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LOMBRICULTURA

El proyecto se realizó con el fin de reducir el uso de fertilizantes químicos por abonos orgánicos como el humus de lombriz en la empresa Fenix S.A. en Argentina. Esta empresa se dedica a la producción de pulpa de fruta. Cuentan con una producción de 120 hectáreas de durazno amarillo (Marnetti, 2012).

Los desechos de pulpas de frutas serán el alimento para las lombrices. Estos serán transportados hacia la finca en donde fueron depositados en lechos de 50 cm de altura. Al descargarla, se esperaba un par de días para disminuir la humedad de la pulpa (Marnetti, 2012).

Los desechos con los que se obtuvo mejor rendimiento fueron la pulpa de manzana y pera pues contenían más desechos secos como hojas, cáscaras y semillas. A partir de esto, se realizó la evaluación financiera (Zacarías, 2002).

Cuando se puso en marcha el lombricultivo, la empresa logró una reducción de costos del 20% en el uso de fertilizantes químicos y reemplazando el abono orgánico por humus de lombriz (Marnetti, 2012).

G. PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE ABONO ORGÁNICO POR MEDIO DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*EISENIA FOETIDA*) Y SU CAPACIDAD REPRODUCTIVA

Este artículo habla sobre la determinación de la calidad y conversión del abono producido, así como su capacidad reproductiva. Se utilizaron seis sustratos: vacaza, gallinaza, cerdaza, pulpa de café, hojarasca y pseudotallos de huerta con tres densidades de lombriz: 250, 350 y 450 por m³ que se adecuó a parcelas experimentales de 20 litros de material fresco.

Por medio de prueba de medias realizadas a sustratos se detectó que la vacaza es el mejor alimento para la reproducción de lombrices con un promedio de 17,471 por m³ y una relación de 50:1. Asimismo la pulpa y la vacaza obtienen los mejores promedios de descomposición (97%) y no difieren entre sí, no así la hojarasca que no presentó descomposición. La cerdaza es el sustrato de mayor conversión a bioabono por m³ de material fresco inicial con 638.30 Kg.

H. RECICLAJE DE TOALLAS SANITARIAS

Actualmente, no existe algún método para el reciclaje de toallas sanitarias por lo que se han realizado investigaciones con el propósito de encontrar una solución para la aceleración de su degradación y evitar su destino a los vertederos. En la Universidad del Valle de Guatemala ha sido pionera en la creación de la primera toalla sanitaria biodegradable. La materia prima utilizada es el pinzote o tallo que queda al cortar el banano, este normalmente se deja pudrir con el propósito de convertirlo en abono, pero al generar demasiados malos olores atrae a demasiados insectos, siendo un problema.

Este proyecto se realizó como Megaproyecto realizado por las estudiantes Alejandra Velázquez, Fernanda Mendizábal, Sandy Guarca y María José Ramos. Ellas por medio de investigaciones encontraron que en África existía un movimiento el cual trataba de utilizar este material absorbente. El objetivo del proyecto fue la realización de las toallas sanitarias a bajo costo para lograr que las mujeres de escasos recursos tuvieran acceso a ellas.

Obtuvieron un 80% de degradación de las toallas en 90 días y determinaron que puede tener un costo de Q1.75 en el mercado, siendo accesible a las mujeres de escasos recursos.

I. VIABILIDAD ECONÓMICA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA RESIDUOS ORGÁNICOS

En la actualidad, no existe un proyecto lo suficientemente grande para tratar residuos orgánicos. Existen pequeños negocios que se dedican a la venta de abono orgánico utilizando como sustrato residuos propios domiciliarios. Se utiliza el compostaje como tratamiento de lodos producidos en el tratamiento de aguas residuales (Uribe, 2004).

En 2004, se elaboró un plan de negocios para la creación de una planta de procesamiento de residuos sólidos urbanos para la producción de compost en Bogotá. En este, se realizó un análisis de mercado en donde se estableció que dado que el producto es un insumo agrícola puede ser utilizado en todo tipo de cultivo. Se estableció que el mercado universo es el número total de hectáreas cultivadas, multiplicado por la cantidad de compost necesario para abastecerlas por cada tipo de cultivo, tomando en cuenta las necesidades de aplicación de cada uno (Uribe, 2004).

También se tomó en cuenta la competencia con otros abonos, químicos y orgánicos. Entre los orgánicos se encuentran la gallinaza, este producto es utilizado por muchos agricultores, aunque cabe mencionar que este no se utiliza de la forma adecuada. Debe pasar por un proceso de compostaje antes, si no se realiza de esta forma, le resta capacidad productiva a la tierra (Uribe, 2004).

En el estudio, se concluyó que la principal barrera se encuentra en la poca aceptación de este tratamiento por parte de las personas, además la falta de separación de residuos desde su generación es un obstáculo para poder generarlo. Obligaciones legales y reglamentos pueden aportar positivamente en el proyecto, brindando una oportunidad para explotar este mercado (Uribe, 2004).

VI. METODOLOGÍA

A. ACTIVACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES

1. Materiales y equipo

- 0.001 m³ (1 litro) de EM-1
- 0.001 m³ (1 litro) de melaza
- 0.018 m³ (18 litros) de agua destilada
- 1 caneca de plástico
- 2 tiras de papel pH rango 0-14
- Estufa eléctrica con agitación modelo
- Termómetro de alcohol -10°C a 150°C
- Agitador mediano

2. Procedimiento

- Se colocó la melaza a calentar hasta 58°C asegurándose de que tuviera agitación continua para que no se cristalice
- Se colocaron 0.018 m³ (18 litros) de agua destilada en la caneca plástica y se agregó la melaza
- Luego, se esperó a que la mezcla anterior se enfriara hasta temperatura ambiente
- Se agregaron 0.001 m³ (1 litro) de EM-1 a la mezcla anterior y se cerró
- Reposar por 6 días en un lugar sin luz. Este generó gases en el proceso por lo que se abrió la tapa de la caneca para liberarlos y se cerró rápidamente
- Después de los 6 días se tomó una muestra y se midió el pH. Este debía estar entre 3.5 – 4.0

B. PREPARACIÓN DE BOCASHI EN CONDICIÓN ANAERÓBICA

1. Materiales

- Microorganismos eficientes (EM-1) activados
- Agua sin cloro
- Salvado de trigo
- Cubetas con dispensador incorporado de 15 L
- Cubetas sin dispensador con tapadera de 15 L
- Bolsas de plástico negra
- Malla de plástico (MESH 304)
- Recipiente de plástico para mezclar ingredientes de 30 L (0.45m de diámetro)

- Barreno con broca para plástico de ¼ de pulgada
- Balanza de 0 – 4.98 kg (0-11 lb)
- Tijera
- Plato hondo de cerámica (los que se utilizan para tomar sopa)
- Pala cuadrada de jardinería con puño en Y Marca Truper 17161 de 9 ½ pulgadas
- Probeta de 1 L
- Atomizador de 2 L
- Residuos de comida (ver cuadro 10 en Anexos)

2. Procedimiento

- Se pesó 1.36kg de salvado de trigo, 0.80L de Microorganismos Eficientes (EM-1) activados utilizando una probeta y se mezcló todo en un recipiente plástico de 30L para que fuera fácil manipularlo y quedara una mezcla homogénea.
- Se añadió agua sin cloro de poco a poco, aproximadamente 0.15L. Cada caso es diferente y se puede agregar más agua sin cloro de ser necesario. La humedad de la pila se estimó agarrando un puño de la mezcla, si escurría agua es que tenía exceso y si el puño de mezcla se deshacía es que le faltaba agua. La consistencia que se desea es que el puño de mezcla se mantenga unido y uniforme (Ver Anexos Figura 68).
- La mezcla se dejó reposando 10 días adentro de una bolsa de plástico negra, procurando que no le diera el sol ya que podría dañar a los microorganismos.
- Utilizando un barreno con una broca para plástico de ¼ de pulgada, se abrió hoyos en la cubeta sin dispensador. Los hoyos deben estar equidistantes, pero más de 25 hoyos para que los residuos no puedan pasar por ahí.
- Se cortó la malla de plástico con un diámetro de 0.30m para que quedará perfectamente en la cubeta sin dispensador de 15L que se le hicieron los hoyos.
- Se colocó la cubeta sin dispensador de 15L adentro de la que, si tiene dispensador de 15L, luego se colocó la malla.
- Luego se colocó esta mezcla de Bocashi en una cubeta sin dispensador de 15L, se colocaron los residuos de comida aproximadamente una pulgada de alto y luego se colocó más de la mezcla encima. De esta manera se van formando capas hasta que la cubeta esté llena.
- Se recomienda colocar un plato pesado hondo de cerámica para compactar la mezcla. Después se colocó la tapadera para cerrar completamente la cubeta. Es importante no abrir el recipiente ya que es una reacción anaeróbica.

- Se dejó reposar 14 días. Este abono se enterró en el área donde se sembró. Este se colocó 6 días antes de trasplantar o cuando el cultivo tuvo 0.10 a 0.15m de alto o le salieran las primeras hojas.
- Se revisó todos los días la cubeta que tiene dispensador en caso hayan lixiviados. Se diluyó $8.87E-05 \text{ m}^3$ (0.0088 L) en 0.0037 m^3 (3.785L), utilizando un atomizador y se colocó sobre las hojas de las plantas a una distancia de 0.5 m aproximadamente.

C. PREPARACIÓN DE BOCASHI EN CONDICIONES AERÓBICAS

1. Materiales

- Residuos de comida ver cuadro 11 en Anexos
- Cascarilla de arroz
- Gallinaza
- Salvado de trigo
- Microorganismos eficientes (EM-1) activados
- Carbón molido
- Tierra negra (sin abono)
- Dos recipientes de plástico redondo (se puede utilizar las bases de las macetas de 0.75m de diámetro esto es opcional)
- Agua destilada
- Termómetro (0 – 110°C)
- Medidor de humedad marca Fisher Scientific
- Plástico negro de 5m x 3m
- Pala cuadrada de jardinería con puño en Y Marca Truper 17161 de 9 ½ pulgadas

2. Procedimiento

- El abono orgánico Bocashi tipo aeróbico no puede recibir luz directamente ni lluvia. Por esa razón, se utilizó un recipiente de plástico redondo (0.75m de diámetro) con una altura de 0.15m para facilitar el movimiento del material.
- Se colocó en el recipiente de plástico redondo con una altura de 0.15m: 4.536 kg (10 lb) de cascarilla de arroz, 2.268 kg (5 lb) de gallinaza, 3.525 kg (7.755 lb) de residuos de comida, 4.536 kg (10 lb) de tierra negra, 1.360 kg (3 lb) de salvado de trigo y 1.360 kg (3 lb) de carbón molido. Esta mezcla tiene como base la cantidad de residuos orgánicos que se puedan conseguir.

- Cuando la mezcla estuvo lista, se mezcló uniformemente utilizando una pala cuadrada y un segundo recipiente de plástico redondo con una altura de 0.15m. De esta manera se pudo ir mezclando sin desperdiciar el material.
- En el momento que se estaba mezclando, se agregó 3 L de Microorganismos Efectivos (EM-1) activados y 4 L de agua destilada, de 0.5 L en 0.5 L. La cantidad de agua dependió de la humedad que existía en la mezcla y cada caso es diferente. La humedad de la mezcla se estimó agarrando un puño de la mezcla, si escurría agua es que tenía exceso y si el puño de mezcla se deshacía es que le faltaba agua. La consistencia que se desea es que el puño de mezcla se mantenga unido y uniforme.
- Se midió la temperatura, humedad y pH utilizando un termómetro, medidor de humedad y peles medidores de pH, respectivamente.
- Se aseguró que la mezcla estuviera cubierta por plástico negro.
- Se volteó 2 veces al día durante los primeros 3 días. Luego una vez al día a partir del 4to día hasta que la temperatura fuera similar a la del ambiente.
- Se colocó 5 días después de trasplantar.

D. PREPARACIÓN DE CULTIVO DE RÁBANOS UTILIZANDO SEMILLERO

1. Materiales

- Semillas de rábano
- Semillero de capacidad para 200 semillas
- Tierra negra (sin abono)
- Pala jardinera en forma de cuchara macetera marca Truper 15020

2. Procedimiento

- Se seleccionó como método de reproducción la semilla utilizando semillero para que las semillas germinarán ahí antes de realizar el trasplante (Ver Anexos figura 33).
- Se rellenó completamente el semillero con tierra negra sin abono y se colocó la semilla del rábano a una profundidad de alrededor de 0.03 m.
- Se regó una vez al día el semillero y se esperó 7 días para que la planta germinara o que tuviera entre 3 a 4 hojas y un tamaño de entre 0.02 a 0.05 m.
- Se delimitó el área del tablón calculando 4 cajones para 25 rábanos. Se colocaron entre 3 y 4 hileras con 0.15m de distancia entre ellas y cada rábano se colocó también a 0.15m de distancia. Se utilizó 4 cajones para poder colocar 1 cajón para rábanos de control, estos no tenían ningún tipo de abono y se utilizó solamente tierra negra sin abono, otro cajón para el abono orgánico tipo Bocashi en condiciones

anaeróbicas, el tercer cajón para abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas y el último para un fertilizante químico marca comercial 12-8-16. El área total que se utilizó fue de 2.5m x 2.5m. (Ver figuras 31 y 32 en Anexos).

- Cada cajón tuvo una altura de 0.50 m y se colocó la tierra negra sin abono para poder realizar el trasplante, la capa de tierra negra sin abono fue de 0.30 m.
- El trasplante se realizó con mucho cuidado con la mano tratando de no arruinar la raíz del rábano y luego se colocaron en el cajón en hileras a 0.15 m de distancia y entre cada rábano también a 0.15m.
- Se regó el terreno durante 5 min antes de realizar el trasplante para garantizar que todas las plantas se pegaran luego de concluir su trasplante.
- Se realizaron observaciones de color y forma de la hoja para los resultados cualitativos.
- Se regó todos los días durante 10 min en la noche para que el ambiente estuviera fresco.

E. CONSTRUCCIÓN DEL INVERNADERO

1. Materiales

- 7 paraleles de madera de 2.50 m de largo y 0.20m de grosor
- 2 paraleles de madera de 2.8 m de largo y 0.20m de grosor
- 1 tabla de madera de 2.58 m de largo y 0.50 m de alto
- 4 tablas de madera de 0.80 m de largo y 0.50 m de alto
- 2 tablas de madera de 1.56 m de largo y 0.50 m de alto
- Clavos de 5 pulgadas con cabeza
- Martillo para clavos y madera
- Machete para jardinería
- Pala cuadrada de jardinería con puño en Y Marca Truper 17161 de 9 ½ pulgadas
- Polietileno transparente en rollo de 5 m de ancho

2. Procedimiento

- Debido a que se trataba de un jardín residencial, se quitó toda la grama que estaba en el área de 2.5 m x 2.5 m y también se niveló todo el terreno.
- La madera que se utilizó para todo el invernadero se limpió con machete para remover partes que no estuvieran uniformes y que no tuvieran corteza para evitar que afectara la estructura con problemas de arqueado.

- Se trazó con estacas la medida total del invernadero de 2.5 m x 2.5 m y los 4 cajones que iban adentro del invernadero, cada cajón fue de 1.26 m x 0.8 m. A cada cajón se colocó tierra negra sin abono hasta que se tuvo una capa de 0.30m de alto.
- Se realizaron hoyos en la tierra de aproximadamente 0.60 m para colocar los paraleles y luego se rellenó con más tierra hasta que quedaron fijos.
- Utilizando clavos, se colocó otro paral de madera en medio de la estructura para que el polietileno quedara fijado en la estructura. Se dejó un espacio de 0.15m entre las paredes y el techo para que hubiera ventilación.
- Se cubrieron las paredes y el techo con polietileno asegurándolos con clavos cada 0.20m (ver Figura 81 en Anexos).

F. FUMIGACIÓN Y CEBOS PARA MOSCAS

1. Materiales

- Cipermetrina marca Promagro
- Rociadora doméstica de presión de 2 L marca IMACASA
- Agua con cloro
- Cebos Quick Bayt marca Bayer
- Platos hondos plásticos de 0.10m de diámetro
- Escalera de 2m desplegable
- Guantes plásticos de látex
- Lentes de seguridad
- Mascarilla de seguridad con válvula de exhalación 30196051 marca Kimberly Clark

2. Procedimiento

- Se diluyó 0.02 L de Cipermetrina en 2 L de agua con cloro dentro de la bomba manual a presión y se agito durante 1 min.
- Se colocó el equipo de seguridad: guantes, lentes y mascarilla para poder manipular la mezcla.
- Se distribuyó la mezcla uniformemente en todos los cajones tanto en la tierra como en las plantas. Este producto es especial para que las plantas no sufran ningún daño en el proceso (Ver Figura 80 en Anexos).
- Se colocó la escalera a una altura de 1.5m y se agregó la mezcla en las paredes y paraleles del invernadero utilizando la bomba manual a presión.
- El procedimiento se realizó cada 4 días durante 3 semanas durante la noche para que se secara adecuadamente y las mascotas no estuvieran en contacto directo con el producto.

- Utilizando el plato hondo plástico de 0.10m de diámetro se colocó la bolsa del cebo Quick Bayt, se utilizó este tipo de cebo ya que este atrajo a las moscas por la composición que posee y se murieron dentro del plato. Se colocaron 4 dentro del invernadero.

G. ELABORACIÓN DE COMPOSTERAS PARA TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE COMIDA

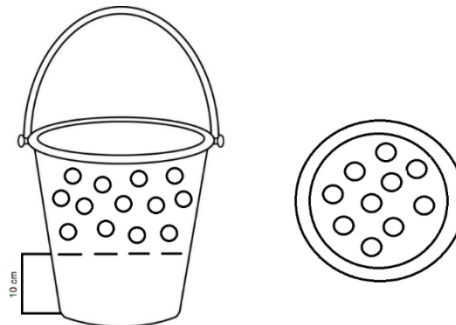
1. Material

- 6 cubetas plásticas de 0.015m³ (15 litros) con dispensador
- 6 cubetas plásticas de 0.015m³ (15 litros) sin dispensador con tapadera
- 0.9144 m (1 yarda) de cedazo fibra de vidrio mesh 30
- Taladro con broca 0.0058m (15/64 in)
- Cinta adhesiva

2. Procedimiento

- Para elaborar las composteras fueron necesarias dos cubetas de plástico. Una cubeta en la parte inferior con dispensador para recibir lixiviados y una en la parte superior con las lombrices y el sustrato
- En las cubetas sin dispensador se abrieron 34 agujeros, con ayuda del taladro, para airear. Los agujeros deben abrirse en los alrededores de la cubeta por encima de las lombrices y el sustrato (0.10 cm) y en la parte inferior de esta, de forma que puedan pasar los lixiviados a la cubeta inferior (ver Figura 19. Esquema de cubeta con agujeros vista frontal y vista superior)

Figura 19. Esquema de cubeta con agujeros vista frontal y vista superior



- Después de tener los agujeros listos, se colocó en el fondo de la cubeta cedazo de fibra de vidrio previamente cortado del mismo tamaño del diámetro de la cubeta (ver figura 89) que sirvió como filtro para que no caigan las lombrices y el sustrato
- Se colocó una sobre otra, asegurándose de no crear vacío y que los orificios permitieran la entrada de aire (ver Figura 89)

H. PRODUCCIÓN DE ABONO POR LOMBRICOMPOSTAJE DE RESIDUOS DE FRUTAS Y VERDURAS

1. Materiales y equipo

- 6 composteras plásticas de 0.015m³ (15 litros)
- 2 macetas cónicas plásticas de 0.22m
- 1 cultivador 0.11m (4.5 in) (ver Figura 20. Cultivador 4.5)
- Cinta adhesiva
- 0.9144 m (1 yarda) de cedazo fibra de vidrio mesh 30
- Cuchillo de sierra 0.18m (7 in) acero inoxidable
- 3.5 kg de lombriz coqueta roja (*Eisena foetida*)
- 4.48kg de residuos de frutas y verduras
- 0.60kg aserrín
- Balanza de humedad MB120
- Balanza con capacidad de 5kg e incertidumbre ± 0.001 kg
- 0.001 m³ (1 litro) de EM-1
- 3 bolsas plásticas de 4.54kg (10 libras)
- 2 recipientes plásticos de 0.001 m³ (1 litro)

Figura 20. Cultivador 4.5 in



2. Procedimiento

- La mitad de los residuos orgánicos se cortaron en trozos de 0.01mx0.01m (ver Figura 91. Residuo de papaya cortado)
- En macetas separadas se colocaron los residuos orgánicos cortados (2.24kg) y no cortados (2.23kg) con 0.30kg de aserrín en cada uno y se agregaron 0.000018m³ (18mL) de microorganismos eficientes para acelerar el proceso de descomposición
- Se taparon las macetas con cedazo de fibra de vidrio y se aseguró con cinta adhesiva. Esto impidió el ingreso de insectos
- Los residuos permanecieron por tres semanas en la maceta para un proceso de compostaje
- Los residuos se movieron con ayuda del cultivador para airear una vez cada dos días
- Después de las tres semanas, se debe dividir la masa total de los residuos no cortados en tres, al igual que los residuos cortados y se colocan en las composteras
- Luego, se colocaron 0.60 kg de lombrices en cada compostera
- Las composteras se regaron dos veces a la semana con 350mL. Se hizo una prueba de compresión del puñado de los residuos, esta debe liberar gotitas de agua cuando se comprime, de lo contrario, se riega
- Después de 4 semanas, se colocaron las composteras en un lugar con luz y esperar dos días para que las lombrices pasaran a la parte inferior y se extrajo la parte superior.
- Luego, se separaron los residuos que no se descompusieron utilizando cedazo de fibra de vidrio (ver Figura 97. Proceso de tamizaje)
- Se pesó el abono y los residuos que no se descompuso en su totalidad. Este paso se debe realizar para cada compostera.
- Se colocó el abono sólido total en una bolsa y se mezcló
- Se midió la humedad colocando una muestra de 0.002 kg en la balanza de humedad
- Los lixiviados se extrajeron por la cubeta inferior a través del dispensador y se pesaron
- Se filtró con mantas los lixiviados
- Finalmente, se pesó de nuevo y colocar en un recipiente. Separar 1kg para el análisis de macronutrientes

I. MEDICIÓN DE PH, HUMEDAD Y TEMPERATURA PARA COMPOSTERAS DE LOMBRICULTIVO CON RESIDUOS DE FRUTAS Y VERDURAS

1. Materiales y equipo

- Tiras de papel pH rango 0-14
- Fisherbrand higrómetro y termómetro digital

2. Procedimiento

- Las mediciones se harán tres veces al día. Una por la mañana (8:30 am) y la siguiente por la tarde (3:00 pm). En cada medición se evaluarán tanto temperatura como humedad.
- El higrómetro y termómetro digital debe ser colocado dentro de la compostera. Se debe abrir una pequeña brecha en el sustrato y colocar cerca el medidor.
- Para los lixiviados que se produzcan se tomará una muestra y se colocará la tira de papel pH. Luego, se comparará con la escala de colores.

J. ELABORACIÓN DE RECIPIENTES EXPERIMENTALES DE CILANTRO PARA PRUEBAS DE ABONO PRODUCIDO POR LOMBRICOMPOSTAJE DE RESIDUOS DE FRUTAS Y VERDURAS

1. Materiales

- 3 macetas de plástico 0.15 m x 0.15 m
- 0.22 kg (8 onzas) de semillas de cilantro
- 2 kg de tierra negra
- 0.5 kg de humus de lombriz
- Fertilizante comercial para semillas (iniciadores) 13-6-40
- Cultivador 0.11 m (4.5 in)
- Rociador de agua 0.001 m³ (1L)
- Agua

2. Procedimiento

- En dos macetas se agregaron 0.045 cm de tierra negra, equivalente a 0.437kg. Se paso el cultivador por encima.
- En la otra maceta se colocó 0.327 kg de tierra negra y 0.109 kg de humus de lombriz. Se paso el cultivador por encima para mezclar
- Se colocaron 5 semillas de cilantro y cubrir con una capa de 0.0005 m de tierra
- Se agregó agua utilizando el rociador hasta observar que la tierra se encuentra húmeda. Se repitió este procedimiento dos veces al día, una por la mañana y otra en la tarde cuando la maceta ya no recibía sol
- Las macetas se colocaron en un lugar soleado. En caso de lluvia, se colocaron en un lugar techado
- El fertilizante iniciador debe colocarse cada quince días. Se colocaron 0.000005 m³ (5 mL) alrededor de las semillas en una de las macetas
- Cada semana se agregaron 0.000005m³ (5 mL) de lixiviado de lombriz alrededor de las semillas de otra maceta
- Después de 3 semanas, medir la altura que alcanzo cada cilantro desde la tierra hasta el final.

K. PRUEBAS ANALÍTICAS PARA EL ABONO PRODUCIDO POR LOMBRICOMPOSTAJE DE RESIDUOS DE FRUTAS Y VERDURAS

Se realizaron pruebas analíticas para el humus de lombriz, lixiviado y tierra. Se analizó el contenido nutricional en las muestras, principalmente de nitrógeno, potasio y fósforo. Dichas pruebas fueron realizadas por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas de Anacafé -Analab-.

L. CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS EN SAN JUAN SACATEPÉQUEZ

Se cuantificó durante todo el mes de julio utilizando una bitácora donde se llevaba el control de los residuos al día producidos por la empresa ubicada en San Juan Sacatepéquez. Ellos con anterioridad no poseían registros sobre las toneladas de basura generadas al día. Se tomó el área administrativa y gerencia para dicha cuantificación.

La persona de limpieza era la encargada de separar los desechos en tres contenedores:

1. Papel sanitario usado
2. Material orgánico: Se entiende como materia orgánica todo aquel desecho de compuestos que provienen de los restos orgánicos que en algún momento estuvieron vivos.
3. Plástico, vidrio, aluminio y papel de oficina
4. Toallas sanitarias y tampones

Ya teniendo esta clasificación se cuantificó de forma diaria tomando el peso de cada desecho mencionado anteriormente (Cuadro 58). Con esto se pudo tener un estimado mensual sobre la cantidad de desechos generados en las áreas seleccionada.

Para tener los resultados esperados sobre la correcta clasificación de desechos, se capacitó al personal. Se pasó dos encuestas al comienzo del proyecto, siendo una herramienta la cual nos indicaría los conocimientos acerca los distintos temas y saber cuáles había que reforzar.

Se solicitó la presencia del personal de administración y gerencia con el propósito de reforzar los conocimientos sobre desechos orgánicos y sanitarios para concientizarlos y hacerles ver los beneficios de tener una buena separación de residuos utilizando como herramientas presentaciones en Power Point.

Las personas que participaron fueron cuatro secretarias, una persona encargada de limpieza, jefa de producción, jefa de administración, dos gerentes y los dos dueños de la empresa donde se realizó el proyecto; haciendo un total de 11 personas. Se capacitaron en la última semana de junio y se realizó la primera prueba de recolección la primera semana de julio.

M. LOMBRICOMPOSTAJE PARA PAPEL HIGIÉNICO

Para la producción de abono se utilizó lombriz coqueta roja traídas de Chimaltenango, Guatemala. Se utilizó 9 kilogramos de lombrices con sustrato; en cada compostera se colocó 1.5 kg y se varió la cantidad de materia orgánica y papel sanitario usado.

El experimento se realizó en un sistema aeróbico, las variables a medir fueron la cantidad de papel sanitario usado, la cantidad de microorganismos eficientes y materia orgánica. Se debe considerar ir agregando pequeñas proporciones para tener un mejor control y evitar excesos.

N. CONSTRUCCIÓN COMPOSTERAS VERTICALES PARA TRATAMIENTO DE PAPEL HIGIÉNICO

1. Materiales

- 9 cubetas de 15 L
- 3 válvulas tipo chorro de control de 1.905 cm (3/4 in)
- malla mosquitera mesh 40
- brocas para metal de 4 a 8 mm
- desechos orgánicos de frutas y verduras (no exceder de los 500g por cubeta)
- papel sanitario usado
- 9 kilogramos de sustrato y lombrices coqueta roja
- 770 mL de microorganismos eficientes
- Aserrín de pino
- Procesador de comida marca Osterizer
- Pegamento marca Pegaucho
- 1 sensor de temperatura RTD marca TME
- 1 sensor de humedad analógico marca VAISALA
- 5 L de agua potable

2. Procedimiento

- Se compró nueve cubetas; tres con tapadera de plástico del mismo tamaño y seis sin tapadera. Se realizó tres sistemas, cada sistema contiene tres cubetas.
- En las primeras dos cubetas, se abrieron 25 agujeros por todo el interior con una broca aproximadamente de 4 a 8 mm.
- Se colocó un mesh 60 al fondo de las dos primeras cubetas asegurándolo con pegamento, para que la materia orgánica no lograra llegar a la última cubeta

evitando una mezcla con los lixiviados. Se trazó la forma inferior sobre el mesh para cortarla y pegarla sobre la cubeta en la parte interna (Figura 107).

- La tercera cubeta que no se le abrió agujeros, se utilizó como base. Se le abrió un orificio en la parte de enfrente donde se le colocó una válvula de control por donde se controló el flujo de salida de los lixiviados del lombricompost.
- Se colocó las cubetas, una encima de otra siguiendo este orden: la cubeta con la válvula de control se utilizó como base, dos cubetas con los orificios en la parte de arriba (Figura 110).

O. MANEJO PASO A PASO DEL LOMBRICOMPOSTERO DE CAJONES VERTICALES

1. Antes de colocar la materia orgánica en las cubetas, se realizó un pre-compostaje. Se dejó descomponer los desechos orgánicos durante tres semanas. Se colocó $\frac{3}{4}$ de aserrín en un kg de orgánico.
2. Se colocó la mezcla de papel sanitario usado húmedo con los desechos orgánicos correspondiente al número de cubeta correspondiente (Cuadro 8).
3. Dependiendo de la cubeta, se agregó mililitros de microorganismos eficientes para acelerar la descomposición durante un mes (Cuadro 8).
4. A medida que se observó que las lombrices ingerían los restos orgánicos, se iba agregando capas de residuos del proceso del pre-compostaje.
5. Cuando se observaba resequedad, se le proporcionaba 1 L de agua.
6. Se controló los parámetros de humedad, temperatura y acidez.
7. Para forzar la salida de las lombrices, se dejó de humedecer el producto.
8. Al retirar el abono recuperado se utilizó de forma inmediata.
9. Se recuperaron los lixiviados sacándolos por medio de la válvula para mayor comodidad y se colocaron en recipientes cerrados bajo condiciones ambiente.
10. Parámetros: La humedad, el pH y la temperatura se van a medir una vez al día (a las 12 horas):
 - Humedad: Esta variable midió utilizando un sensor analógico de humedad marca Vaisala, este debe estar dentro del rango de 50 a 80%. Se utilizó un sensor el cual solo indicaba si la muestra se encontraba dentro del rango, por lo que una vez a la semana se utilizó una balanza de humedad de la Universidad del Valle para corroborar lo indicado.
 - pH: Se utilizó tiras de papel para medir el pH, se buscaba que se encontrara en el rango de 6 a 8. Para evitar quemaduras en la piel de las lombrices, se evitó alimentos ácidos. Para corregir el pH se debe añadir 3 cáscaras de huevo trituradas.

- Temperatura interna: Se utilizó un sensor de temperatura RTD marca TME. Para evitar un aumento se controlaba que la cantidad de materia orgánica no superara los 3 kg debidos que el exceso aumenta la lectura.
- Temperatura externa: Se utilizó un termómetro marca Gesa. Esta se tomó una vez al día al momento de tomar la temperatura interna de las cubetas.

P. COLOCACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES A RESIDUOS ORGÁNICOS PARA TRATAMIENTO DE PAPEL HIGIÉNICO

1. Materiales

- 1 atomizador de 1 L
- 15 kg de desechos orgánicos ya en proceso de descomposición
- 3 kg de papel sanitario usado
- Probeta de 250 mL

2. Procedimiento

Antes de colocar las lombrices con los desechos orgánicos se debe rociar con un atomizador la cantidad de mililitros indicados en una probeta con los kilogramos correspondientes de orgánico y papel, dependiendo del cajón donde se trabajará

Cuadro 8. Mililitros de microorganismos colocados dependiendo del cajón y del día de colocación

No. de cubeta	mL de microorganismos						total
	Día 0	Día 3	Día 5	Día 10	Día 15	Día 28	
1	13	13	13	13	13	15	80
2	13	13	13	13	13	15	80
3	20	21	21	21	21	21	125
4	20	21	21	21	21	21	125
5	30	30	30	30	30	30	180
6	30	30	30	30	30	30	180

Colocar 180 ml por 3kg de orgánico es la solución ideal, para comprobar esto se varió la cantidad de microorganismos y cantidad de papel.

Q. TIEMPO DE COMPOSTAJE

Para determinar el tiempo necesario para la obtención de abono en cubetas se determinó con un análisis cualitativo de forma visual la existencia de materia orgánica y restos de papel higiénico usado asegurándonos que todo el material colocado en el sistema haya pasado por el proceso de lombricompost.

R. SIEMBRA DE RÁBANOS

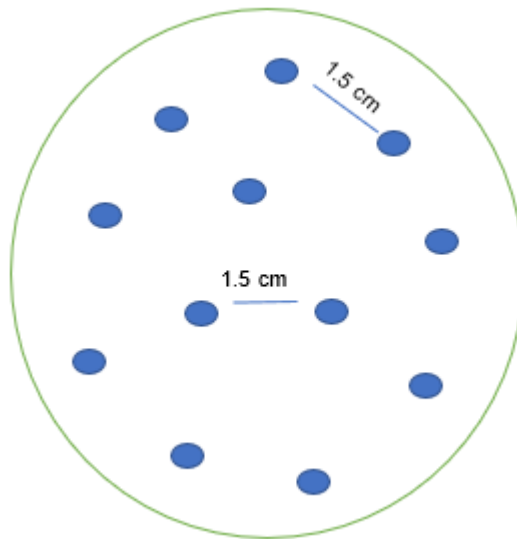
1. Materiales

- Abono y lixiviados obtenido del lombricompost
- Semillas de rábanos
- Tres macetas
- Abono químico comercial
- Agua
- Tierra

2. Procedimiento

Una vez listo el abono, se utilizó para la siembra de rábanos. Se colocó las semillas en las macetas dejando 1.5 cm de distancia entre ellas para un mejor crecimiento. Se colocó una muestra control, una muestra con el abono obtenido y otra utilizando abono comercial. Se realizó una comparación de altura, tamaño y cantidad de hojas de los rábanos para comprobar la diferencia de crecimiento de los cultivos en los tres diferentes sistemas.

Figura 21. Diseño experimental sobre la siembra de rábanos en macetas



S. MANEJO DE TOALLAS SANITARIAS Y TAMPONES

Para el buen manejo de las toallas sanitarias se colocó un recipiente el cual contenía amonio cuaternario. Este fue supervisado una vez a la semana para control de calidad, se analizó olor y estado del recipiente.

El primer paso fue proporcionar capacitaciones al personal acerca de los temas relacionados. Se realizaron encuestas al principio y al finalizar las pruebas para analizar la reacción del personal. Las encuestas deben estar bien estructuradas para poder obtener un buen análisis de resultados (Ver anexos).

T. CONSTRUCCIÓN DE RECIPIENTES PARA TOALLAS SANITARIAS Y TAMPONES

1. Materiales

- Tres planchas de papel corrugado de 4mm de grosor
- 1 cuchilla
- 15 remaches de mariposa
- Pegamento de contacto
- Decoración de flores
- Papel absorbente
- Amonio cuaternario
- 15 bolsas de basura de 30 galones

2. Procedimiento

- Se calcularon las medidas que se desean utilizar y se realizaron los planos en AutoCAD.
- Son necesarias tres planchas de papel corrugado de 4mm.
- Se trazan las piezas colocadas en los planos sobre el papel corrugado.
- Se cortan las piezas utilizando una cuchilla.
- Realizar los dobleces de las piezas en las partes señalizadas dentro de los planos.
- Pegar las piezas con pegamento de contacto y reforzar con un remache de mariposa.
- Se debe armar las piezas y decorar las cajas con flores para una imagen femenina.
- Ya teniendo las cajas tal y como se diseñaron, se debe agregar papel absorbente con amonio cuaternario en pequeñas cantidades para que este pueda desinfectar el recipiente y evitar malos olores.

U. FLUJO DE CAJA PARA LOBRICULTIVO CON PAPEL HIGIÉNICO

Para realizar el flujo de caja del proyecto primero se realizó se realizó el balance de masa de las cubetas cinco y seis, debido que por falta de tiempo solo se pudo obtener el abono listo. Con esto se pudo sacar la cantidad de sacos producidas al mes. Teniendo lo anterior, se realizó una lista sobre los costos fijos y costos variables, teniendo la inversión inicial para la implementación del proyecto en cubetas y pilas. Por último, se sacó la TIR y la VAN (ecuación No. 1 y 2).

V. ENCUESTAS PARA MANEJO DE TOALLAS SANITARIAS

Para la realización de las encuestas se tuvo en cuenta:

- Tener idea clara de lo que se desea medir
- Plantearse el problema
- Establecer el contenido de la encuesta
- Definir la población a la cual va dirigida la encuesta
- Forma de administración y formato
- Formulación de preguntas
- Realizar el doble de preguntas que van a necesitar para asegurar la validez de resultados.
- Redactar las preguntas tomando en cuenta el nivel de estudio y sociocultural para una mayor comprensión.
- Ya teniendo las encuestas contestadas, se deben ordenar dependiendo a nuestras necesidades.
- Evitar sesgos que afecten los resultados finales.

W. ESTADISTICA DESCRIPTIVA

Al tener contestadas las encuestas, se debe realizar la validez de estas. Se puede realizar de dos formas: La primera de forma simple cuando la puntuación directa se obtiene con el sumatorio de respuestas acertadas o de los valores que se hayan dado a cada opción. Se habla de encuestas ponderados cuando el valor de cada opción de respuesta no es la misma o no se otorga el mismo valor a todos los aciertos.

Una vez diseñado el borrador, es decir, una vez delimitada la información, formuladas las preguntas, definido el número de ellas que vamos a incluir en el cuestionario y ordenadas las preguntas, corresponde llevar a cabo la realización de la prueba piloto y la evaluación de las propiedades métricas de la escala.

Se pasa el borrador del cuestionario a 30- 50 personas, siendo aconsejable que se parezcan a los individuos de la muestra. Este pretest permitirá identificar:

- Tipos de preguntas más adecuados.
- Si el enunciado es correcto y comprensible, y si las preguntas tienen la extensión adecuada.
- Si es correcta la categorización de las respuestas.
- Si existen resistencias psicológicas o rechazo hacia algunas preguntas.
- Si el ordenamiento interno es lógico; si la duración está dentro de lo aceptable por los encuestados. En cuanto a los métodos utilizados para la realización del pretest cognitivo, éste se lleva a cabo mediante la realización entrevistas informales, grupos focales de la población diana, encuesta sobre comprensión de las preguntas o aloración del cuestionario por parte de los participantes en el estudio.

Es necesario asegurar que el instrumento de medida presenta las mismas propiedades métricas en las dos culturas (origen y destino), y que, por lo tanto, la interpretación de las puntuaciones es la misma, es decir, que existe una equivalencia métrica.

VII. RESULTADOS

Cuadro 9. Análisis de abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas

Muestra	%				ppm				
	pH	C/N	N	Azufre	Boro	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc
Niveles Adecuados	7.3-9.1	9.5-16.5	0.8-2.8	0.02-0.20	0.5-1.5	8.9-35.9	1470-9123	58-997	23-180
Aeróbico 1	8.85	13.87	0.92	0.19	6.81	38.83	18,650.00	493.00	114.90
Aeróbico 2	9.20	16.36	0.95	0.25	0.00	39.43	17,360.00	631.90	176.80
Aeróbico 3	9.25	14.88	0.91	0.26	9.03	41.25	15,400.00	535.90	156.10
Mezcla	7.3-9.1	9.5-16.5	0.8-2.8	0.02-0.20	0.5-1.5	8.9-35.9	1470-9123	58-997	23-180

Nota: El paquete de análisis de abono orgánico O-1 del Laboratorio de Análisis de suelos, plantas y aguas utiliza como rango aceptado los valores obtenidos del artículo "Fortalezas y debilidades del análisis de suelo como herramienta de diagnóstico en la nutrición de los cultivos" del Centro de Investigaciones Agronómicas dada la Universidad de Costa Rica junto con la Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. La muestra aeróbica 1 y 2, se descartaron por contaminación de huevos de mosca ver figura 28 en Anexos.

Cuadro 10. Análisis de abono orgánico líquido tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas

Muestra	ppm											
	pH	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B	S
Anaeróbico total	7.34	3340	573.2	3386	30.58	18.89	0.2	11.73	3.13	6.76	0.48	229.4

Nota: Para poder realizar este análisis era necesario 1 L de abono orgánico líquido por lo que se mezcló el lixiviado de las tres composteras en condiciones anaeróbicas.

Cuadro 11. Análisis de suelo utilizando diferentes tipos de abono.

Abono utilizado	mg/kg		Cmol (c)/kg			mg/kg					%	
	pH	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre	Cobre	Hierro	Manganeso	Cinc	Boro	Materia Orgánica
Rango	5.5-6.5	30.75	0.18-0.38	5-10	0.82-2.05	10-100	1-10	40-250	10-250	2-25	1-5	3-6
Control	7.55	507.79	8.06	38.71	6.97	376.04	5.91	103.20	35.12	33.67	2.53	10.22
Abono Bocashi en condiciones aeróbicas	6.46	8.87	1.02	9.59	1.75	12.47	6.19	115.07	81.39	55.13	2.04	10.53
Abono Bocashi en condiciones anaeróbicas	7.86	1097.10	8.33	46.53	10.61	211.18	4.65	79.74	3.90	3.35	0.32	8.43
Fertilizante químico	5.44	60.75	2.29	9.57	2.67	380.21	5.86	114.63	3.90	4.64	0.49	7.50

Nota: El paquete de análisis de suelo AS-1 del Laboratorio de Análisis de suelos, plantas y aguas utiliza como rango aceptado los valores obtenidos del artículo "Fortalezas y debilidades del análisis de suelo como herramienta de diagnóstico en la nutrición de los cultivos" del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica junto con la Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.

Cuadro 12. Comparación porcentual de los rábanos de control obtenidos del cultivo de hortalizas realizada en un invernadero

Características físicas	Control		Bocashi en condiciones aeróbicas	Bocashi en condiciones anaeróbicas	Fertilizante Químico
	Promedio	Desviación estándar			
Diámetro(m)	0.0346	0.0054	10%	-4%	89%
Longitud (m)	0.2271	0.0331	9%	0%	30%
Peso (kg)	0.0289	0.0103	66%	8%	104%
Volumen (m ³)	1.44E-05	7.36E-06	39%	15%	96%
Densidad (kg/m ³)	2.60E+03	1873.68	48%	14%	2%

Nota: Los rábanos de control se obtuvieron en un cultivo de tierra negra sin ningún tipo de abono y a las condiciones que se muestran en el cuadro 13 en Anexos.

Cuadro 13. Análisis económico para la producción de abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas

Concepto	Valor
Costo de 2.5 kg de abono terminado	Q 5.84
Precio de 2.5 kg de abono terminado	Q 35.00
Tasa mínima atractiva de retorno (TMAR)	12%
Tasa interna de retorno (TIR)	30%
Valor actual neto	Q 9,951.28

Nota: Se utilizó la cantidad de 2.5 kg de abono terminado como presentación de venta porque es la cantidad necesaria para un metro cuadrado de cultivo.

Cuadro 14. Análisis económico para la producción de abono orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas

Concepto	Valor
Costo de 2.5 kg de abono terminado	Q 7.92
Precio de 2.5 kg de abono terminado	Q 35.00
Tasa mínima atractiva de retorno (TMAR)	12%
Tasa interna de retorno (TIR)	62%
Valor actual neto	Q 30,838.61

Nota: Se utilizó la cantidad de 2.5 kg de abono terminado con una mezcla de 0.9 kg de tierra negra sin abono como presentación de venta porque es la cantidad necesaria para un metro cuadrado de cultivo.

Cuadro 15. Eficiencia del abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas

Número de muestra	Entrada	Salida	Pérdidas	Eficiencia
Aeróbico 1	16.60 kg	12.92 kg	3.76 kg	77.51%
Aeróbico 2	23.76 kg	20.23 kg	3.53 kg	85.14%
Aeróbico 3	24.56 kg	21.29 kg	3.26 kg	86.72%

Nota: La eficiencia se obtuvo en base a la cantidad de material inicial y final, además se calcularon las pérdidas producidas durante el proceso. La muestra aeróbica 1 y 2, se descartaron por contaminación de huevos de mosca ver figura 28 en Anexos por lo que no se pudo realizar el promedio ni desviación estándar de la eficiencia del proceso.

Cuadro 16. Eficiencia del abono orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas

Número de muestra	Entrada	Salida	Pérdidas	Eficiencia
Anaeróbico 1	5.76 kg	2.97 kg	2.78 kg	38.68%
Anaeróbico 2	5.57 kg	3.09 kg	2.67 kg	41.54%
Anaeróbico 3	5.76 kg	4.07 kg	1.68 kg	62.86%
Promedio				47.69 %
Desviación estándar				10.79%

Nota: La eficiencia se obtuvo en base a la cantidad de material inicial y final, además se calcularon las pérdidas producidas durante el proceso.

Cuadro 17. Composición nutricional del abono según su origen con humus producido por residuos de frutas y verduras

Tipo de abono	N	P	K	Dosis
Humus	0.97%	0.91%	0.83%	13.4
Fertilizante químico	13%	6%	40%	1.0

Nota: La dosis es la cantidad necesaria del humus para igualar los nutrientes del fertilizante químico, basada en la cantidad de nitrógeno. Los datos del humus corresponden al análisis de laboratorio (ver Análisis de humus Figura 143, los cuales fueron obtenidos del artículo Fortalezas y debilidades del análisis del suelo como herramienta de diagnóstico en la nutrición de los cultivos).

Cuadro 18. Porcentaje de masa aprovechable para sustrato cortado y no cortado de lombricultivo con residuos de frutas y verduras

Forma de sustrato	Masa inicial de residuos (± 0.001 kg)	Humus producido (± 0.001 kg)	Porcentaje de producto sólido aprovechable (%)
No Cortado	2.240	0.358	15.98
Cortado	1.491	0.218	14.60

Nota: El porcentaje de producto sólido aprovechable es la relación entre el humus producido y la masa inicial de residuos colocados en la compostera. Los datos de la masa inicial y el humus se encuentran en el Cuadro 48. El cálculo se encuentra en la página 139

Cuadro 19. Abono producido en 8 semanas por lombricompostaje de residuos de frutas y verduras

Forma de sustrato	Masa inicial (± 0.001 kg)	Humus producido (± 0.001 kg)	Porcentaje de producto sólido aprovechable (%)
No Cortado	2.240	0.358	15.98
Cortado	1.491	0.218	14.60

Cuadro 20. Altura final del cilantro en recipientes experimentales

Muestra	Tamaño final (± 0.05 cm)	Porcentaje de crecimiento (%)
Cilantro sin abono	1.50	37.5%
Cilantro con abono químico	4.00	100%
Cilantro con abono orgánico	3.00	75%

Nota: El porcentaje de crecimiento se calculó tomando como base el cilantro con abono químico. La altura se midió desde la base del tallo que sobresale de la tierra hasta la parte más alta de este mismo. El cálculo se encuentra detallado en la página 145

Cuadro 21. VAN, TIR y Período de recuperación para 1,200 kg de residuos de frutas y verduras







Descripción	Dato
Tasa interna de retorno (%)	-
Tasa mínima aceptable de rendimiento (%)	15.02%
Valor actual neto (Q)	-Q324,714.79
Período de recuperación de la inversión	-

Nota: Los datos fueron obtenidos a partir del flujo de caja mostrado en la página 153; **Error! Marcador no definido..** Las condiciones bajo las que se realizó se encuentran en anexos, para un período de 5 años. Los detalles de costos se encuentran en la página 129

Figura 22. Composteras verticales para la fabricación de lombricompost utilizando material orgánico y papel sanitario



Cuadro 22. Observaciones visuales de cada compostera para la obtención de lombricompost

Número de compostera	Desechos observados	Lombrices visibles	Foto
1	Se puede observar que hay presencia de papel y materia orgánica. Este cajón era el que más materia orgánica contenía.	No se pueden observar. Estas se encontraban hasta abajo debido que tenían suficiente comida.	
2	Se puede observar que hay presencia de papel y materia orgánica. Este cajón era el que más papel contenía.	No se pueden observar. Estas se encontraban hasta abajo debido que tenían suficiente comida.	
3	Se puede observar que hay presencia de papel y no hay nada de orgánico.	No se pueden observar. Estas se encontraban hasta abajo debido que tenían suficiente comida.	
4	Se puede observar que hay presencia de papel y poca presencia de orgánico	No se pueden observar. Estas se encontraban hasta abajo debido que tenían suficiente comida.	
5	Se puede observar que no hay papel ni materia orgánica por lo que las lombrices se encuentran en la parte superior buscando comida.	Se puede observar que ya hay lombrices en la parte de arriba del abono.	
6	Se puede observar que no hay papel ni materia orgánica visible. El interior, a pocos centímetros, se encontraban las lombrices. Estas estaban subiendo con el objetivo de buscar comida.	No se pueden observar, pero se encontraban a pocos centímetros de profundidad.	

Cuadro 23. Resultados sobre análisis químico sobre el abono obtenido con papel higiénico del cajón 5

Variable a medir	Valor	Se encuentra dentro del rango
pH	9.40	Rechazado
C/N	21.95	Aceptado
N (%)	0.91	Rechazado
P ₂ O ₅ (%)	1.09	Aceptado
K ₂ O (%)	0.73	Aceptado
CaO (%)	2.61	Aceptado
MgO (%)	0.85	Aceptado
Azufre (ppm)	0.24	Aceptado
Boro (ppm)	5.69	Rechazado
Cobre (ppm)	27.96	Aceptado
Hierro (ppm)	12,730.00	Rechazado
Manganeso (ppm)	289.00	Rechazado
Zinc (ppm)	130.30	Aceptado
Carbono Ogánico (%)	20.00	Aceptado
Materia Orgánica (%)	36.00	Aceptado
Ceniza (%)	64.00	Aceptado

*El pH salió rechazado debido que no se tamizó quitando las cáscaras de huevo antes de realizar el análisis

Nota: Los resultados obtenidos fueron comparados con los rangos que se encuentran en el Cuadro 6 Cuadro 6

Cuadro 24. Resultados sobre análisis químico sobre el abono obtenido del cajón 6

Variable a medir	Valor	Se encuentra dentro del rango
pH	9.27	Rechazado
C/N	20.92	Aceptado
N (%)	0.90	Rechazado
P ₂ O ₅ (%)	0.99	Aceptado
K ₂ O (%)	0.66	Aceptado
CaO (%)	2.13	Aceptado
MgO (%)	0.78	Aceptado
Azufre (ppm)	0.23	Aceptado
Boro (ppm)	4.50	Rechazado
Cobre (ppm)	24.00	Aceptado
Hierro (ppm)	12,560.00	Rechazado
Manganeso (ppm)	293.00	Rechazado
Zinc (ppm)	111.90	Aceptado
Carbono Ogánico (%)	18.89	Aceptado
Materia Orgánica (%)	34.00	Aceptado
Ceniza (%)	66.00	Aceptado

*El pH salió rechazado debido que no se tamizó quitando las cáscaras de huevo antes de realizar el análisis

Nota: Los resultados obtenidos fueron comparados con los rangos que se encuentran en el Cuadro 6.

Cuadro 25. Resultados sobre análisis químico sobre lixiviados con papel higiénico obtenido del cajón 5

Valor a medir (mg/L)	Valor	Comparación
Nitrógeno	400	-
Fósforo	38	-
Potasio	278.4	Aceptado
Calcio	343.2	Aceptado
Magnesio	115.64	Aceptado
Cobre	1.26	-
Hierro	10.92	Aceptado
Manganeso	0.34	Aceptado
Zinc	3.67	-
Boro	0.31	-
Azufre	194.2	-
pH	8.19	-

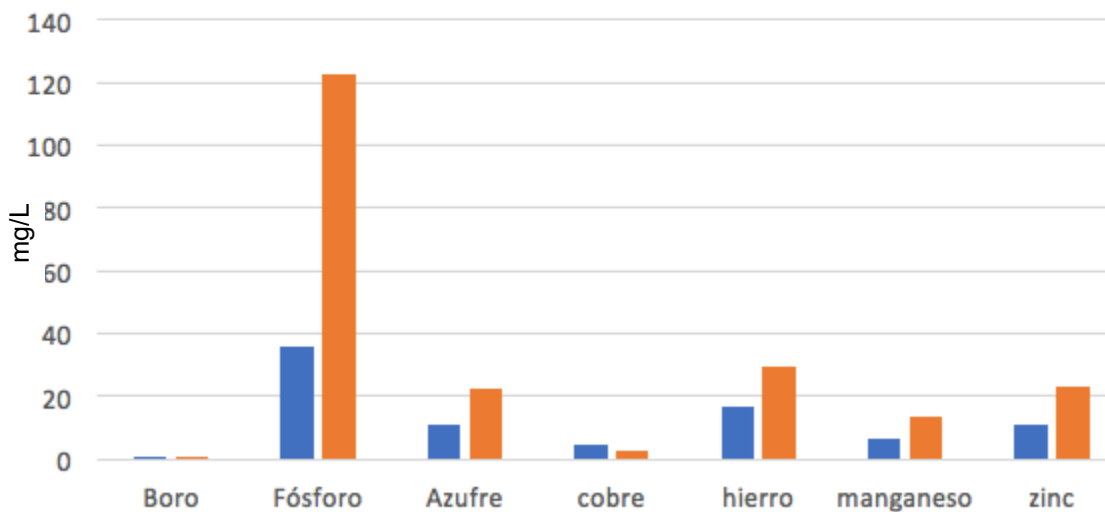
Nota: Los datos obtenidos se compararon con el cuadro 6.

Cuadro 26. Comparación de N, P, K, S y Mg en lombricompost con papel higiénico y abono comercial

Lombricompost		Abono comercial	
Composición química	%	Composición química	%
Nitrógeno	0.91	Nitrógeno	15.0
Fósforo	1.09	Fósforo	15.0
Potasio	0.73	Potasio	15.0
Azufre	0.24	Azufre	6.2
Magnesio	0.89	Magnesio	1.0

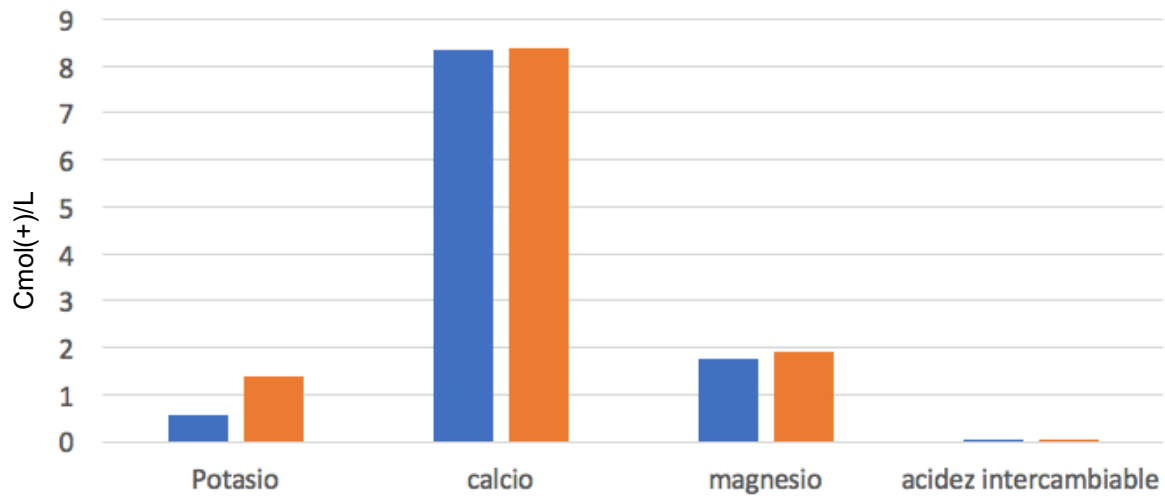
Nota: Los datos utilizados en la comparación del lombricompost, son extraídos de los análisis realizados en Analab (Figura 33). El abono comercial utilizado es marca El mini Bulto y tiene una relación triple 15.

Cuadro 27. Análisis químico antes y después de colocar abono (mg/L)



Nota: Se graficó los resultados de boro, fósforo, azufre, cobre, hierro, manganeso y zinc debido que se presentaron en mg/L. Los análisis fueron realizados en Analab (Figura 128).

Cuadro 28. Análisis químico antes y después de colocar abono (Cmol (+)/L)



Nota: Se graficó los resultados de potasio, calcio, magnesio y la acidez intercambiable debido que se presentaron en Cmol(+)/L. Los análisis fueron realizados en Analab (Figura 128).

Cuadro 29. Flujo de caja al realizar lombricompost con papel higiénico utilizando cubetas

Detalle	Año										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos	Q0.00	Q1,344.00	Q1,344.00	Q1,344.00	Q1,344.00	Q1,344.00	Q1,344.00	Q1,344.00	Q1,344.00	Q1,344.00	Q1,344.00
Costos de producción		-Q495.18	-Q495.18	-Q495.18	-Q495.18	-Q495.18	-Q495.18	-Q495.18	-Q495.18	-Q495.18	-Q495.18
Mantenimiento		-Q100.00	-Q100.00	-Q100.00	-Q100.00	-Q100.00	-Q100.00	-Q100.00	-Q100.00	-Q100.00	-Q100.00
Depreciación		-Q1,551.45	-Q1,551.45	-Q1,551.45	-Q1,551.45	-Q1,551.45	-Q1,551.45	-Q1,551.45	-Q1,551.45	-Q1,551.45	-Q1,551.45
Utilidad antes de impuestos		-Q802.63	-Q802.63	-Q802.63	-Q802.63	-Q802.63	-Q802.63	-Q802.63	-Q802.63	-Q802.63	-Q802.63
Impuestos (28%)		-Q224.74	-Q224.74	-Q224.74	-Q224.74	-Q224.74	-Q224.74	-Q224.74	-Q224.74	-Q224.74	-Q224.74
Inversión inicial	-Q7,757.24										
Instalación eléctrica											
Depreciación		Q1,551.45	Q1,551.45	Q1,551.45	Q1,551.45	Q1,551.45	Q1,551.45	Q1,551.45	Q1,551.45	Q1,551.45	Q1,551.45
Utilidad neta	-Q7,757.24	Q524.08	Q524.08	Q524.08	Q524.08	Q524.08	Q524.08	Q524.08	Q524.08	Q524.08	Q524.08
Valor presente		Q476.44	Q433.13	Q393.75	Q357.96	Q325.41	Q295.83	Q268.94	Q244.49	Q222.26	Q202.06
Acumulado		-Q7,280.80	-Q6,847.68	-Q6,453.93	-Q6,095.97	-Q5,770.56	-Q5,474.73	-Q5,205.79	-Q4,961.30	-Q4,739.04	-Q4,536.98
VAN											
TIR											

Nota: El costo de implementación de lombricompost en cubetas es de Q4,536.98

Cuadro 30. Flujo de caja al realizar lombricompost utilizando pila

Detalle	Año										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		Q1,344.00	Q1,344.00	Q1,344.00	Q1,344.00	Q1,344.00	Q1,344.00	Q1,344.00	Q1,344.00	Q1,344.00	Q1,344.00
Costos de producción		-Q412.81	-Q412.81	-Q412.81	-Q412.81	-Q412.81	-Q412.81	-Q412.81	-Q412.81	-Q412.81	-Q412.81
Mantenimiento		-Q100.00	-Q100.00	-Q100.00	-Q100.00	-Q100.00	-Q100.00	-Q100.00	-Q100.00	-Q100.00	-Q100.00
Depreciación		-Q3,352.90	-Q3,352.90	-Q3,352.90	-Q3,352.90	-Q3,352.90	-Q3,352.90	-Q3,352.90	-Q3,352.90	-Q3,352.90	-Q3,352.90
Utilidad antes de impuestos		-Q2,521.71	-Q2,521.71	-Q2,521.71	-Q2,521.71	-Q2,521.71	-Q2,521.71	-Q2,521.71	-Q2,521.71	-Q2,521.71	-Q2,521.71
Impuestos (28%)		-Q706.08	-Q706.08	-Q706.08	-Q706.08	-Q706.08	-Q706.08	-Q706.08	-Q706.08	-Q706.08	-Q706.08
Inversión inicial	-Q16,764.51										
Instalación eléctrica											
Depreciación		Q3,352.90	Q3,352.90	Q3,352.90	Q3,352.90	Q3,352.90	Q3,352.90	Q3,352.90	Q3,352.90	Q3,352.90	Q3,352.90
Utilidad neta	-Q16,764.51	Q125.11	Q125.11	Q125.11	Q125.11	Q125.11	Q125.11	Q125.11	Q125.11	Q125.11	Q125.11
Valor presente		Q113.73	Q103.39	Q94.00	Q85.45	Q77.68	Q70.62	Q64.20	Q58.36	Q53.06	Q48.23
Acumulado	-Q16,650.78	-Q16,547.38	-Q16,453.39	-Q16,367.94	-Q16,290.25	-Q16,219.63	-Q16,155.43	-Q16,097.07	-Q16,044.01	-Q15,995.78	
VAN											-Q15,995.78
TIR											

Nota: El costo de implementación de lombricompost en pilas es de Q15,995.78

Cuadro 31. Punto de equilibrio al producir lombricompost en cubetas y en pilas

Método	Punto de equilibrio (Unidades)
Cubetas	36
Pilas	28

Cuadro 32. Media logarítmica y desviación estándar de la muestra control

	Altura (cm±0.1)	Cantidad de hojas
Media	10.2	2.4
Desviación estándar	0.13	0.7

Cuadro 33. Media logarítmica y desviación estándar de la siembra con lombricompost

	Altura (cm±0.1)	Cantidad de hojas
Media	11.8	4.3
Desviación estándar	0.17	0.7

Cuadro 34. Media logarítmica y desviación estándar de la siembra con abono químico

	Altura (cm±0.1)	Cantidad de hojas
Media	12.0	3.8
Desviación estándar	0.22	0.93

Cuadro 35. Comparación de cantidad de tallos por muestra

Muestra	No. de tallos
Control	16
Lombricompost	20
Abono químico	25

Cuadro 36. Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para la altura de los tallos de rábano

	Variable 1	Variable 2
Media	11.75	12.065
Varianza	0.027894737	0.043447368
Observaciones	20	20
Coefficiente de correlación de Pearson	-0.00755916	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	19	
Estadístico t	-5.254803734	
P(T<=t) una cola	2.25715E-05	
Valor crítico de t (una cola)	1.729132812	
P(T<=t) dos colas	4.51429E-05	
Valor crítico de t (dos colas)	2.093024054	

Nota: Al comparar el valor de t con el t crítico se puede decir que no se rechaza la hipótesis planteada

Cuadro 37. Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para la cantidad de hojas por tallo de rábano

	Variable 1	Variable 2
Media	3.85	4.3
Varianza	0.871052632	0.536842105
Observaciones	20	20
Coefficiente de correlación de Pearson	-0.00769664	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	19	
Estadístico t	-1.68975962	
P(T<=t) una cola	0.053708017	
Valor crítico de t (una cola)	1.729132812	
P(T<=t) dos colas	0.107416035	
Valor crítico de t (dos colas)	2.093024054	

Nota: Al comparar el valor de t con el t crítico se puede decir que no se rechaza la hipótesis planteada

RESULTADOS SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DE RECIPIENTES ESPECIALES PARA TOALLAS SANITARIAS Y TAMPONES

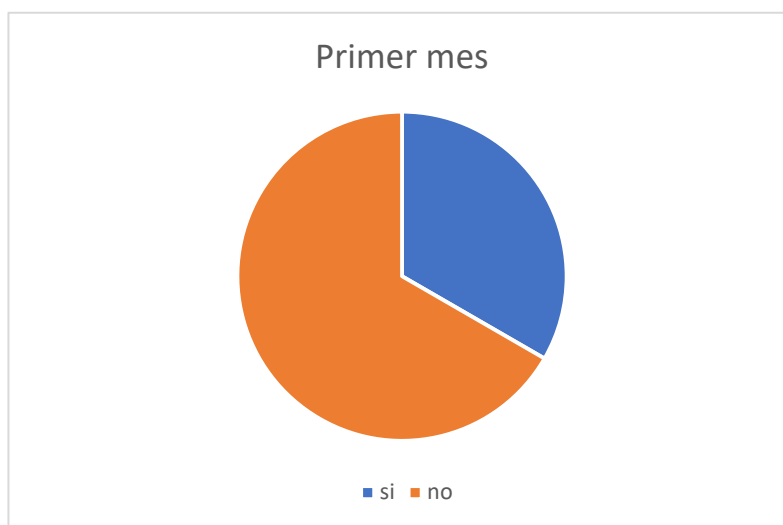
A. RESULTADOS SOBRE ENCUESTAS PASADAS DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN

1. ¿Sintió algún mal olor? Si su respuesta fue sí, ¿fue en el primer o segundo mes?

Todas contestaron: Si, se sintió mal olor en la primera prueba que se realizó en el primer mes del proyecto.

2. ¿Observó que, al depositar las toallas sanitarias en los recipientes, llamaran la atención de insectos?

Figura 23. Gráfica sobre primer mes sobre colocación de recipiente especial



Nota: El color anaranjado en la Figura 12, representa el 60% de la población la cual contesto la encuesta.

Figura 24. Gráfica sobre primer mes sobre colocación de recipiente especial



Nota: El color anaranjado en la Figura 12, representa el 100% de la población la cual contesto la encuesta.

3. ¿Qué mejoras le haría al diseño de las cajas?

Diseñarlas de un material más resistente para que dure muchos años más, como por ejemplo plástico o aluminio.

4. ¿Cree que fue de utilidad separar las toallas sanitarias y tampones del papel sanitario?

Todas contestaron que si fue de utilidad debido que ellas desconocían de las consecuencias que conlleva dejar que las toallas sanitarias y los tampones de desintegren por cuenta propia.

5. ¿Recomendaría la implementación de recipientes especiales para la recolección de toallas sanitarias y tampones en otras instituciones?

Todas opinaron que es muy importante la implementación de estos recipientes en los baños femeninos debido que las toallas tardan alrededor de 100 años en desintegrarse solas entonces ayudar al medio ambiente es una tarea importante que todos debemos de hacer.

Figura 25. Análisis económico al colocar los recipientes especiales para las toallas sanitarias

		TMAR 10%								
		Año								
Detalle	0	1	2	3	4	5				
Ingresos	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00			
Costos de producción		-Q1,195.00	-Q1,195.00	-Q1,195.00	-Q1,195.00	-Q1,195.00	-Q1,195.00			
Mantenimiento		Q0.00	Q0.00	-Q140.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00			
Depreciación		Q33.00	Q33.00	Q33.00	Q33.00	Q33.00	Q33.00			
Utilidad antes de impuestos		-Q1,162.00	-Q1,162.00	-Q1,302.00	-Q1,162.00	-Q1,162.00	-Q1,162.00			
Impuestos (28%)		-Q325.36	-Q325.36	-Q364.56	-Q364.56	-Q364.56	-Q364.56			
Inversión inicial	Q165.00									
Instalación eléctrica										
Depreciación		-Q33.00	-Q33.00	-Q33.00	-Q33.00	-Q33.00	-Q33.00			
Utilidad neta	Q165.00	-Q1,520.36	-Q1,520.36	-Q1,699.56	-Q1,559.56	-Q1,559.56	-Q1,559.56			
Valor presente		-Q1,382.15	-Q1,256.50	-Q1,276.90	-Q1,065.20	-Q968.36	-Q968.36			
Acumulado		-Q1,217.15	-Q2,473.64	-Q3,750.55	-Q4,815.75	-Q5,784.11	-Q5,784.11			
VAN		-Q5,784.11								
TIR										

Nota: El costo de implementación de los recipientes de toallas sanitarias y tampones es de Q5,784.11

VIII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como parte del tratamiento de residuos de alimentos surge la producción de abono orgánico por lombricultivo y por una técnica japonesa llamada bocashi. Se realizaron dos tipos de abono orgánico tipo Bocashi, uno en condiciones aeróbicas y el otro en condiciones anaeróbicas. En condiciones aeróbicas el producto final se pudo obtener en tres semanas, la materia orgánica estaba totalmente descompuesta en este punto (ver Figura 77 en Anexos). Sin embargo, en condiciones anaeróbicas después de dos semanas la materia orgánica todavía era visible y se formó una capa de moho (ver Figura 73 en Anexos). Lo cual, según la teoría, es que la fermentación transcurrió de manera correcta.

El abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas se trabajó en triplicado. Todas las muestras fueron analizadas de manera fisicoquímica, en donde se mostraba la cantidad en partes por millón de los macronutrientes y micronutrientes más importantes que deben contener estos abonos orgánicos para las plantas. Como se puede observar en el Cuadro 9, la muestra que mejor cumplía los rangos establecidos por el artículo “Fortalezas y debilidades del análisis de suelo como herramienta de diagnóstico en la nutrición de los cultivos” del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica junto con la Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo, fue el aeróbico 3. El aeróbico 1 y 2, se descartaron porque hubo contaminación por huevos de mosca (ver Figura 79 en Anexos), se cree que la gallinaza utilizada ya estaba contaminada, sin embargo, debido a que el abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas si tiene contacto con el ambiente es probable que una mosca haya puesto huevos y esto haya contaminado el resto del abono. Debido a la contaminación que hubo solamente se utilizó el aeróbico 3 para el cultivo de rábanos.

La muestra 3 tuvo un porcentaje de 0.91 para el nitrógeno, este valor se encuentra dentro del rango de 0.8 – 2.8 % establecido por el artículo antes mencionado por lo que se pudo observar un 66% más de peso en los rábanos producidos con este abono en comparación al cultivo de control, que tenía tierra negra sin abono. Esto sucedió ya que el nitrógeno es un elemento esencial en el crecimiento de la planta. Este nutriente es constituyente en los aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos y enzimas. En el caso del hierro se obtuvo un valor de 15,400 ppm es decir más alto de lo permitido, lo cual indica que mejorará la actividad de desarrollo radical y se llevará a cabo de manera correcta el proceso de fotosíntesis clorofílica. Como se puede observar en la Figura 85 en Anexos, las hojas de los rábanos tienen un color verde encendido esto quiere decir que este nutriente se fijó al suelo de lo contrario las hojas tendrían un color amarillento. Por otro lado, el boro tiene un valor mayor a 2 ppm por lo que podría ser dañina para las plantas.

El zinc tuvo un valor de 156.10 ppm y también se encuentra dentro del rango establecido por el artículo y se ve reflejado en un 9% más largo de los rábanos de control, ya que el zinc es el responsable del crecimiento de la planta si existiera una deficiencia se manifestaría en la reducción de tamaño en las hojas.

La relación carbono-nitrógeno fue de 14.88, este valor está dentro del rango aceptado obtenido de la Escuela de capacitación agraria y agroalimentaria de 9.5 – 16.5, esto indica una ruptura de tejidos rápida por lo que la actividad microbiana es estimulada y hay nutrientes suficientes tanto para los vegetales como para los microorganismos.

Al momento de querer realizar los análisis fisicoquímicos para el abono orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas no cumplía con las características para procesarlo porque como ya se mencionó la materia orgánica no se había descompuesto del todo, esto se pudo observar claramente cuando se sacó el producto terminado de la cubeta porque todavía estaban pedazos enteros de los residuos orgánicos. Por esta razón se decidió realizar un análisis de suelo después de tres semanas de la aplicación realizada en el cultivo de rábanos. Este análisis fisicoquímico de suelo también se realizó para el cultivo de control, el cultivo con el abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas y el cultivo con el fertilizante químico de marca comercial 12-8-16 para obtener parámetros que fueran comparables entre las diferentes condiciones trabajadas.

El paquete de análisis fisicoquímicos se obtuvo del Laboratorio de Análisis de suelos, plantas y aguas, pero en este trabajo solamente se discutirán los que se encuentran en el Cuadro 10, ya que son algunos macronutrientes y micronutrientes más relevantes para el ciclo de vida del cultivo. El abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas fueron satisfactorios según el artículo “Fortalezas y debilidades del análisis de suelo como herramienta de diagnóstico en la nutrición de los cultivos” en los 12 criterios escogidos. El fósforo tuvo un valor de 1097.10 ppm que está por encima del rango 30 – 75 establecido por el artículo antes mencionado, este es un nutriente esencial para el crecimiento de la planta porque almacena y transforma energía. Además, forma parte de ácidos nucleicos, fosfolípidos y ADP. Una deficiencia de este se observaría en la aparición de manchas púrpuras en las plantas. El potasio también sobrepasó el rango 0.18 – 0.38 establecido con un valor de 8.33 ppm. El potasio ayuda a la rigidez y estructura de la planta también promueve el desarrollo de las proteínas y le otorga a las hojas de la planta mayor grosor en la capa epitelial para poder tener una mayor protección contra los insectos y enfermedades que pudieran adquirir.

El suelo analizado utilizando abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas obtuvo un valor de 46.53 ppm de calcio, este también sobrepasaba los rangos establecidos. El calcio es uno de los nutrientes secundarios que es el responsable de mantener unidas las paredes celulares de las plantas. Este nutriente se vio evidenciado en que los tejidos nuevos tales como: las puntas de las raíces, las hojas jóvenes y las puntas de los brotes no presentaron un crecimiento distorsionado debido a la formación incorrecta de la pared celular. El calcio también se utiliza para activar ciertas enzimas y enviar señales que coordinan ciertas actividades celulares.

En el caso del suelo utilizando abono orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas, cumplieron 9 de los 12 parámetros escogidos. Uno de los rangos establecidos que no cumplió fue el del fósforo y como se mencionó anteriormente es uno de los macronutrientes más importantes por la función que tiene en el crecimiento de la planta. Sin embargo, el potasio tuvo un valor de 1.02 ppm, es decir, sobrepasó el rango 0.18 – 0.38 establecido esto contribuyó a tener una mayor protección contra los insectos y enfermedades que pudieran adquirir.

A pesar de que el fertilizante químico sí ayudó a que el crecimiento del rábano fuera mayor un 104% más en peso en comparación con el cultivo de control, las propiedades del suelo no son en muchos aspectos mejores que las alcanzadas con el abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas (ver cuadro 3). Lo que realmente se busca al momento de usar un abono, son los resultados a largo plazo ahorrando la mayor cantidad de dinero. El fertilizante químico se tuvo que aplicar tres veces durante la cosecha mientras que los abonos orgánicos tipo Bocashi en las dos condiciones sólo se requirió de una aplicación.

Después de realizar un flujo de caja del abono orgánico tipo Bocashi en ambas condiciones, los dos tienen altas tasas internas de retorno. En condiciones aeróbicas del 62% y en condiciones anaeróbicas del 30%. Como se puede observar en el cuadro 16 y 17, los costos asociados en las dos condiciones no son altos pero el problema con el abono orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas es que no tiene la capacidad de manejar grandes volúmenes de residuos orgánicos, debido al sistema de cubetas propuesto. En comparación con el abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas que tiene capacidad de producir hasta 25 kg de abono terminado por cada compostera. Sin embargo, en el abono orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas se pueden introducir todo tipo de comida procesada como carne y lácteos en cambio en el abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas solamente residuos orgánicos que no sea restos de comida procesada.

El problema con el sistema con presencia de aire es que existen riesgos de contaminación como sucedió en el aeróbico 1 y 2, a pesar de que lo que se descartó no sobrepasó el 9% del total igual representan pérdidas como productor. Pero en general, solamente el 33% de las pruebas realizadas fue exitosa sin ningún tipo de contaminante. Sin embargo, la eficiencia del proceso fue de 86.72%, mayor al 47.69% de eficiencia del abono orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas. El sistema sin presencia de aire es más fácil de manejar ya que se deja reposar durante dos semanas, luego se mezcla con un tercio de tierra negra y se puede colocar directamente en el suelo que se quiere mejorar. No tiene malos olores debido a los Microorganismos Eficientes (EM-1) utilizados y es un sistema que cualquier hogar puede utilizar.

Los invernaderos son útiles para acelerar el proceso de crecimiento de ciertas plantas y también para disminuir la cantidad de variables que puedan afectar a las mismas. Se decidió colocar este sistema ya que el tablón se encontraba en un clima frío y con mucha lluvia. Se colocó cuatro cajones de 0.80 m x 1.28 m y se trasplantó desde un semillero 25 rábanos (ver Figura 82 en Anexos). En dos cajones se aplicó abono orgánico tipo Bocashi en las dos condiciones, otro cajón con fertilizante químico y el otro cajón era para control, así que solo contenía tierra negra sin abono.

Los rábanos permanecieron aproximadamente un mes adentro del invernadero y luego se cosecharon. Como se puede ver en las Figura 84, 85, 86 y 87 se obtuvieron diferente cantidad de rábanos en cada cajón y diferentes características. En el cultivo de control se tuvo un total de 16 rábanos de los 25 que se trasplantaron, pero se descartaron dos porque sus proporciones estaban 30% abajo del promedio.

Utilizando fertilizante químico, se obtuvieron 16 rábanos de un peso 104%, una longitud 30% y un diámetro 89% mayor que el cultivo de control. Utilizando el abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas, solo se obtuvieron 12 rábanos de los cuales dos fueron descartados por porque sus proporciones estaban 35% abajo del promedio. Se obtuvo rábanos con un 10% arriba del promedio del diámetro que en el cultivo de control y 66% arriba del promedio en peso que el cultivo de control. Tenían una estructura más homogénea y las hojas estaban más verdes que en el cajón con abono orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas.

En el abono orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas tuvo 16 rábanos y dos fueron descartados porque sus proporciones estaban 35% abajo del promedio. El tamaño de la cosecha no estuvo uniforme y algunos a pesar del tamaño no eran macizos.

Por otro lado, se evaluó el tratamiento de residuos de alimentos a través de lombricultivos. La lombricultura, definida por el Instituto Hondureño del Café, es toda operación relacionada con la cría y manejo de lombrices, dando como producto humus como fertilizante para el uso agrícola.

Para la producción de humus de lombriz usando residuos de frutas y verduras, objetivo principal del proyecto, se recolectaron los residuos por dos semanas para posteriormente someterlos a un proceso de compostaje y finalmente, colocarlo con las lombrices de especie *Eisenia Foetida*.

Para acelerar el proceso de descomposición en la primera fase, se utilizaron microorganismos eficientes activados en dosis recomendada por el proveedor (Ver Cuadro 68). Durante esta fase fue importante colocar materia seca como lo es el aserrín, para evitar altas humedades y con eso la generación de malos olores. Mariano Bueno, en su libro *Manual de Lombricompost*, menciona que el aserrín debe ser el 25% en masa de los residuos.

Al colocar los residuos descompuestos con las lombrices, se midieron la temperatura y humedad relativa superficiales (Ver Figura 26 a Figura 29). Al cabo de una semana, una de las composteras con sustrato cortado se infectó con larvas de mosca, por lo que se tuvo que desechar. Es probable que, al tener sustrato cortado, el agua con la que se regaba se haya compactado y esto haya aumentado la humedad interna de la torta de residuos. Para evitar este tipo de contaminación, se recomienda medir la temperatura y humedad interna de la cama de residuos orgánicos.

Después de 18 días, las lombrices comenzaron a salir de la cama de residuos, señal que dentro ya no había alimento para ellas, por lo que se procedió a retirar el humus y lixiviados que habían producido.

En total, el abono producido fue 0.576 ± 0.001 kg y 1.174 ± 0.001 kg de lixiviados, a partir de 4.47 ± 0.001 kg. En la teoría, se menciona que por cada 2 kg de humus se produce 1 kg de lixiviado. Durante el proceso de lombricompostaje, se regaron las composteras, lo que aumento la cantidad de lixiviados que debían salir. Debido a esto, se realizó un balance de agua tomando un promedio de humedad dentro de la compostera y la tasa de evaporación en Guatemala para las fechas en las que se realizaron las pruebas.

En la sección de Anexos se muestra el balance detallado y los cálculos correspondientes. Del balance se obtuvo que la cantidad de agua en exceso agregada fue 0.962 kg. Es decir, que los lixiviados debieron ser 0.207kg. Para encontrar, se recomienda realizar pruebas variando la cantidad de agua de riego y midiendo la humedad interna de la cama de residuos.

Según el humus producido y el dato corregido de lixiviados, se determinó que del producto obtenido 70% pertenece al humus y 30% a los lixiviados. Estos datos se utilizaron posteriormente para calcular la viabilidad económica a una mayor escala.

Del abono producido, se analizaron los macronutrientes (nitrógeno, potasio y fósforo). Para esto se mezcló el que se produjo con ambas formas de sustrato, por cuestiones de masa que se debía entregar al laboratorio que realizó dicho análisis. Dichas cantidades fueron 0.97%, 0.91% y 0.83%, respectivamente.

En el Cuadro 46, se muestra el aporte teórico de la materia orgánica utilizada. Como se puede observar, los residuos como tal no aportan nitrógeno. El nitrógeno obtenido fue aportado por el aserrín, por lo que no se obtuvo un porcentaje alto dado que el contenido de este no lo es (0.42%, según la Base de Datos Española).

Los macronutrientes que se obtienen dependen de la materia orgánica que se haya utilizado, por lo que no se comparó con macronutrientes de otro compostaje. Se comparó con un abono químico para determinar la dosis que se debería colocar de humus para igualar la cantidad de macronutrientes. Se tomó como base el nitrógeno, obteniendo que se requiere 13.4 veces más de humus para igualar el porcentaje de nitrógeno.

Sin embargo, es importante mencionar que el abono orgánico tiene una mejor aceptación en la tierra por poseer macronutrientes que no fueron sintetizados. Además, no solo nutre a la planta sino también mejora las propiedades del suelo mientras que el abono químico con el tiempo puede llegar a cambiar el pH de este alterando los ecosistemas microbianos.

Adicional a esto, se le midió la humedad con una balanza de humedad, obteniendo como resultado 20.13%. según la teoría, se recomienda que se encuentre entre 20 – 30%, por lo que el humus cumple con ese parámetro. Se comparó con humus de lombriz comercial, este tuvo humedad de 30.18%. Este parámetro es importante porque determina la madurez del abono, si es mayor al rango mencionado es probable que no esté maduro por lo que no está listo para ser utilizado.

Asimismo, se evaluó la posibilidad de disminuir el área superficial de los residuos para determinar cómo influye en el rendimiento de la producción. La masa aprovechable del abono con sustrato no cortado fue de 15.98%, mientras que para el sustrato cortado fue de 14.60%. Cabe mencionar que para obtener la masa aprovechable del abono con sustrato cortado no se tomó en cuenta la masa que se perdió por las larvas.

Los bajos porcentajes de masa aprovechable, una medida de medir la eficiencia del proceso, se debieron al método de separación. La mayor parte de humus permaneció en la parte inferior con las lombrices. Se recomienda utilizar otro método, como colocar un pedazo de cedazo de fibra de vidrio sobre la cama de humus y sobre esta una nueva cama de residuos orgánicos descompuestos, de forma que las lombrices se moverán al lugar en donde tengan más nutrientes.

Un factor importante fue tamizar el abono. Se observó que la mayoría de los residuos eran de aserrín, por lo que se recomienda tamizar el aserrín antes de colocarlo en la compostera. Aproximadamente, el 17.21% del abono se perdió por el proceso de tamizado.

Para comparar el rendimiento del humus con un abono químico, se realizaron pruebas en recipientes experimentales con semillas de cilantro. Los resultados se pueden observar en el Cuadro 20. En cada recipiente se colocaron en total 5 semillas, de las cuales en la que tenía únicamente tierra germinó el 80%, en la que tenía fertilizante químico germinó el 60% y en la que tenía humus de lombriz germinaron el 100% de las semillas.

Durante las tres semanas en las que se realizó la prueba, se observó cualitativamente que la que tenía humus de lombriz conservaba mejor la humedad que las otras dos por lo que no era necesaria tanta cantidad de agua en el momento del riego.

La altura mayor se obtuvo con el fertilizante químico; sin embargo, la diferencia con la que tenía humus de lombriz no es significativa. Se tomó como base el recipiente con fertilizante químico. En comparación con este, se obtuvo que la muestra con humus creció 75% y la muestra control creció 37.5%. Aunque la muestra con humus creció menos, vale la pena resaltar que el 100% de las semillas germinaron.

La prueba del humus de lombriz en los recipientes no se pudo realizar en triplicado pues la cantidad producida no fue mucha. La mayor parte de la producción fue utilizada para el análisis nutricional. En base a esto, se recomienda recolectar una mayor parte de residuos de frutas y verduras.

Para el flujo de caja se usaron datos teóricos por las bajas eficiencias obtenidas en el proceso y el agua en exceso que se tenía. Se asumió que el 40% de los residuos orgánicos totales eran compostables, según datos de la Municipalidad de Mungia. Las presentaciones de venta se tomaron como bolsas de 1.81 kg (4 lb) para el humus y 1000 m³ (1L) para los lixiviados, con un precio de Q21.00 y Q55.00, correspondientemente.

El flujo de caja se hizo para la recolección de 1,200 kg anuales, de los cuales 480kg son compostables. Para esta producción de humus no se utilizaron composteras sino camas con los residuos con dimensiones de 2 m de ancho, 1 m de largo y 0.2 m de altura. De la producción anual, el 73% es humus y el 27% corresponde a los lixiviados.

Cada cama tiene capacidad para 0.33 m³ de residuos, equivalentes a 120 kg de residuos aprovechables de frutas y verduras. El peso equivalente al volumen se obtuvo con la densidad de la cama de residuos (ver cálculos en la sección de Anexos), siendo esta 299.20±0.54 kg/m³. En la sección de anexos se encuentra la distribución de las camas.

Como se muestra en el croquis en la Figura 47, habrá un total de 1 cama para compostaje y 1 cama para lombricompostaje. Asimismo, se muestran los canales en donde se recibirán los lixiviados. Un factor importante es que por los bajos ingresos se decidió alquilar un terreno, asumiendo que contaba con la infraestructura necesaria.

En el croquis, se puede observar que hay un total de 4 camas, tomando en cuenta el aumento de residuos se colocaron dos camas extra. Cada cama tendrá la función de compostar y lombricompostar. Cada proceso dura tres semanas, mientras uno se descompone el otro será colocado para el proceso final con las lombrices. Cabe mencionar que el método de extracción que se utilizó será en el que las lombrices se separan de la cama cuando ya no tienen alimento para trasladarse a la cama siguiente en donde ya se encuentra el material descompuesto.

Para la materia prima se obtuvo la relación, según datos del proveedor, para tratar 1kg de residuo orgánico. Los detalles se encuentran en el Cuadro 68. Cabe mencionar que esto forma parte de los costos variables pues depende de la cantidad de residuos orgánicos. Asimismo, se tomó en cuenta el costo variable por empaque, también detallado en el Cuadro 74. Los costos para cada uno son Q0.80 por kg de residuo, Q0.10 por bolsa de humus y Q0.50 por botella de lixiviado. Estos últimos dos datos se obtuvieron por investigación de campo.

Los detalles del flujo de caja se pueden encontrar en la sección de anexos. La forma en la que se realizó el análisis fue calcular la tasa interna de retorno (TIR) y compararla con la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR). Esta última se calculó en la sección de anexos obteniendo como resultado 15.68%, tomando en cuenta el riesgo de la inversión y la tasa de inflación.

Como se muestra en el Cuadro 21, el valor neto actual es negativo lo que nos indica que se pierde dinero durante el proyecto. Por los flujos anuales negativos obtenidos, no se pudo calcular la tasa interna mínima de retorno. Asimismo, se muestra en el flujo de caja que la inversión no se recupera. El costo más alto que se tiene es el de mano de obra. Tomando en cuenta que se tiene únicamente un trabajador.

Bajo las condiciones en las que se realizó el flujo de caja (Cuadro 53), el proyecto no es económicamente viable. Se recomienda evaluar el proyecto para una generación mayor de residuos.

La principal dificultad del proyecto es el proceso de producción dado que se tiene que realizar una selección previa de los residuos que pueden o no ser compostados, el resto tendría como disposición final el vertedero y las grandes pérdidas que existen en el proceso, como se muestra en la sección de anexos en los balances de masa. Además, el precio del fertilizante líquido en el mercado es alrededor de Q35.99 por litro, mientras que el precio por litro de lixiviado es de Q5.00.

Como se muestra en el balance de masa para el tratamiento de 1,200 kg anuales, existen pérdidas en la mayor parte del proceso. En la primera parte, la selección de los residuos, como se mencionó anteriormente, únicamente el 40% es aprovechable para lombricompostaje. Esto debido a que productos como carne, pan o carbohidratos pueden dañar a la lombriz. En el siguiente paso, el lombricompostaje, la teoría muestra que únicamente el 60% es procesado para humus que puede utilizarse y durante el tamizado del humus se produce 17% de pérdida. Alrededor de todo el proceso, las pérdidas son de 920 kg para el sólido y 5kg para el líquido, tomando en cuenta que se pierde el 3% durante la filtración.

Según las pérdidas obtenidas, se recomienda en la primera parte del proceso realizar pruebas para determinar la composición de los residuos y determinar la cantidad que puede aprovecharse. Para la última fase, el tamizado, como se mencionó anteriormente, se recomienda tamizar el aserrín y evaluar la viabilidad económica para una producción más alta de residuos de frutas y verduras.

Finalmente, se evaluó la posibilidad de reutilizar desechos orgánicos generados por la preparación de alimentos con papel higiénico de sanitarios y manejo de productos de protección higiénica femenina obteniendo un subproducto aprovechable y sanitizado.

Se evaluó la situación actual de la empresa considerando todos los desechos orgánicos que se producen al día para tener un estimado. Durante un mes se cuantificaron los residuos, orgánicos, papel y toallas sanitarias con tampones, debido que no se disponían datos anteriores sobre el tema, se contaba con una persona encargada la cual separaba orgánico, papel sanitario y otros (aluminio, vidrio, plástico, entre otros). Se obtuvo 218.24 kg de materia orgánica, 20.45 kg de papel al mes (Cuadro 57) y 29.44 kg de toallas sanitarias y tampones; cabe mencionar que dicha cuantificación se realizó en el área administrativa (5 mujeres) y gerencia (3 mujeres y tres hombres).

La separación de papel fue fácil debido que mientras se realizó la cuantificación de residuos estaba en proceso la implementación de recipientes especiales para las toallas sanitarias y tampones, obteniendo solo el papel sanitario en los basureros de los baños. La persona encargada de la recolección fue capacitada previamente explicándole las diferencias sobre cada residuo.

Todos los residuos orgánicos se utilizaron para hacer un compostaje previo al lombricompost debido que, para obtener los resultados esperados, todo este material debe pasar por una putrefacción previa para ayudar a las lombrices en la descomposición y obtención del abono.

Se descompusieron todos los residuos durante un mes aproximadamente; debido que esto se realiza para que los microorganismos lo descompongan, todo el material orgánico provoca efectos no agradables para las personas, un claro ejemplo es el mal olor. Para prevenir esto se colocó una cantidad de aserrín mezclado con lo orgánico para que este absorbiera todos los líquidos que se forman en el proceso de descomposición evitando el mal olor y así la presencia de insectos.

El aserrín se usa para agregar carbono a la mezcla y equilibrar el nitrógeno de los materiales de compostaje, así mismo, sirve para retener la humedad en el sistema manteniendo el porcentaje deseado para la producción de abono. Teniendo todo el material descompuesto, se trituró utilizando una trituradora casera con el propósito de acelerar el proceso de obtención de abono (Figura 107).

Ya teniendo todo el material listo, se construyó el sistema para la obtención del lombricompost colocando primero 10 cm de sustrato con lombrices y 3 kg de materia orgánica en cada cubeta (ver metodología).

Se contaba con seis sistemas, los cuales se midió la temperatura, pH y humedad de forma constante (ver Cuadro 57 a Cuadro 63). Se fue variando la cantidad de papel sanitario en cada cubeta y el volumen de microorganismos eficientes en cada cubeta con el objetivo de ir variándolas y saber cuál de todas se obtiene el mejor resultado (ver Metodología).

Al momento de medir la humedad se tuvo dificultad debido que no se contaba con sensores que dieran un dato exacto, este tipo de sensor solo podía indicar si se encontraba en el rango que se le indicaba, por ende, se utilizó una balanza de humedad la cual indica el valor exacto de la muestra. Por razones de tiempo se analizó una muestra por semana corroborando que este se encontrara en el rango aceptable.

Se fue monitoreando durante un mes y medio el proceso de cada cubeta tomando en cuenta todas las variables que se pudieran medir para comprobar cuál de todas las variaciones propuestas era la mejor para la obtención de abono.

Para controlar el pH del lombricompost se utilizó cáscaras de huevo, esto ayudo bastante debido que existe contacto con desechos ácidos como lo es el limón, la piña, entre otros.

Al paso del mes y medio se obtuvo que los mejores resultados fueron la cubeta 5 con 0.25 kg de papel usado con 2.75 kg de residuos orgánicos y la cubeta 6 con 0.75 kg de papel higiénico usado con 2.25 kg de materia orgánica, ambas con 180 mL de microorganismos eficientes. Por temas de tiempo solo se mandó a analizar estas dos muestras debido que las otras cubetas no se había culminado el proceso.

Se mandó a analizar dichas muestras y los resultados obtenidos fueron comparados con rangos aceptables del lombricompost (Cuadro No. 1-3). En el apartado de resultados (Cuadro No. 5 y 6) se puede analizar que la mayoría de las variables se encuentran dentro del rango aceptado a excepción del pH, nitrógeno, Boro, hierro y manganeso. Al comparar ambos resultados se puede ver que el abono obtenido de la cubeta 5 se encuentra con valores más cercanos a los rangos establecidos siguiendo los parámetros de Anacafe.

La razón por la cual se obtuvo un pH básico fue debido que en la separación antes de mandar a analizar las muestras, no se logró separar del todo las cáscaras de huevo trituradas alterando el pH debido que este es básico.

Al medir el pH del abono obtenido utilizando para los análisis, debido al alto resultado, se midió tomando una muestra del abono, sin residuos, para ver si existía alguna diferencia y se obtuvo un pH de 7.5 (Figura 111), con esto se puede comprobar que la presencia de las cascaras de huevo pudo alterar el pH en los análisis.

El nitrógeno fue otro valor que no se encuentra en el rango aceptable, este regula la capacidad que tienen las plantas para la creación de proteínas, aminoácidos, enzimas, clorofila, alcaloides y ácidos nucleídos. Siendo el principal responsable del crecimiento del tallo, hojas, ramas y vigor en general. Por esta razón es importante estar dentro del rango establecido para este componente.

Al comparar el porcentaje de nitrógeno en las muestras se puede observar que se encuentra abajo del rango aceptable, esto afecta directamente a la relación C/N donde se puede ver que se vio afectado encontrándose abajo del rango deseado. Esto causa temperaturas un poco altas y genera malos olores. Debido a la adición de aserrín no hubo existencia de malos olores. La temperatura se controló con la adición de agua para disminuirla y mantenerla estable dentro del sistema.

La poca presencia de boro, hierro y manganeso se debe a los alimentos que se utilizaron para el proyecto, estos no eran muy ricos en estos minerales. Para poder aumentar su presencia se debe tener esto en cuenta y seleccionar los alimentos que ayuden a obtener un abono dentro de los parámetros establecidos.

Al ver los análisis de la compostera seis, se puede observar que los resultados se encuentran más desviados de los parámetros establecidos según Anacafé. Esto pudo ocurrir por la cantidad de papel que se les proporcionó a las lombrices debido que fue la única variación que existió entre los dos sistemas.

En el apartado de anexos se puede ver los balances de masa de la cubeta cinco y seis (Figura 43 y Figura 44). De la cubeta cinco se obtuvo 2 kg de abono y 3.2 litros de lixiviados, a diferencia de la cubeta seis donde se obtuvo 1.6 kg de abono y 2.8 litros de lixiviados.

Se obtuvo más kilogramos de abono en la compostera cinco debido a dos factores; la primera por su baja proporción de papel y segundo por el poco tiempo en el proceso de transformación de materia orgánica a abono.

Para la obtención de lixiviados, se utilizó la compostera cinco como referencia para hacer análisis fisicoquímicos. Estos esencialmente deben contener buenos niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y tener el pH requerido para no dañar al cultivo.

Al realizar el riego el primer día de producción de lombricompost, no se obtuvo lixiviado, sino hasta el segundo día; pero no era la cantidad necesaria para realizar un muestreo. Este lixiviado inicialmente presentaba un ligero color café ámbar, el cual iba aumentando su intensidad conforme pasaban los días.

Como se puede verificar en el Cuadro 23, el lixiviado de la quinta semana ya posee una cantidad considerable de los principales macroelementos necesarios para el buen desarrollo de una planta. Presentándose en mayor cantidad el nitrógeno, seguido por el calcio, potasio, azufre, magnesio y así sucesivamente. El pH obtenido es ligeramente alcalino, pero no es lo suficientemente dañino para el cultivo.

Se comparó los resultados con el Cuadro 24 y se obtuvo que el potasio, calcio, magnesio, hierro y manganeso se encuentran dentro de los rangos aceptados para la utilización de lixiviados en los diferentes cultivos.

El lixiviado recuperado no presentaba muchos sólidos suspendidos debido que se le colocó una malla muy fina con el objetivo que estos no lograran traspasarla y contaminaran la muestra. Esto sirvió para retener tanto los sólidos, el abono producido y las lombrices.

En las Cuadro 27 y Cuadro 28 se puede observar la comparación de los resultados más relevantes al momento de seleccionar un abono, estos fueron comparados con los valores del abono químico utilizado en la siembra de rábano. Se puede observar que el porcentaje de nitrógeno se encuentra abajo del porcentaje dado por el abono orgánico. Esto ocurrido, como anteriormente se mencionó, debido a la falta de alimentos que proporcionen ese nutriente. El potasio, fósforo, azufre y magnesio se encuentran en rangos aceptables para la utilización del abono.

Para comprobar los beneficios del abono obtenido, se realizó tres parcelas. La primera era de control, esta no se le colocó ningún tipo de ayuda para su crecimiento; la segunda se colocó abono y lixiviados de la cubeta cinco y la tercera se le colocó abono químico.

Se investigó en fuentes bibliográficas sobre tipos de siembra con resultados rápidos, obteniendo que los rábanos son una opción factible por su rápido crecimiento. Durante un mes se estuvo observando el crecimiento de cada parcela, se comparó el crecimiento de las hojas y la altura de los tallos con forme transcurría el tiempo.

Al finalizar la última semana del crecimiento, se tomó los datos de altura, cantidad de tallos y cantidad de hojas en los tres sistemas. Con dichos datos se realizó un análisis estadístico, donde los resultados fueron: una media de 11.8 ± 0.1 cm de altura con una desviación de 0.17 para lombricompost y una media de 12.0 ± 0.1 cm de altura con una desviación estándar de 3.8.

Al comparar las muestras de cultivo de rábano, no se encontraron diferencias significativas en la cantidad de hojas utilizando diferentes abonos. Al comparar las muestras de cultivo se observó una diferencia significativa en el crecimiento del tallo al utilizar abono químico que lombricompost.

Con esto se puede concluir que al colocar abono y lixiviados ayudó a los rábanos en su crecimiento al comparar las primeras dos parcelas. La parcela tres tuvo un mayor crecimiento debido que el abono químico ya trae todos los nutrientes necesarios para un mayor crecimiento en poco tiempo. Se recomienda cultivar pilones en vez de utilizar semillas para obtener resultados más rápido y lograr observar mejor el crecimiento de los rábanos.

Se mandó a analizar la tierra que se utilizó para las parcelas con el propósito de ver la disponibilidad de las propiedades para el crecimiento de la planta. Es de suma importancia realizar este estudio debido que en base a esto se agrega una cierta cantidad de abono y ayuda a disminuir las pérdidas del mismo.

Al ver los primeros análisis realizados, se puede observar que posee un déficit de boro, hierro, manganeso y materia orgánica. Al mezclar cierta cantidad de abono con la tierra utilizada, se mandó a analizar para ayudar a aumentar los niveles que en el anterior examen resultaron fuera del rango requerido. Al observar la comparación de ambos resultados (figura 27 y 28) se puede ver que ayudó a aumentar la presencia de hierro, manganeso y materia orgánica; el único que no logró el objetivo fue el boro, esto ocurrió debido que, en los análisis de abono anteriormente mencionados, se pudo observar que no contiene altos niveles de este mineral.

Para obtener mejores resultados, se decidió realizar un flujo de caja con el objetivo de ver la viabilidad de este para saber si es factible la implementación. Se evaluaron los indicadores de ambas opciones; la tasa interna de retorno -TIR- y valor neto actual -VAN-. Debido a que los flujos de efectivo fueron negativos en todo el flujo de caja en ambas opciones, no fue posible la determinación del valor de la tasa interna de retorno. El valor neto actual al trabajar con cubetas es de -Q 4,536.98 y al utilizar pilas es de -Q 15,995.78. Estos valores indican que dicho proyecto no es rentable al trabajar con pequeñas cantidades de materia orgánica.

Se encontró el punto de equilibrio de ambas opciones con el propósito de saber la cantidad de unidades necesarias para suplir los gastos del proyecto. Para la fabricación de lombricompost utilizando cubetas fue de 36 unidades y para realizarlo en pilas fue de 28 unidades. Con esto se puede concluir que realizar lombricompost en pilas es más factible debido que su punto de equilibrio está 8 unidades por debajo al comparar las dos opciones.

Para poder completar los objetivos planteados se realizó una separación de las toallas sanitarias y tampones, esto se realizó antes de cuantificar los desechos orgánicos y papel sanitario. Se colocaron recipientes especiales en los baños femeninos en las áreas de gerencia y administración.

Para realizar esta parte, primero se debía saber los conocimientos sobre el tema y si las mujeres que pertenecían a las áreas indicadas sabían los beneficios y las consecuencias sobre el buen desecho de estos residuos. Para contemplar la situación, fue necesario pasar una encuesta donde sería de ayuda para saber los temas necesarios que de debían reforzar mediante capacitaciones (Anexos).

Al ver los resultados se puede observar que saben lo general sobre toallas sanitarias; temas como formas de desecho y normas de higiene, temas como tiempo de degradación o consecuencias que las toallas sanitarias y tampones provocan al medio ambiente no los contemplaban.

Al analizar lo antes mencionado, se decidió capacitar al personal tocando todos los temas necesarios desde cómo se desecha adecuadamente una toalla sanitaria hasta los beneficios y consecuencias tiene al separar dichos residuos del papel sanitario.

Terminada la capacitación, comenzó el proceso de colocación de las cajas especiales para toallas sanitarias y tampones. Antes de diseñar las cajas, se evaluó el tamaño disponible en cada baño y se diseñó tomando en cuenta el tamaño de las toallas, diseño femenino y espacio disponible.

Se colocó un recipiente en cada baño y en cada área hay un baño; en gerencia lo utilizan tres mujeres y en el área de administración cuatro, haciendo un total de siete personas. Cada compartimiento tenía amonio cuaternario y toallas absorbentes. Se realizaron dos corridas, la primera fue del 10 al 30 de julio; en dicha corrida se utilizaron 10 mL de amonio cuaternario en cada recipiente evaluando el tiempo de duración sin tener presencia de roedores y mal olor. Se evaluó desde el día uno hasta el día veinte, en el último día hubo presencia de mal olor y comenzó a llamar a moscas.

Para ver qué factor fue el causante del mal olor se realizó una segunda prueba, esta con las variaciones que en un recipiente se colocó 5 mL de amonio cuaternario y el segundo se colocó 15 mL. El recipiente con 5 mL comenzó a tener mal olor a los diez días y el de 15 mL a los veinticinco días.

Al finalizar las pruebas se volvió a pasar una encuesta al personal femenino de la empresa para saber cuáles fueron las reacciones en ellas y las propuestas de mejora. Se puede observar en el apartado de resultados que todas concluyeron que colocar este tipo de recipientes en los baños femeninos ayuda a separar los recipientes del papel sanitario y colocar amonio cuaternario adentro de ellos ayuda a evitar la propagación de mal olor y la presencia de bichos no deseados.

El diseño propuesto fue aceptado y en las encuestas mencionaron que la decoración y las dimensiones fueron las adecuadas dándole una imagen agradable y sofisticada, ayudando a la decoración del baño. Se recomienda hacer los cambios de amonio cuaternario con las toallas absorbentes cada veinte días, debido que se encontró que al utilizar 15 mL de amonio cuaternario comienza a perder propiedades a los veinticinco días.

Se realizó el análisis económico sobre la colocación de los recipientes especiales para las toallas sanitarias y tampones. Se evaluaron los indicadores de ambas opciones; la tasa interna de retorno -TIR- y valor neto actual -VAN-, debido a que los flujos de efectivo fueron negativos en todo el flujo de caja en ambas opciones, no fue posible la determinación del valor de la tasa interna de retorno. El valor neto actual es de -Q 5,784.11. Este valor indica que dicho proyecto no es rentable debido que no se genera venta del producto recolectado.

IX. CONCLUSIONES

A. PRODUCCIÓN DE ABONO TIPO BOCASHI EN CONDICIONES ANAERÓBICAS Y AERÓBICAS

1. Se determinó que solamente el 33% de las pruebas realizadas con el abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas fue exitoso debido a la contaminación de huevos de mosca que sucedió.
2. El abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas tiene una eficiencia de 86.72% y el abono orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas de 47.69%.
3. En el abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas se determinó que el hierro se obtuvo un valor de 15,400 ppm más alto del rango 1470 – 9123 ppm establecido por el artículo “Fortalezas y debilidades del análisis de suelo como herramienta de diagnóstico en la nutrición de los cultivos” del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica junto con la Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. Lo cual indica que mejoró la actividad de desarrollo radical y se llevó a cabo de manera correcta el proceso de fotosíntesis clorofílica es por eso por lo que las hojas tenían un color verde encendido.
4. En el abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas tuvo un porcentaje de 0.91 para el nitrógeno, este valor se encuentra dentro del rango de 0.8 – 2.8 % establecido por el artículo antes mencionado por lo que se pudo observar un 66% más de peso en los rábanos producidos con este abono en comparación al cultivo de control, que tenía tierra negra sin abono.
5. Utilizando abono orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas el potasio tuvo un valor de 1.02 ppm es decir, sobrepaso el rango 0.18 – 0.38 establecido esto contribuyo a tener una mayor protección contra los insectos y enfermedades que pudieran adquirir.
6. Se determinó que el 64% de los 25 rábanos trasplantados se pegaron en el cultivo de control, pero se descartaron dos porque el tamaño era 30% abajo del promedio. Mientras que utilizando fertilizante químico 12-8-16, se pegaron 25 rábanos trasplantados.
7. El 48% de los 25 rábanos trasplantados se pegaron en el cultivo utilizando el abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas, pero se descartaron dos porque el tamaño era 35% abajo del promedio. Mientras que el 64% de los 25 rábanos trasplantados se pegaron en el cultivo utilizando el abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas, pero se descartaron dos porque el tamaño era 35% abajo del promedio.
8. Los rábanos utilizando fertilizante químico tuvieron un 104% más en peso en comparación con el cultivo de control, sin embargo, las propiedades del suelo no son en muchos aspectos mejores que las alcanzadas con el abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas.

9. Los abonos orgánicos tipo Bocashi en ambas condiciones, tienen altas tasas internas de retorno. En condiciones aeróbicas del 62% y en condiciones anaeróbicas del 30%, se determinó también que el costo de 2.5 kg de abono orgánico terminado tipo Bocashi en condiciones aeróbicas fue de Q 5.84 y en condiciones anaeróbicas de Q7.92.
10. El fertilizante químico es 3.8 veces más caro que el abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas y 5.2 veces más caro que el abono orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas.

B. PRODUCCIÓN DE HUMUS CON LOMBRIZ COQUETA ROJA UTILIZANDO RESIDUOS DE FRUTAS Y VERDURAS

1. El humus total obtenido fue de 0.358 ± 0.001 kg y 1.174 ± 0.001 kg de lixiviados, a partir de 5 kg de residuos aprovechables. El agua de riego en exceso fue de 0.962 kg, tomando en cuenta la humedad de la compostera, humedad del humus y el agua evaporada.
2. El abono obtenido por sustrato no cortado fue de 0.358 ± 0.001 kg y 0.925 ± 0.001 kg de lixiviado. Mientras que en el sustrato cortado fue de 0.218 ± 0.001 kg de humus y 0.282 ± 0.001 kg de lixiviado.
3. Durante el lombricompostaje, una de las composteras con sustrato cortado se contaminó con larvas por altas humedades en la cama de residuos orgánicos por lo que se tuvo que desechar.
4. La masa aprovechable con sustrato no cortado fue de 15.98%, mientras que para el sustrato cortado fue de 14.60%. Estos porcentajes fueron bajos, ya que el porcentaje teórico es de 60%, y esto se debe al método de separación utilizado.
5. El porcentaje de macronutrientes nitrógeno, potasio y fósforo fue de 0.97%, 0.91% y 0.83%, respectivamente. La dosis para igualar los macronutrientes de un abono químico es 13.4 veces, en base al nitrógeno.
6. La altura final del cilantro con fertilizante químico fue 4.00cm, después de tres semanas, germinando el 60% de las semillas y la diferencia de crecimiento con respecto al humus de lombriz fue del 25%.
7. La tasa interna de retorno del proyecto no pudo ser calculada por los flujos negativos anuales, el valor neto actual tiene un valor negativo indicando que durante el proyecto se pierde dinero. Además, no se recupera la inversión, comprobando que el proyecto no es económicamente viable para una producción de 1,200 kg anuales.

C.MANEJO DE DESECHOS SANITARIOS

1. La mejor composición de residuos para las diferentes composteras utilizadas en la obtención de abono fue: 0.25 kg de papel higiénico usado, 2.75 kg de materia orgánica y 180 mL de microorganismos eficientes debido al pasar dos meses ya no existía presencia de estos residuos.
2. Al realizar los balances de masa se obtuvo 1.8 kg de abono promedio de las composteras con respecto a 3 kg de residuos colocados.
3. Al comparar las características químicas del abono obtenido con la teoría, se comprueba que el producto cumple con los parámetros establecidos: 21.95% para C/N, pH de 9.40 y 0.91% en N para la cubeta cinco y 20.92% para C/N, pH de 9.27 y 0.90% para N para la cubeta seis en el crecimiento de rábano.
4. Al comparar las muestras de cultivo de rábano, no se encontró diferencias significativas en la cantidad de hojas utilizando diferentes abonos, y en las muestras de cultivo se observó una diferencia significativa en el crecimiento del tallo al utilizar abono químico que lombricompost.
5. El costo de implementación de lombricompost fue de Q4,536.98 con un punto de equilibrio de 36 sacos de abono de 50 kg y al utilizar pilas es de Q 15,995.78 con un punto de equilibrio de 28 sacos.
6. Se capacito a ocho personas en la utilización de recipientes con amonio cuaternario para el correcto manejo de toallas sanitarias y tampones.
7. Se observó que el recipiente con 15 mL de amonio cuaternario al 70%, elimino los olores por 25 días.

X. RECOMENDACIONES

A. PRODUCCIÓN DE ABONO TIPO BOCASHI EN CONDICIONES ANAERÓBICAS Y AERÓBICAS

1. Se recomienda realizar los análisis fisicoquímicos para el abono orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas, después de transcurridos los 14 días se debe colocar una maceta con tierra formando capas para que la materia orgánica se termine de descomponer para que tenga las características permitidas por el Laboratorio de análisis de suelos, plantas y aguas.
2. Se recomienda colocar cebos para moscas alrededor del abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas para prevenir la contaminación con huevos de mosca.
3. Se recomienda sembrar más de rábanos de los requeridos ya que el 100% no se pegan al momento de trasplantar.
4. Se recomienda realizar un estudio que cuantifique la producción de metano en el abono tipo Bocashi en las dos condiciones ya que el metano contamina 24 veces más que el dióxido de carbono.

B. PRODUCCIÓN DE HUMUS CON LOMBRIZ COQUETA ROJA UTILIZANDO RESIDUOS DE FRUTAS Y VERDURAS

1. Colocar en las composteras únicamente cáscaras o residuos de frutas o verduras, a excepción de cebolla, tomate y cítricos. Para estos residuos se recomienda un proceso de compostaje.
2. Para evitar la contaminación de las composteras por larvas es necesario medir la temperatura y humedad relativa en la parte interior de la cama de residuos, también tapar completamente en la parte superior.
3. Tamizar el aserrín antes de colocarlo en la compostera para evitar residuos que forman parte de la masa no aprovechable.
4. Cambiar el método de extracción colocando una nueva cama de sustrato para que las lombrices se muevan hacia esa parte.
5. Realizar en triplicado la prueba de abono en cilantro para obtener datos estadísticos confiables y repetibles.
6. Realizar un análisis de tierra o análisis foliar para las pruebas de abono en cilantro con el fin de determinar la cantidad de nutrientes absorbidos.
7. Realizar pruebas para determinar la composición de los residuos y determinar la cantidad que puede aprovecharse para lombricompost.

C.MANEJO DE DESECHOS SANITARIOS

1. Realizar las propuestas de manejo de residuos con más tiempo para realizar la propuesta de lombricompost en cubetas en triplicado.
2. Tratar de evitar la colocación de frutas cítricas, cebolla, ajo, derivados de lácteos, heces de perros y gatos, carne, césped fresco, papel con tinta, entre otros y proporcionar restos de frutas dulces debido que les resultan apetecibles.
3. Mezclar todo el material que se encuentra dentro de las cubetas para controlar la temperatura y la humedad.
4. Si hay presencia de gusanos blancos, colocar un pedazo de pan húmedo para que estos se dirijan a él y al estar acumulados se logren sacar del sistema.
5. Al momento de llevar las muestras del abono obtenido para analizar, se debe tamizar utilizando un mesh 14 y colocarlo bajo el sol para matar cualquier insecto o huevo que pueda interferir en los análisis.
6. Realizar lombricompost en pila se llega más rápido al punto de equilibrio a comparación al trabajar en cubetas.
7. Realizar la comparación de abonos en diferentes cultivos para ver si al cultivar una semilla diferente se obtienen resultados aceptables.
8. Llevar una bitácora de forma diaria sobre el estado de los recipientes para tener un mejor control sobre la presencia de roedores y mal olor.
9. Tener un grupo de personas mayor para poder validar los resultados en las encuestas.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- Anacafe. (s.f.). *Fertilización*. Obtenido de [https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Caficultura_Fertilizacion#Funciones_del_Azufre%C2%A0_\(S\)](https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Caficultura_Fertilizacion#Funciones_del_Azufre%C2%A0_(S))
- Asociación de Agrónomos Indígenas de Cañar (AAIC). 2004. *Diseño, construcción y mantenimiento de invernaderos de madera*. Editorial Abya Yala. Ecuador. Pp. 59
- Bueno, M. (2015). *Elabora tu propio lombricompost*. Primera edición. Editorial La fertilidad de la tierra. Navarra, España. 114 pp.
- Casseres, E. 1980. *Producción de Hortalizas*. Editorial IICA. San José, Costa Rica. Pp. 387
- EMPROTEC. (s.f.). *Guía de la tecnología de EM*. Costa Rica: EM Producción y Tecnología S.A.
- EMRO. 2016. *Guía de la Tecnología de EM*. Obtenido de: <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Boletin%20Tecnologia%20%20EM.pdf> Con acceso [01.10.18]
- ESAN. (24 de enero de 2017). *Fundamentos financieros: el valor actual neto (VAN)*. Obtenido de <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2017/01/fundamentos-financieros-el-valor-actual-neto-van/>
- Escuela de capacitación agraria y agroalimentaria. (s.f.). *El compostaje de subproductos agrícolas*. España : Sociedad española de agricultura ecológica.
- Footer, A. 2014. *Bocashi Composting scraps to soil in weeks*. New Society Publishers. Canadá. Pp. 156
- Fundación Carlos Slim. (s.f.). *Formulación y evaluación de proyectos*. Obtenido de <https://cdn3.capacitateparaeempleo.org/assets/4eqz4uo.pdf>
- Gamarra, C., Díaz, M., & Ortiz, M. (2018). *Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas*. México: Revista Mexicana de Ciencias Forestales.
- Marnetti, J. (2012). *Implementación de la producción de lombricultura*. Argentina: Universidad Nacional de Cuyo.
- Martín, Sabrina. 2014. *Toallas sanitarias reusables, la "solución socialista" del régimen venezolano*
- Mete, M. (Marzo de 2014). Valor actual neto y tasa de retorno: su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión. *Scielo*, 7, 67-85.
- Naciones Unidas. (s.f.). *Naciones Unidas*. Obtenido de Reportes Nacionales: Guatemala: http://www.un.org/esa/dsd/dsd_aofw_ni/ni_pdfs/NationalReports/guatemala/waste.pdf
- Neri, M. 2002. *Cultivar el huerto de forma sana y natural*. Susaeta Ediciones, S.A. Madrid. Pp.127
- Pineda, J. 2006. *Lombricultura*. Instituto Hondureño del Café. Tegucigalpa, Honduras.

- ProHygiene. 2017. *Gestión de Residuos Higiénicos Femeninos*. Obtenido de: <http://prohygiene.com/guatemala/nuestros-sistemas/> con acceso [16.01.18]
- Sáez, A., & Urdaneta, J. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, 121-135.
- Sagastume, E. (2015). Evaluación de lombricompost de coqueta roja en la producción de chile dulce. *Tesis de grado* (pág. 56). Universidad Rafael Landívar.
- SEPIASA. 2010. *USAFEM*. Obtenido de: http://sepiasa.com/usafem_2010.pdf. con acceso [16.01.18]
- Sostenibilidad para todos. (s.f.). *¿Qué es la economía circular?* Recuperado el 2018, de <https://www.sostenibilidad.com/desarrollo-sostenible/en-que-consiste-la-economia-circular/>
- Universidad de las Fuerzas Armadas. (s.f.). *Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas*. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3835/3/T-ESPE-IASA%20I-004548.pdf>
- Universidad Verde de Verano. (Mayo de 2016). *La economía circular*. Obtenido de <http://universidadverde.es/wp-content/uploads/2016/08/Que-es-la-economia-circular.pdf>
- Uribe, J. P. (2004). *Plan de negocios para la creación de una planta de procesamiento de residuos sólidos urbanos para la producción de compost*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Zacarías, O. (2002). *Efecto de la lombriz coqueta roja sobre la calidad nutricional de seis sustratos*. Universidad Rafael Landívar.

XII. ANEXOS

A. DATOS ORIGINALES

1. Producción de abono tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas y aeróbicas

Cuadro 38. Recolección de residuos orgánicos para abono Bocashi en condiciones anaeróbicas

Día	Tipo de residuo	Peso (kg)
1	Zanahoria	1.40
	Piña	1.70
2	Rosa de Jamaica cocida	1.10
	Comida procesada	1.80
	Lechuga	1.00
3	Melón	1.00
	Sandía	1.80
	Mezcla de zuchinni, chile pimiento y cebolla	0.70
	Troncos de lechuga y repollo	0.70
Total		11.20

**El experimento se realizó en triplicado, se dividió la masa total entre 3. Cada cubeta contenía 3.73 kg de residuos orgánicos.

Cuadro 39. Recolección de residuos orgánicos para abono Bocashi en condiciones aeróbicas

Día	Tipo de residuo	Peso (kg)
4	Lechuga	0.60
	Zanahoria	0.50
	Chile pimiento y pepino	0.20
	Troncos de lechuga y repollo	0.30
5	Lechuga	1.10
	Piña	1.30
	Mezcla de pepino, apio y cilantro	0.35
	Troncos de lechuga y repollo	0.40
	Zanahoria	1.50
	Papaya	1.10
Melón	0.60	
Rosa de Jamaica cocida	0.70	
Total		8.65

**El experimento se realizó en triplicado. La primera pila contenía 1.60 kg y las otras dos contenían 3.53 kg cada una.

Cuadro 40. Condiciones afuera y adentro del invernadero

	Afuera		Adentro	
	Temperatura	Humedad	Temperatura	Humedad
1	24.2	72	22.8	85
	23.5	85	21.9	93
2	20.7	84	20.7	86
3	22.7	87	22.7	92
4	21.7	70	21.1	74
5	21.0	87	20.9	84
6	21.0	80	20.9	83
7	21.2	81	21.4	86
8	22.0	81	21.9	84
9	21.3	82	21.4	83
10	22.0	80	21.8	81
11	23.1	91	22.3	92
12	21.7	72	21.7	73
13	21.7	70	21.9	72
14	22.0	80	21.9	79
15	21.8	82	21.5	80
16	21.3	74	21.5	74
17	21.6	82	21.6	81
18	21.1	80	21.0	81
19	21.1	74	20.9	74
20	20.7	80	20.6	76
21	20.6	81	20.6	80
22	20.7	87	20.6	81
23	21.7	69	21.5	77
24	21.1	74	21.1	70
25	21.8	72	21.8	70
26	21.7	81	21.6	80

Cuadro 41. Resultados de los rábanos obtenidos del tablón de rábanos realizada en un invernadero

Abono Utilizado	Diámetro (m)	Longitud (m)	Peso (kg)	Volumen (m ³)	Densidad (kg/m ³)	Pantone 201
Control	0.0369	0.290	0.039	1.5E-05	2.60E+03	Cumple
	0.0400	0.300	0.044	2.0 E-05	2.20 E+03	Cumple
	0.0335	0.240	0.030	2.0 E-05	1.50 E+03	Cumple
	0.0357	0.260	0.031	1.5 E-05	2.07 E+03	Cumple
	0.0418	0.345	0.046	3.0 E-05	1.53 E+03	Cumple
	0.0328	0.330	0.029	1.9 E-05	1.53 E+03	Menos intenso
	0.0234	0.275	0.017	5.0 E-06	3.40 E+03	Cumple
	0.0353	0.240	0.029	2.0 E-05	1.45 E+03	Cumple
	0.0423	0.250	0.035	1.5 E-05	2.33 E+03	Cumple
	0.0310	0.295	0.031	5.0 E-06	6.20 E+03	Menos intenso
	0.0296	0.270	0.011	1.0 E-05	1.10 E+03	Cumple
	0.0357	0.240	0.022	3.0 E-06	7.33 E+03	Cumple
	0.0388	0.255	0.027	1.5 E-05	1.80 E+03	Cumple
	0.0276	0.290	0.014	1.0 E-05	1.40 E+03	Menos intenso
	Bocashi en condiciones aeróbicas	0.0356	0.340	0.049	3.0E-06	1.63 E+04
0.0464		0.360	0.080	4.0 E-05	2.00 E+03	Cumple
0.0452		0.430	0.101	4.5 E-05	2.24 E+03	Cumple
0.0515		0.340	0.077	4.0 E-05	1.93 E+03	Cumple
0.0335		0.220	0.029	1.5 E-05	1.93 E+03	Cumple
0.0489		0.300	0.060	2.5 E-05	2.40 E+03	Cumple
0.0327		0.240	0.023	1.0 E-05	2.30 E+03	Menos intenso
0.0329		0.250	0.024	1.0 E-05	2.40 E+03	Menos intenso
0.0317		0.280	0.023	1.0 E-05	2.30 E+03	Cumple
0.0232		0.250	0.014	3.0 E-06	4.67 E+03	Menos intenso
0.0425	0.320	0.053	3.5 E-05	1.51 E+03	Menos intenso	

Abono Utilizado	Diámetro (m)	Longitud (m)	Peso (kg)	Volumen (m ³)	Densidad (kg/m ³)	Pantone 201
Bocashi en condiciones anaeróbicas	0.0418	0.270	0.047	3.0 E-05	1.57 E+03	Cumple
	0.0389	0.290	0.040	3.0 E-05	1.33 E+03	Menos intenso
	0.0357	0.290	0.045	3.0 E-05	1.50 E+03	Cumple
	0.0322	0.290	0.036	2.0 E-05	1.80 E+03	Menos intenso
	0.0326	0.260	0.037	2.0 E-05	1.85 E+03	Cumple
	0.0399	0.300	0.026	3.0 E-06	8.67 E+03	Cumple
	0.0314	0.280	0.023	1.0 E-05	2.30 E+03	Cumple
	0.0363	0.250	0.033	2.0 E-05	1.65 E+03	Cumple
	0.0357	0.290	0.036	2.0 E-05	1.80 E+03	Cumple
	0.0252	0.300	0.019	3.0 E-06	6.33 E+03	Menos intenso
	0.0266	0.230	0.011	3.0 E-06	3.67 E+03	Cumple
	0.0298	0.300	0.022	5.0 E-06	4.40 E+03	Cumple
	0.0178	0.210	0.010	3.0 E-06	3.33 E+03	Menos intenso
	Fertilizante Químico	0.314	0.320	0.026	3.0 E-06	8.67 E+03
0.400		0.420	0.069	3.0 E-05	2.30 E+03	Cumple
0.253		0.360	0.058	3.5 E-05	1.66 E+03	Menos Intenso
0.418		0.420	0.084	5.0 E-05	1.68 E+03	Menos Intenso
0.488		0.400	0.091	5.0 E-05	1.82 E+03	Menos Intenso
0.447		0.310	0.077	4.0 E-05	1.93 E+03	Cumple
0.437		0.390	0.095	5.5 E-05	1.73 E+03	Cumple
0.427		0.320	0.077	4.0 E-05	1.93 E+03	Menos Intenso
0.456		0.355	0.064	2.5 E-05	2.56 E+03	Cumple
0.365		0.380	0.055	2.0 E-05	2.75 E+03	Menos Intenso
0.361	0.380	0.052	2.5 E-05	2.08 E+03	Menos Intenso	
0.388	0.390	0.044	4.0 E-05	1.76 E+03	Cumple	

Abono Utilizado	Diámetro (m)	Longitud (m)	Peso (kg)	Volumen (m ³)	Densidad (kg/m ³)	Pantone 201
	0.468	0.360	0.062	3.0 E-05	1.55 E+03	Cumple
	0.286	0.290	0.024	3.0 E-06	8.00 E+03	Cumple
	0.269	0.320	0.037	3.0 E-06	1.23 E+03	Cumple
	0.267	0.350	0.031	3.0 E-06	1.03 E+03	Menos Intenso

Cuadro 42. Comparación organoléptica de los rábanos obtenidos del tablón realizado en un invernadero

Parámetro	Control	Bocashi en condiciones aeróbicas	Bocashi en condiciones anaeróbicas	Fertilizante Químico
Picante (1-5)	3	2	5	1
Dureza (1-5)	3	2	2	2
Blancura (1-5)	1	2	4	5
Homogeneidad (1-5)	4	4	4	3
Porosidad (1-5)	1	1	1	1

2. Producción de humus con lombriz coqueta roja utilizando residuos de frutas y verduras

Cuadro 43. Humedad relativa y temperatura superficial durante el compostaje

Fecha	8:00 a. m.				3:00 p. m.			
	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Temp. ambiente (°C)	Humedad ambiente (%)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Temp. ambiente (°C)	Humedad ambiente (%)
22-jul	24.9	50	24.9	52	24.4	62	24.4	62
23-jul	24.7	60	24.5	63	24.5	57	24.6	54
24-jul	22.7	59	22.7	61	25.1	61	25.6	56
25-jul	22.8	60	22.8	60	24.8	49	24.9	51
26-jul	22.2	73	22.2	73	24.5	56	24.7	57
27-jul	22.8	68	22.8	69	24.3	54	24.3	54
28-jul	-	-	-	-	-	-	-	-
29-jul	-	-	-	-	24.7	56	24.7	56
30-jul	22.1	71	22.1	71	27.8	55	27.6	52
31-jul	22.5	73	22.5	72	23.1	84	23.1	83
01-ago	22.2	75	22.2	76	23.9	67	23.9	66
02-ago	21.6	71	21.4	72	23.3	64	23.3	63

Cuadro 44. Composición de los residuos

Residuo	Peso (± 0.001 kg)
Mango	1.760
Papaya	1.176
Banano	0.268
Espinaca	0.045
Lechuga	0.280
Aserrín	0.600
Otros (elote, espinaca, lechuga)	0.343
Total	4.472

Cuadro 45. Composición másica de las composteras

Compostera	1	2	3	4	5	6
Masa residuos (± 0.001 kg)	0.748	0.747	0.745	0.746	0.743	0.743
Masa lombrices (± 0.001 kg)	0.63	0.63	0.59	0.60	0.50	0.50
Cantidad inicial de lombrices	347	347	325	330	275	275

Nota: Composteras 1,2 y 3 corresponden a sustrato no cortado. Composteras 4 y 6 corresponden a sustrato cortado

Cuadro 46. Aporte de minerales teóricos de los residuos

	P (mg)	K (mg)	Ca (mg)	Mg (mg)	Fe (mg)	Z (mg)
Mango (100 gramos comestible)	22.00	150.00	20.00	9.00	1.20	0.10
Papaya (100 gramos comestible)	11.00	214.00	20.00	13.00	0.40	0.12
Banano (100 gramos)	28.00	350.00	9.00	38.00	0.60	0.23
Espinaca (100 gramos)	43.00	380.00	147.33	53.59	2.27	0.54
Lechuga (100 gramos)	28.00	220.00	34.70	8.70	1.00	0.23

Fuente: Base de datos española de alimentos (BEDCA)

Cuadro 47. Lixiviado producido

Compostera	Lixiviado (± 0.001 kg)	Lixiviado (mL)
1	0.346	343
2	0.241	242
3	0.338	341
4	0.145	146
6	0.137	138
Total no cortado	0.925	926
Total cortado	0.282	284

Nota: Composteras 1,2 y 3 corresponden a sustrato no cortado. Composteras 4 y 6 corresponden a sustrato cortado

Figura 26. Temperatura promedio de composteras con sustrato no cortado comparada con temperatura ambiente

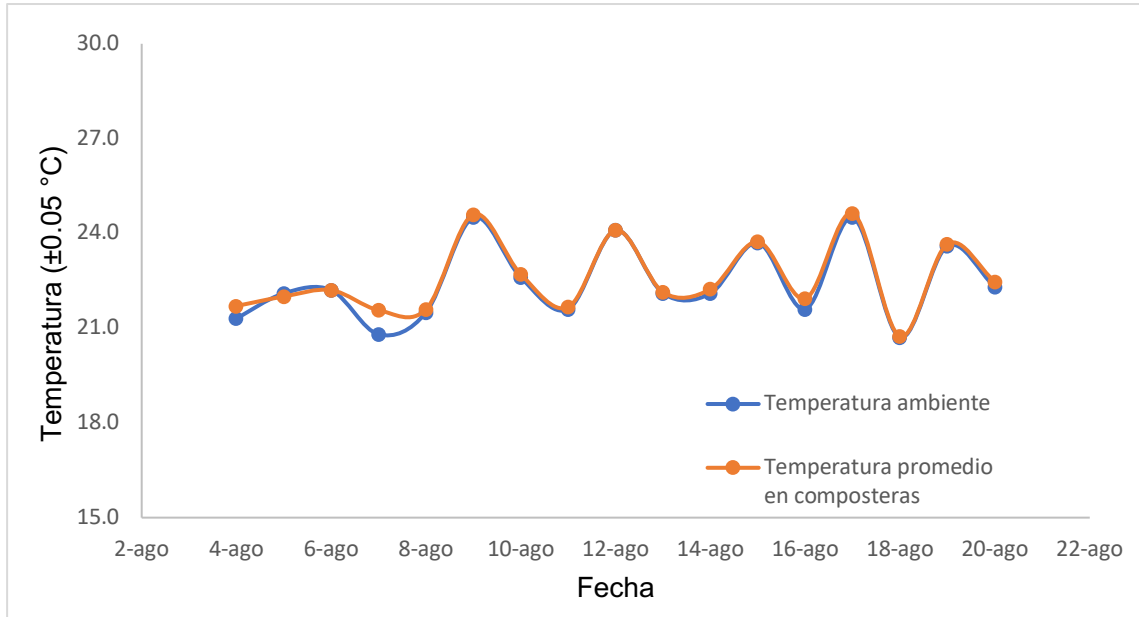


Figura 27. Humedad promedio de composteras con sustrato no cortado por fecha comparada con la humedad ambiente

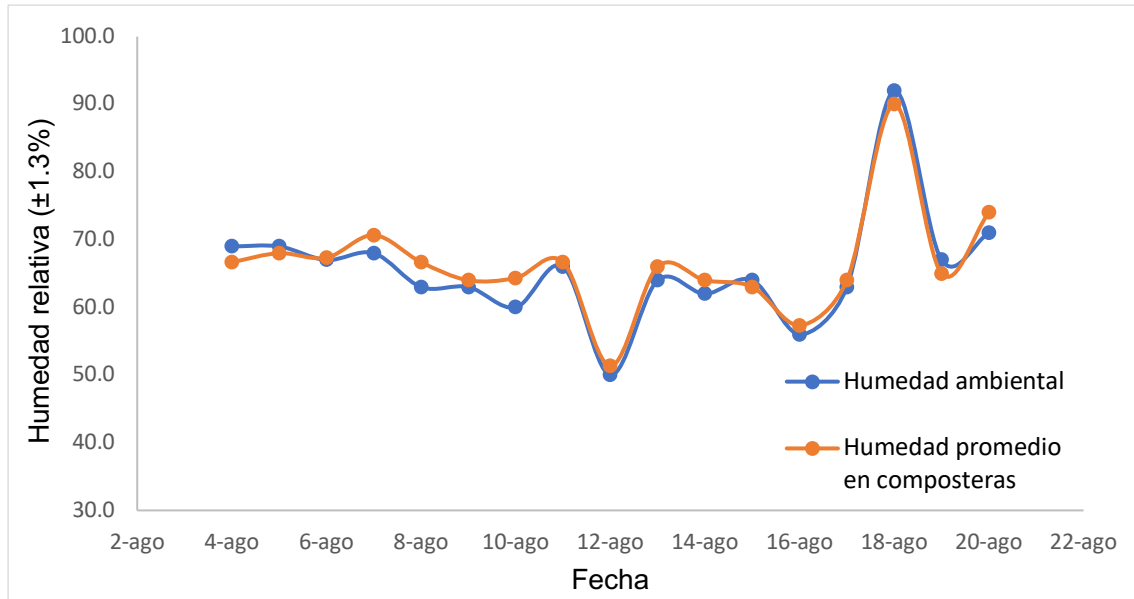


Figura 28. Temperatura promedio de composteras con sustrato cortado comparada con la temperatura ambiente

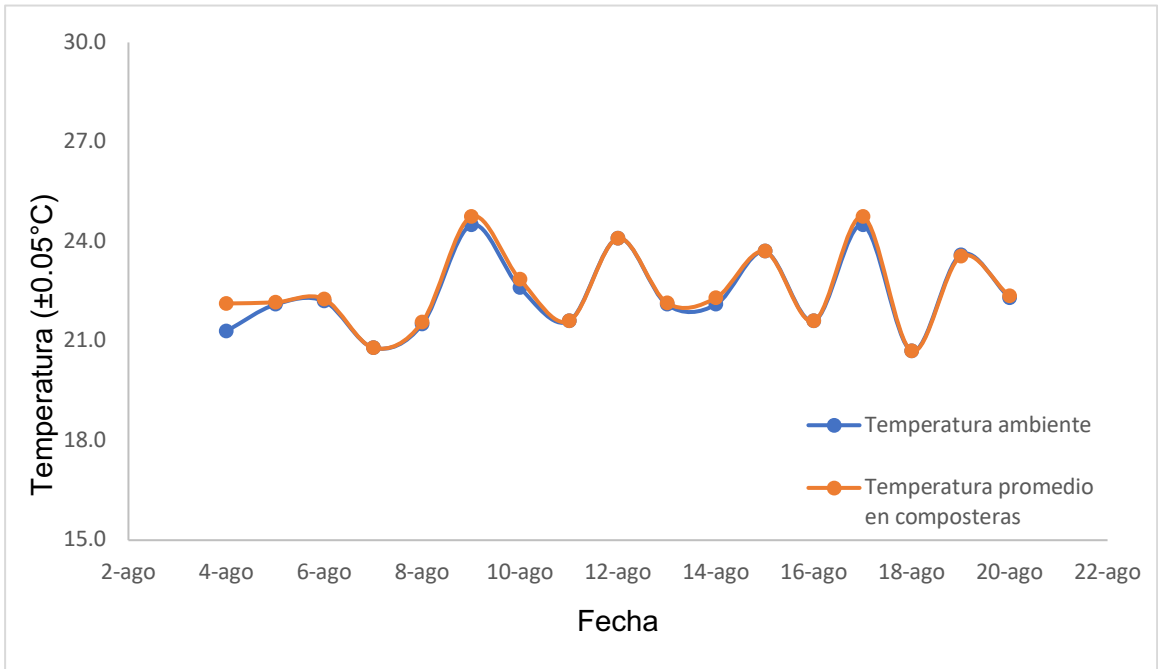
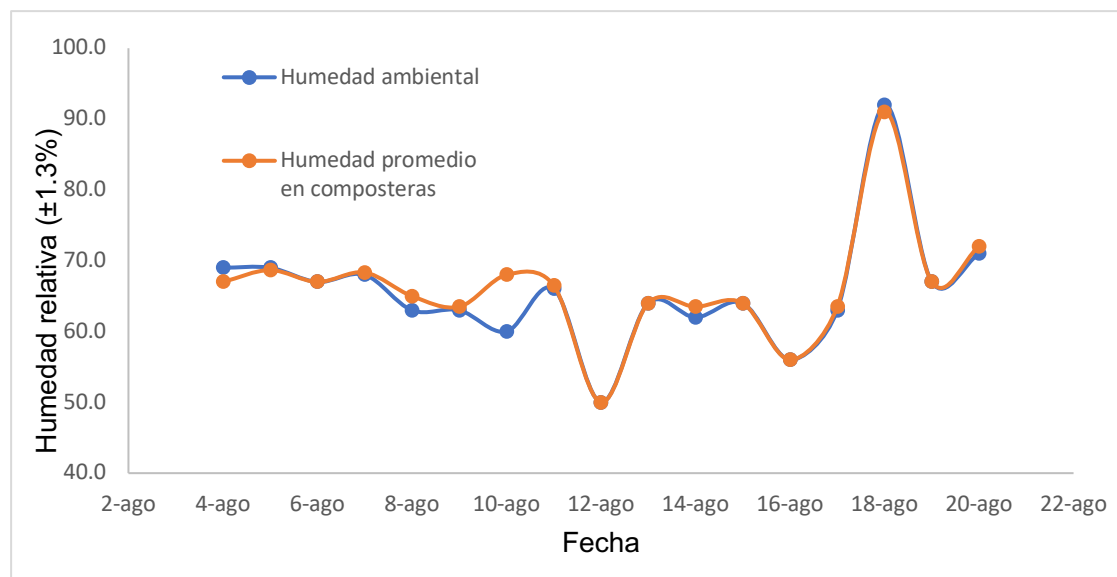


Figura 29. Humedad promedio de composteras con sustrato cortado comparada con la temperatura ambiente



Cuadro 48. Datos para densidad de lixiviado

Masa (± 0.001 kg)	Volumen (± 0.005 L)
0.100	0.100
0.102	0.100
0.103	0.100

Nota: El cálculo para la densidad y los datos estadísticos (media, desviación estándar e intervalo de confianza) se encuentran en la página 141.

Cuadro 49. Distribución de masa en composteras

Compostera	1	2	3	4	5	6
Masa inicial (± 0.001 kg)	1.378	1.377	1.335	1.346	1.243	1.24
Humus producido (± 0.001 kg)	0.118	0.116	0.125	0.115	0.000	0.103
Residuo no aprovechable (± 0.001 kg)	0.024	0.024	0.026	0.023	1.243	0.021
Masa final (± 0.001 kg)	1.236	1.238	1.184	1.208	0.000	1.119

Nota: En la compostera 5 hubo contaminación por larvas por lo que toda la masa inicial, incluyendo las lombrices, tuvieron que ser desechadas.

Cuadro 50. Humus y lixiviado producido

Dato	Masa ($\pm 0.001\text{kg}$)
Humus	0.578
Lixiviados	1.174
Lixiviados corregidos	0.207

Nota: La masa de humus y lixiviado es el total de las 5 composteras después del proceso de tamizado y filtración. Los lixiviados corregidos se calcularon en base al balance de agua mostrado en la Figura 42.

Cuadro 51. Medición de pH

Dato	Descripción
EM-1 activados	4
Lixiviados	8

Nota: El pH fue medido con tiras de papel pH en un rango de 0-14.

Cuadro 52. Humedad del humus

Dato	Humedad ($\pm 0.05\%$)
Humus producido	20.13%
Humus comercial	30.18%

Cuadro 53. Condiciones para el flujo de caja

Dato	Descripción
Marketing	0%
Mano de obra	1 persona
Mantenimiento	0%
Depreciación	0%
Valor de salvamento	0%

3. Manejo de desechos sanitarios

Cuadro 54. Cantidad de microorganismos eficientes, materia orgánica y papel colocada dependiendo del número de cajón

Número de cajón	Cantidad total de microorganismos (mL)	Cantidad de orgánico (kg)	Cantidad de papel (kg)
1	80.00	2.75	0.25
2	80.00	2.25	0.75
3	125.00	2.75	0.25
4	125.00	2.25	0.75
5	180.00	2.75	0.25
6	180.00	2.25	0.75

Cuadro 55. Cantidad de microorganismos eficientes, materia orgánica y papel colocada dependiendo del número de cajón

Número de cajón	Cantidad total de microorganismos (mL)	Cantidad de orgánico (kg)	Cantidad de papel (kg)
1	80.00	2.75	0.25
2	80.00	2.25	0.75
3	125.00	2.75	0.25
4	125.00	2.25	0.75
5	180.00	2.75	0.25
6	180.00	2.25	0.75

Cuadro 56. Cantidad de mL utilizados para la colocación de amonio cuaternario en recipientes para recolección de toallas sanitarias y tampones

No. de prueba	mL utilizados de amonio cuaternario (± 0.5 mL)	observaciones
1	10	A los 20 días comenzó a tener mal olor
2	5	A los 10 días comenzó a tener mal olor
3	15	A los 25 días comenzó a tener mal olor

Cuadro 57. Hoja de seguimiento diario sobre las condiciones de cada parcela en la semana del 5 al 11 de agosto

Fecha	No de cajón	Temp. exterior (±0.1 °C)	Temp. Interior (±0.01 °C)	pH	Se encuentra dentro del rango?	% HR	Valor	No. de lombrices visibles	Estado de restos orgánicos	Organismos observados
06-08-18	1	25.1	21.10	6.5	si			0	visibles	gusanos blancos
06-08-18	2	25.1	21.00	6	si		65.78	0	visibles	ninguno
06-08-18	3	25.1	21.15	7.5	si			0	visibles	ninguno
06-08-18	4	25.1	21.40	7	si			0	visibles	ninguno
06-08-18	5	25.1	21.00	7.5	si			0	visibles	ninguno
06-08-18	6	25.1	21.01	7	si			0	visibles	ninguno
07-08-18	1	24.5	21.00	6.5	si		63.99	0	visibles	ninguno
07-08-18	2	24.5	20.50	6	si			0	visibles	ninguno
07-08-18	3	24.5	20.67	7.5	si			0	visibles	ninguno
07-08-18	4	24.5	20.60	7	si			0	visibles	ninguno
07-08-18	5	24.5	20.44	7.5	si			0	visibles	ninguno
07-08-18	6	24.5	20.48	7	si			0	visibles	ninguno
08-08-18	1	25.3	21.22	6.5	si			0	visibles	ninguno
08-08-18	2	25.3	21.20	6	si			0	visibles	ninguno
08-08-18	3	25.3	21.18	7.5	si		69.83	0	visibles	ninguno
08-08-18	4	25.3	21.27	7	si			0	visibles	ninguno
08-08-18	5	25.3	21.22	7.5	si			0	visibles	ninguno
08-08-18	6	25.3	21.23	7	si			0	visibles	ninguno
09-08-18	1	25.4	21.22	6.5	si			0	visibles	ninguno
09-08-18	2	25.4	21.20	6	si			0	visibles	ninguno
09-08-18	3	25.4	21.18	7.5	si		64.9	0	visibles	ninguno
09-08-18	4	25.4	21.27	7	si			0	visibles	ninguno
09-08-18	5	25.4	21.22	7.5	si			0	visibles	ninguno
09-08-18	6	25.4	21.23	7	si			0	visibles	ninguno
10-08-18	1	25.3	21.22	6.5	si			0	visibles	ninguno
10-08-18	2	25.3	21.20	6	si			0	visibles	ninguno
10-08-18	3	25.3	21.18	7.5	si			0	visibles	ninguno
10-08-18	4	25.3	21.27	7	si			0	visibles	ninguno
10-08-18	5	25.3	21.22	7.5	si		69.88	0	visibles	ninguno
10-08-18	6	25.3	21.23	7	si			0	visibles	ninguno
11-08-18	1	27.0	21.55	6.5	si			0	visibles	ninguno
11-08-18	2	27.0	21.50	6	si			0	visibles	ninguno
11-08-18	3	27.0	21.45	7.5	si			0	visibles	ninguno
11-08-18	4	27.0	21.41	7	si			0	visibles	ninguno
11-08-18	5	27.0	21.39	7.5	si			0	visibles	ninguno
11-08-18	6	27.0	21.40	7	si		67.25	0	visibles	ninguno

Cuadro 58. Hoja de seguimiento diario sobre las condiciones de cada parcela en la semana del 12 al 18 de agosto

Fecha	No de cajón	Temp. exterior (±0.1 °C)	Temp. Interior (±0.01 °C)	pH	Se encuentra dentro del rango?	% HR	Valor	No. de lombríces visibles	Estado de restos orgánicos	Organismos observados
13-08-18	1	25.2	21.10	6.5	si		65.75	0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
13-08-18	2	25.2	21.00	6	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
13-08-18	3	25.2	21.15	7.5	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
13-08-18	4	25.2	21.40	7	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
13-08-18	5	25.2	21.00	7.5	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
13-08-18	6	25.2	21.01	7	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
14-08-18	1	26.8	21.55	6.5	si		64.02	0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
14-08-18	2	26.8	21.50	6	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
14-08-18	3	26.8	21.45	7.5	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
14-08-18	4	26.8	21.41	7	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
14-08-18	5	26.8	21.39	7.5	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
14-08-18	6	26.8	21.40	7	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
15-08-18	1	26.9	21.55	6.5	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
15-08-18	2	26.9	21.50	6	si		69.83	0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
15-08-18	3	26.9	21.45	7.5	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
15-08-18	4	26.9	21.41	7	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
15-08-18	5	26.9	21.39	7.5	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
15-08-18	6	26.9	21.40	7	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
16-08-18	1	25.4	21.33	6.5	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
16-08-18	2	25.4	21.10	6	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
16-08-18	3	25.4	21.00	7.5	si		64.9	0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
16-08-18	4	25.4	21.15	7	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
16-08-18	5	25.4	21.40	7.5	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
16-08-18	6	25.4	21.00	7	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
17-08-18	1	25.5	21.01	6.5	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
17-08-18	2	25.5	21.22	6	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
17-08-18	3	25.5	21.20	7.5	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
17-08-18	4	25.5	21.18	7	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
17-08-18	5	25.5	21.27	7.5	si		69.88	0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
17-08-18	6	25.5	21.22	7	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
18-08-18	1	26.5	21.23	6.5	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
18-08-18	2	26.5	21.55	6	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
18-08-18	3	26.5	21.50	7.5	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
18-08-18	4	26.5	21.45	7	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
18-08-18	5	26.5	21.41	7.5	si			0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno
18-08-18	6	26.5	21.39	7	si		67.25	0	Mezcla de papel y orgánico	ninguno

Cuadro 59. Hoja de seguimiento diario sobre las condiciones de cada parcela en la semana del 19 al 25 de agosto

Fecha	No de cajón	Temp. exterior (±0.01 °C)	Temp. interior (±0.01 °C)	pH	Se encuentra dentro del rango?	% HR	Valor	No. de lombrices visibles	Estado de restos orgánicos	Organismos observados
20-08-18	1	26.6	21.55	6.5	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
20-08-18	2	26.6	21.50	6	si	65.78		0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
20-08-18	3	26.6	21.45	7.5	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
20-08-18	4	26.6	21.41	7	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
20-08-18	5	26.6	21.39	7.5	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
20-08-18	6	26.6	21.40	7	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
21-08-18	1	25.2	21.10	6.5	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
21-08-18	2	25.2	21.00	6	si	63.99		0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
21-08-18	3	25.2	21.15	7.5	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
21-08-18	4	25.2	21.40	7.5	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
21-08-18	5	25.2	21.00	7	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
21-08-18	6	25.2	21.01	7	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
22-08-18	1	25.4	21.22	6.5	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
22-08-18	2	25.4	21.20	6	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
22-08-18	3	25.4	21.18	7.5	si	69.83		0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
22-08-18	4	25.4	21.27	7	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
22-08-18	5	25.4	21.22	7.5	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
22-08-18	6	25.4	21.23	7	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
23-08-18	1	26.8	21.55	6.5	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
23-08-18	2	26.8	21.50	6	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
23-08-18	3	26.8	21.45	7.5	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
23-08-18	4	26.8	21.41	7	si	64.9		0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
23-08-18	5	26.8	21.39	7.5	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
23-08-18	6	26.8	21.40	7	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
24-08-18	1	25.5	21.10	6.5	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
24-08-18	2	25.5	21.00	6	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
24-08-18	3	25.5	21.15	7.5	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
24-08-18	4	25.5	21.40	7	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
24-08-18	5	25.5	21.00	7.5	si	69.88		0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
24-08-18	6	25.5	21.01	6.5	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
25-08-18	1	25.3	21.22	7	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
25-08-18	2	25.3	21.20	7.5	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
25-08-18	3	25.3	21.18	7.5	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
25-08-18	4	25.3	21.27	7	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
25-08-18	5	25.3	21.22	7.5	si			0	Papel y muy poco orgánico	ninguno
25-08-18	6	25.3	21.23	7	si	67.25		0	Papel y muy poco orgánico	ninguno

Cuadro 60. Hoja de seguimiento diario sobre las condiciones de cada parcela en la semana del 26 al 31 de agosto

Fecha	No de cajón	Temp. exterior (±0.01 °C)	Temp. interior (±0.01 °C)	pH	Se encuentra dentro del rango?	% HR	Valor	No. de lombrices visibles	Estado de restos orgánicos	Organismos observados
27-08-18	1	25.3	21.10	6.5	si		65.78	0	restos de papel	ninguno
27-08-18	2	25.3	21.00	6	si			0	restos de papel	ninguno
27-08-18	3	25.3	21.15	7.5	si			0	restos de papel	ninguno
27-08-18	4	25.3	21.40	7	si			0	restos de papel	ninguno
27-08-18	5	25.3	21.00	7.5	si			0	restos de papel	ninguno
27-08-18	6	25.3	21.01	7	si			0	restos de papel	ninguno
28-08-18	1	25.5	21.22	6.5	si			0	restos de papel	ninguno
28-08-18	2	25.5	21.20	6	si		63.99	0	restos de papel	ninguno
28-08-18	3	25.5	21.18	7.5	si			0	restos de papel	ninguno
28-08-18	4	25.5	21.27	7	si			0	restos de papel	ninguno
28-08-18	5	25.5	21.22	7.5	si			0	restos de papel	ninguno
28-08-18	6	25.5	21.23	7	si			0	restos de papel	ninguno
29-08-18	1	24.6	21.00	6.5	si			0	restos de papel	ninguno
29-08-18	2	24.6	20.50	6	si			0	restos de papel	ninguno
29-08-18	3	24.6	20.67	7.5	si		69.83	0	restos de papel	ninguno
29-08-18	4	24.6	20.60	7	si			0	restos de papel	ninguno
29-08-18	5	24.6	20.44	7.5	si			0	restos de papel	ninguno
29-08-18	6	24.6	20.48	7	si			0	restos de papel	ninguno
30-08-18	1	26.8	21.55	6.5	si			0	restos de papel	ninguno
30-08-18	2	26.8	21.50	6	si			0	restos de papel	ninguno
30-08-18	3	26.8	21.45	7.5	si		64.9	0	restos de papel	ninguno
30-08-18	4	26.8	21.41	7	si			0	restos de papel	ninguno
30-08-18	5	26.8	21.39	7.5	si			0	restos de papel	ninguno
30-08-18	6	26.8	21.40	7	si			0	restos de papel	ninguno
31-08-18	1	24.5	21.00	6.5	si			0	restos de papel	ninguno
31-08-18	2	24.5	20.50	6	si			0	restos de papel	ninguno
31-08-18	3	24.5	20.67	7.5	si			0	restos de papel	ninguno
31-08-18	4	24.5	20.60	7	si			0	restos de papel	ninguno
31-08-18	5	24.5	20.44	7.5	si		69.88	0	restos de papel	ninguno
31-08-18	6	24.5	20.48	7	si			0	restos de papel	ninguno
01-09-18	1	24.0	19.12	6.5	si			0	restos de papel	ninguno
01-09-18	2	24.0	19.50	6	si			0	restos de papel	ninguno
01-09-18	3	24.0	19.33	7.5	si			0	restos de papel	ninguno
01-09-18	4	24.0	19.34	7	si			0	restos de papel	ninguno
01-09-18	5	24.0	19.41	7.5	si			0	restos de papel	ninguno
01-09-18	6	24.0	19.40	7	si		67.25	0	restos de papel	ninguno

Cuadro 61. Hoja de seguimiento diario sobre las condiciones de cada parcela en la semana del 1 al 8 de septiembre

Fecha	No de cajón	Temp. exterior (±0.01 °C)	Temp. Interior (±0.01 °C)	pH	Se encuentra dentro del rango?	% HR	Valor	No. de lombrices visibles	Estado de restos orgánicos	Organismos observados
03-09-18	1	25.5	21.14	6.5	si			0	restos de pappe	ninguno
03-09-18	2	25.5	21.07	6	si		65.78	0	restos de pappe	ninguno
03-09-18	3	25.5	21.16	7.5	si			0	restos de pappe	ninguno
03-09-18	4	25.5	21.43	7	si			0	restos de pappe	ninguno
03-09-18	5	25.5	21.04	7.5	si			0	ninguno	ninguno
03-09-18	6	25.5	21.05	7	si			0	ninguno	ninguno
04-09-18	1	25.3	21.22	6.5	si		63.99	0	restos de pappe	ninguno
04-09-18	2	25.3	21.20	6	si			0	restos de pappe	ninguno
04-09-18	3	25.3	21.18	7.5	si			0	restos de pappe	ninguno
04-09-18	4	25.3	21.27	7	si			0	restos de pappe	ninguno
04-09-18	5	25.3	21.22	7.5	si			0	ninguno	ninguno
04-09-18	6	26.1	21.04	6.5	si			0	restos de pappe	ninguno
05-09-18	1	26.1	21.33	6	si		69.83	0	restos de pappe	ninguno
05-09-18	2	26.1	21.40	7.5	si			0	restos de pappe	ninguno
05-09-18	3	26.1	21.35	7	si			0	restos de pappe	ninguno
05-09-18	4	26.1	21.39	7.5	si			0	ninguno	ninguno
05-09-18	5	26.1	21.29	7	si			0	ninguno	ninguno
05-09-18	6	25.2	21.05	6.5	si			0	restos de pappe	ninguno
06-09-18	1	25.2	21.10	6	si			0	restos de pappe	ninguno
06-09-18	2	25.2	21.00	7.5	si			0	restos de pappe	ninguno
06-09-18	3	25.2	21.15	7	si		64.9	0	restos de pappe	ninguno
06-09-18	4	25.2	21.40	7.5	si			0	ninguno	ninguno
06-09-18	5	25.2	21.00	7	si			0	ninguno	ninguno
06-09-18	6	26.5	21.39	6.5	si			0	restos de pappe	ninguno
07-09-18	1	26.5	21.59	6	si			0	restos de pappe	ninguno
07-09-18	2	26.5	21.56	7.5	si			0	restos de pappe	ninguno
07-09-18	3	26.5	21.50	7	si			0	restos de pappe	ninguno
07-09-18	4	26.5	21.47	7.5	si		69.88	0	ninguno	ninguno
07-09-18	5	26.5	21.43	7	si			0	ninguno	ninguno
07-09-18	6	26.0	21.20	6.5	si			0	restos de pappe	ninguno
08-09-18	1	26.0	21.14	6	si			0	restos de pappe	ninguno
08-09-18	2	26.0	21.16	7.5	si			0	restos de pappe	ninguno
08-09-18	3	26.0	21.19	7	si			0	restos de pappe	ninguno
08-09-18	4	26.0	21.18	7.5	si			0	ninguno	ninguno
08-09-18	5	26.0	21.20	7	si		67.25	0	ninguno	ninguno
08-09-18	6	26.0	21.20	7	si			0	ninguno	ninguno

Cuadro 62. Bitácora de cantidad de tallos, altura y cantidad de hojas en la maceta control

Control

No. de tallo	altura (cm± 0.1)	Cantidad de hojas
1	10	2
2	10.3	3
3	10.4	2
4	10.2	3
5	10.3	1
6	10.2	2
7	10.4	3
8	10	2
9	10.1	2
10	10.2	3
11	10.4	1
12	10.2	2
13	10.3	3
14	10.1	3
15	10.3	3
16	10.4	3
Promedio	10.2	2.4
Desviación	0.13	0.70

Cuadro 63. Bitácora de cantidad de tallos, hojas y altura en la maceta con lombricompost

Lombricompost

No. de tallo	altura (cm± 0.1)	Cantidad de hojas
1	11.9	5
2	11.7	4
3	11.6	4
4	11.8	3
5	11.7	5
6	11.6	4
7	11.7	5
8	12.2	5
9	11.8	4
10	11.6	5
11	11.9	5
12	11.7	4
13	11.8	5
14	11.6	5
15	11.7	4
16	12	4
17	11.6	3
18	11.5	3
19	11.9	4
20	11.7	5
Promedio	11.8	4.3
Desviación	0.17	0.70

Cuadro 64. Bitácora de cantidad de tallos, hojas y altura en la maceta al usar abono químico

Químico

No. de tallo	altura (cm± 0.1)	Cantidad de hojas
1	11.8	4
2	11.9	5
3	12.2	3
4	12.3	3
5	12	5
6	12.1	4
7	12.1	5
8	11.9	3
9	11.7	4
10	12.3	4
11	12.1	5
12	12.1	3
13	11.9	2
14	11.9	3
15	12.4	4
16	12.3	4
17	11.8	5
18	11.9	3
19	12.3	5
20	12.3	3
21	12.1	4
22	12.2	3
23	11.9	4
24	11.6	4
25	12	2
Promedio	12.0	3.8
Desviación	0.22	0.93

B. DATOS CALCULADOS

1. Producción de abono tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas y aeróbicas

Cuadro 65. Resultados promedio de los rábanos obtenidos del tablón de rábanos realizado en un invernadero

Abono utilizado	Diámetro(m)		Longitud (m)		Peso (kg)		Volumen (m ³)		Densidad (kg/m ³)	
	Promedio	σ	Promedio	σ	Promedio	σ	Promedio	σ	Promedio	σ
Control	0.0346	0.0054	0.2271	0.0331	0.0289	0.0103	1.44E-05	7.36E-06	2.60E+03	1873.68
Bocashi en condiciones aeróbicas	0.0381	0.0092	0.3010	0.0659	0.0480	0.0301	2.01E-05	1.61E-05	3.85E+03	4448.12
Bocashi en condiciones aeróbicas	0.0333	0.0069	0.2771	0.0302	0.0312	0.0131	1.66E-05	1.19E-05	2.98E+03	2176.24
Fertilizante Químico	0.3777	0.0782	0.3603	0.0397	0.0591	0.0225	2.83E-05	1.78E-05	2.67E+03	2257.72

2. Producción de humus con lombriz coqueta roja utilizando residuos de frutas y verduras

Cuadro 66. Producción de humus

Residuos orgánicos (kg por mes)	120.0
Masa compostable (%)	40.0%
Residuos compostables (kg por mes)	48.0
Humus producido (kg por mes)	34.3
Unidades de humus (1.81kg por mes)	19.0
Lixiviados producido (kg por mes)	14.8

Nota: El porcentaje de masa compostable se obtuvo de un estudio realizado por la municipalidad de Munguía en España

Cuadro 67. Información sobre las camas de compostaje para 120 kg al mes

Ancho (m)	2.00
Largo (m)	1.00
Altura (m)	0.20
Volumen cama (m3)	0.40
Densidad residuos (± 0.54 kg/m3)	299.2
Volumen residuos (m3/mes)	0.33
Camas necesarias para compostaje	1.0
Camas necesarias para lombricompostaje	1.0
Espacio entre camas (m)	1.0
Área necesaria (m2)	48.0

Cuadro 68. Materia prima para tratamiento de 1kg de residuo orgánico

Material	Presentación comercial	Precio (Presentación comercial)	Costo materiales SI	Densidad (kg/m3)	Cantidad por kg de residuo (kg) ¹	Precio por kg de residuo	%
EM-1	Litro	Q107.14	Q107,142.86 m3	1000	0.002 kg	Q0.21	1%
Melaza	Litro	Q49.11	Q49,107.14 m3	1400	0.002 kg	Q0.07	1%
Agua destilada	Litro	Q0.74	Q744.05 m3	1000	0.036 kg	Q0.03	12%
Aserrín	Libra	Q0.89	Q1.96 kg	N/A	0.250 kg	Q0.49	86%
Total					0.290 kg	Q0.80	100%

¹ La cantidad de cada material por kg de residuo fue sugerida por el proveedor de EM-1

C. DATOS PARA FLUJO DE CAJA

1. Producción de abono tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas y aeróbicas

Cuadro 69. Costos para 2.5 kg de abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas

Material	Costo
Cascarilla de arroz	Q 0.37
Salvado de trigo	Q 0.41
Tierra negra sin abono	Q 0.49
Carbón	Q 0.37
Gallinaza	Q 0.93
Microorganismos activados	Q 2.88
Agua destilada	Q 0.39
Total	Q 5.84

Nota: Se utilizó 2.5 kg de abono terminado porque es lo que se utiliza para un metro cuadrado de cultivo

Cuadro 70. Costos para 2.5 kg de abono orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas

Material	Costo
Salvado de trigo	Q 1.31
Tierra negra sin abono	Q 0.79
Microorganismos activados	Q 4.75
Agua destilada	Q 1.07
Total	Q 7.92

Nota: Se utilizó 2.5 kg de abono terminado porque es lo que se utiliza para un metro cuadrado de cultivo.

Cuadro 71. Análisis económico del Abono Orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos		Q 47,040.00	Q 54,096.00	Q 64,915.20	Q 77,898.24	Q 93,477.89
Costos Fijos						
Mano de Obra		-Q 50,989.81	-Q 50,989.81	-Q 50,989.81	-Q 50,989.81	-Q 50,989.81
Costos Variables						
Gallinaza		-Q 944.65	-Q 991.89	-Q 1,041.48	-Q 1,197.70	-Q 1,437.24
Tierra Negra		-Q 301.39	-Q 316.46	-Q 332.28	-Q 382.12	-Q 458.55
Cascarilla de arroz		-Q 226.04	-Q 237.34	-Q 249.21	-Q 286.59	-Q 343.91
Salvado de trigo		-Q 272.15	-Q 285.76	-Q 300.05	-Q 345.05	-Q 414.06
Carbón		-Q 247.41	-Q 259.78	-Q 272.77	-Q 313.68	-Q 376.42
Microorganismos Eficientes		-Q 960.00	-Q 1,008.00	-Q 1,058.40	-Q 1,217.16	-Q 1,460.59
Melaza		-Q 221.05	-Q 232.11	-Q 243.71	-Q 280.27	-Q 336.32
Agua sin cloro		-Q 120.00	-Q 126.00	-Q 132.30	-Q 152.15	-Q 182.57
Utilidad antes de impuestos		-Q 5,694.05	Q 1,274.74	Q 12,002.37	Q 24,696.96	Q 39,834.31
Impuestos		Q -	-Q 63.74	-Q 600.12	-Q 1,234.85	-Q 1,991.72
Utilidad después de impuestos		-Q 5,694.05	Q 1,211.00	Q 11,402.25	Q 23,462.11	Q 37,842.59
Inversión Inicial						
Recipientes plásticos para volteo	-Q 516.00					
Control de Calidad y Monitoreo	-Q 377.61					
Palas para entregar abono listo	-Q 209.93					
Terreno	-Q 3,675.00					
Inversión para expansión				-Q 6,621.24		
Subtotal Inversión	-Q 4,778.54					
Flujo Neto a Capital	-Q 4,778.54	-Q 5,694.05	Q 1,147.27	Q 4,781.01	Q 23,462.11	Q 37,842.59

**La tasa interna de retorno en este tipo de abono es de 62%.

Cuadro 72. Análisis económico del Abono Orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos		Q 47,040.00	Q 51,744.00	Q 59,505.60	Q 68,431.44	Q 78,696.16
Costos Fijos						
Mano de Obra		-Q 50,989.81	-Q 50,989.81	-Q 50,989.81	-Q 50,989.81	-Q 50,989.81
Costos Variables						
Salvado de Trigo		-Q 716.22	-Q 752.03	-Q 789.63	-Q 829.11	-Q 870.57
Microorganismos Efectivos (EM-1)		-Q 960.00	-Q 1,008.00	-Q 1,058.40	-Q 1,111.32	-Q 1,166.89
Melaza		-Q 221.05	-Q 232.11	-Q 243.71	-Q 255.90	-Q 268.69
Agua sin cloro		-Q 120.00	-Q 126.00	-Q 132.30	-Q 138.92	-Q 145.86
Tierra Negra		-Q 593.12	-Q 622.77	-Q 653.91	-Q 686.61	-Q 720.94
Utilidad antes de impuestos		-Q 6,560.20	-Q 1,986.72	Q 5,637.84	Q 14,419.78	Q 24,533.40
Impuestos		Q -	Q -	Q 281.89	Q 720.99	Q 1,226.67
Utilidad después de impuestos		-Q 6,560.20	-Q 1,986.72	Q 5,355.94	Q 13,698.79	Q 23,306.73
Inversión Inicial						
Sistema de Composteras	-Q 903.70					
Control de Calidad y Monitoreo	-Q 377.61					
Palas para entregar abono listo	-Q 209.93					
Terreno	-Q 3,675.00					
Inversión para expansión				-Q 4,473.72		
Subtotal Inversión	-Q 5,166.24					
Flujo Neto a Capital	-Q 5,166.24	-Q 6,560.20	-Q 1,986.72	Q 882.22	Q 13,698.79	Q 23,306.73

**La tasa interna de retorno en este tipo de abono es de 30%.

2. Producción de humus con lombriz coqueta roja utilizando residuos de frutas y verduras

Cuadro 73. Inversión para el proyecto

Descripción	Precio	Cantidad	Total
Rastrillo	Q17.00	4	Q68.00
Guantes	Q24.00	12	Q288.00
Medidor de T y H	Q680.00	1	Q680.00
papel pH en tiras (caja de 100 unidades)	Q165.00	2	Q330.00
Probeta (1000mL)	Q315.50	2	Q631.00
Balanza ()	Q150.00	1	Q150.00
Cedazo fibra de vidrio	Q17.50	50	Q875.00
Caneca de plástico	Q38.00	8	Q304.00
Total			Q13,346.00

Nota: La cantidad de materiales se determinó con la cantidad de residuos utilizados a escala piloto.

Cuadro 74. Costos variables de empaque

Material	Unidad de venta	Precio
Bolsa 5lb	Unidad	Q0.10
Botella 1L	Unidad	Q0.50

Cuadro 75. Costos fijos

Descripción	Costo	Cantidad	Total anual
Mano de obra	Q2,992.33	1	Q41,892.62

Cuadro 76. Gastos de operación

Descripción	Precio	Cantidad	Total anual
Administración y seguridad	Q3,000.00	2 personas	Q84,000.00
Transporte	Q50.00	12 (mensual)	Q600.00
Alquiler	Q1,200.00	12 meses	Q14,400.00
Total			Q735,576.00

Nota: El transporte será mensual con una capacidad para 120kg al mes

3. Manejo de desechos sanitarios

Figura 30. Análisis de costos fijos y costos variables al hacer lombricompost con cubetas

Cantidad	Costos fijos	Costo	Cantidad	Costos variables	Costo
1	Sernidor	Q250.00	2	sacos	Q6.00 (45.36 kg)
9	cubetas	Q225.00	59.76	Aserrín (kg)	Q26.35
3	chorros	Q27.00	0.005	agua (m ³ /año)	Q0.32
9	lombrices (kg)	Q1,350.00	0.001	microorganismos (m ³)	Q120.00 (1 litro)
1	Sensor de Temperatura y humedad	Q680.11	1	caneca	Q38.00
1	Potenciómetro	Q149.00	0.02	agua destilada (m ³)	Q15.00 (1 garrafón)
1	máquina para cocer	Q3,000.00	0.0038	melaza (m ³)	Q105.00 (1 galón)
1	pala	Q50.00	1	recipiente para almacenar microorganismos	Q7.00
2.5	malla mosquitera(m)	Q750.00			Q317.67
1	pegamento	Q45.00	50	guantes	Q87.51
1	Beaker de 1000 mL	Q100.00	1	maskarilla	Q40.00
1	tijera especial paracortar la malla	Q30.00	1	botas de hule	Q50.00
1	barreno y brocas	Q200.00			Q177.51
1	tinaco de 4.2 (m ³)	Q900.00 (4,200 litros)			
		Q7,756.11			
1	mano de obra (año)	Q57,590.79			
	Costo de electricidad (Q/Kwh)	Q1.89		Costo de electricidad (Q/Kwh)	Q1.89
	Electricidad al mes (Q)	Q1.13		Electricidad al mes (Q)	Q0.14
		Q1.13			Q0.14
17x20m ²	Precio de terreno	Q50,000.00		Mantenimiento	Q100.00
	Precio de venta por unidad	Q50.00			
	Cantidad (sacos) al mes	2			
		Q112.00			

Figura 31. Análisis de costos fijos y costos variables al hacer lombricompost en pila

Cantidad	Costos fijos	Costo	Cantidad	Costos variables	Costo
1	Sernidor	Q100.00	2	sacos	Q6.00
10	postes de madera de 2.5m	Q1,800.00	59.76	Aserrín (kg)	Q26.35
50	lámina	Q1,750.00	0.005	agua (m ³ /año)	Q0.32
9	lombrices (kg)	Q1,350.00	0.001	microorganismos (m ³)	Q120.00 (1 litro)
1	Sensor de Temperatura y humedad	Q680.11	1	caneca	Q38.00
1	Potenciómetro	Q149.00	0.02	agua destilada (m ³)	Q15.00 (1 garrafón)
1	pala	Q50.00	0.0038	melaza (m ³)	Q105.00 (1 galón)
20	cemento	Q1,560.00	1	recipiente para almacenar microorganismos	Q7.00
1x4	polisombra (m)	Q80.00			Q317.67
	mano de obra	Q5,000.00	1	guantes	Q15.00
1	Beaker de 1000 mL	Q100.00	1	maskarilla	Q30.00
4	cubeta	Q100.00	1	botas de hule	Q50.00
1	máquina de coser	Q3,000.00			Q95.00
1	tinaco de 4.2 (m ³)	Q900.00			
		Q16,619.11			
17x20	Precio de terreno	Q50,000.00			
1	mano de obra (año)	Q57,590.79			
	Precio de venta por unidad	Q50.00		Costo de electricidad (Q/Kwh)	Q1.89
	Cantidad (sacos) al mes	2		Electricidad al mes (Q)	Q0.14
		Q112.00			Q0.14
2.27	Clavos para lámina (kg)	Q45.40		Mantenimiento	Q100.00
	tubería de plástico y codos	Q100.00			
		Q145.40			

Figura 32. Análisis de costos fijos y costos variables en la colocación de recipientes especiales para toallas sanitarias.

contenedores de toallas sanitarias

Cantidad	Costos fijos	Costo
2	cajas	Q140.00
1	probeta	Q25.00
		Q165.00

Cantidad	Costos variables	Costo
2	amonio	Q70.00
2	toallas absorbentes	Q50.00
	Ecotermo	Q1,050.00
1	bolsas negras	Q25.00
		Q1,195.00

	Mantenimiento	Q140.00
--	---------------	----------------

D. BALANCE DE MASA

1. Producción de abono tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas y aeróbicas

Figura 33. Balance de masa del abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas no. 1

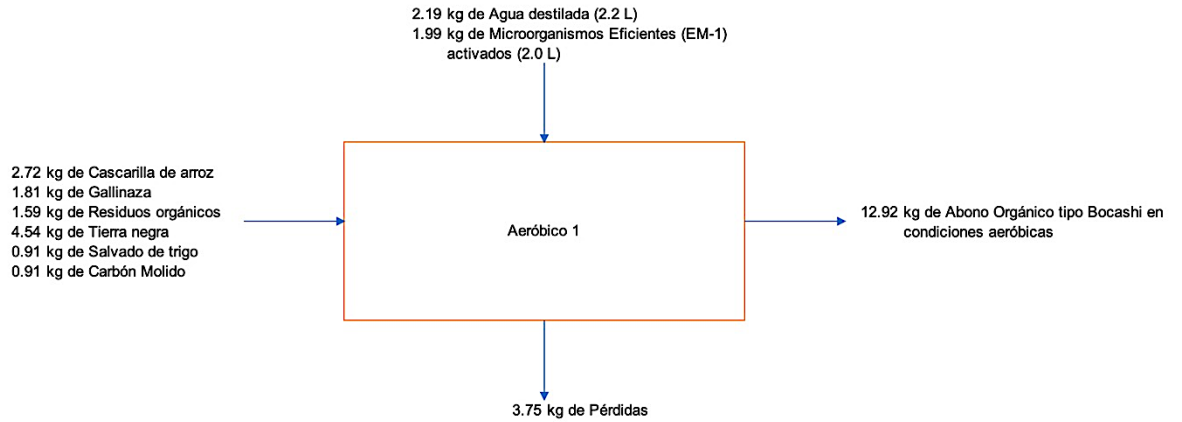


Figura 34. Balance de masa del abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas no. 2

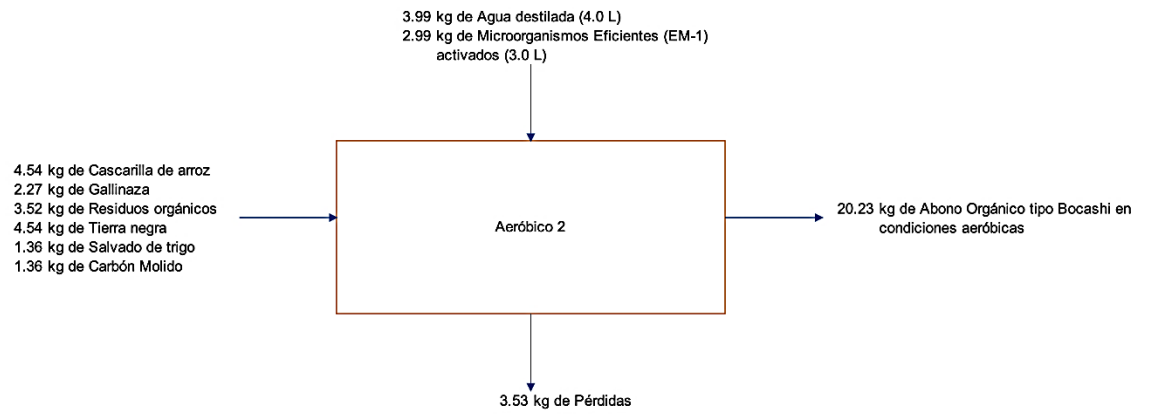


Figura 35. Balance de masa del abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas no. 3

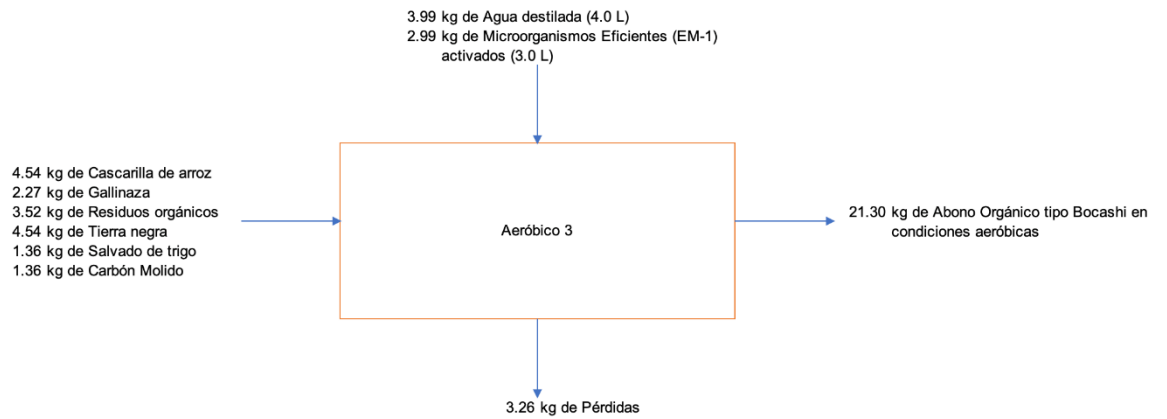


Figura 36. Balance de masa del abono orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas no. 1

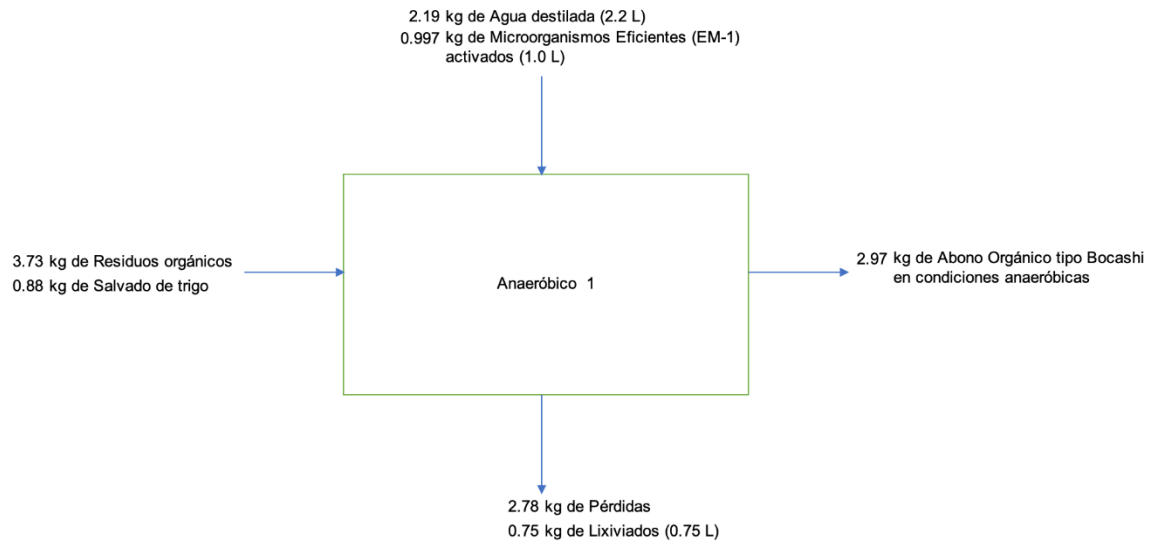


Figura 37. Balance de masa del abono orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas no. 2

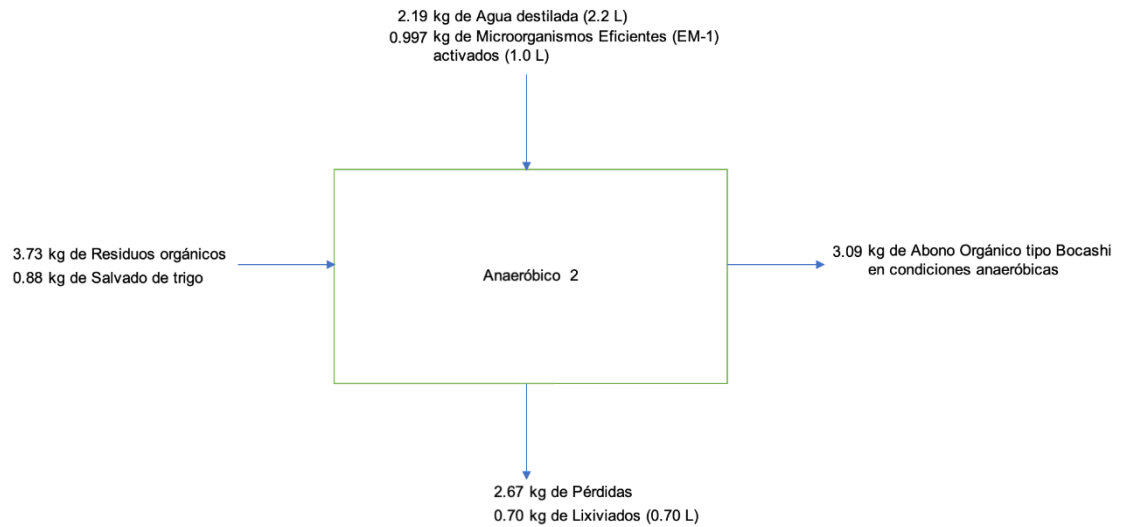
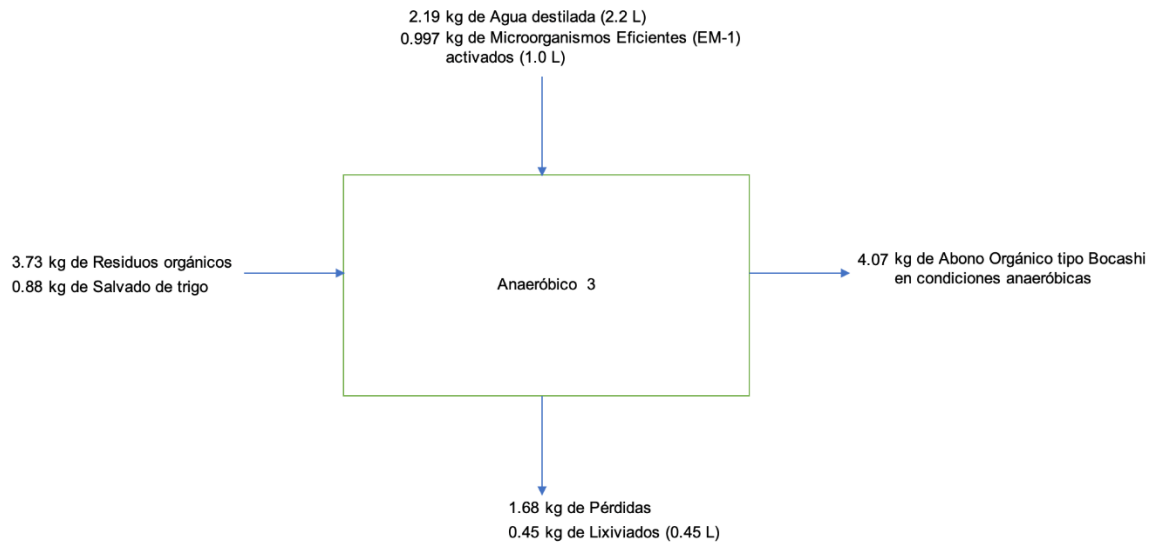


Figura 38. Balance de masa del abono orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas no. 3



2. Producción de humus con lombriz coqueta roja utilizando residuos de frutas y verduras

Figura 39. Balance de masa sustrato cortado

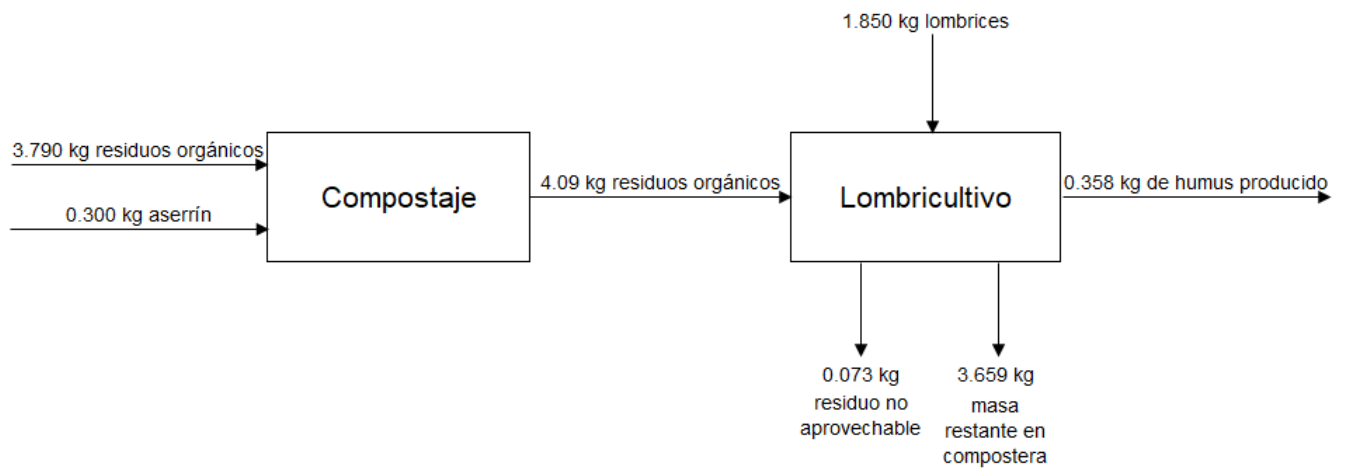


Figura 40. Balance de masa sustrato no cortado

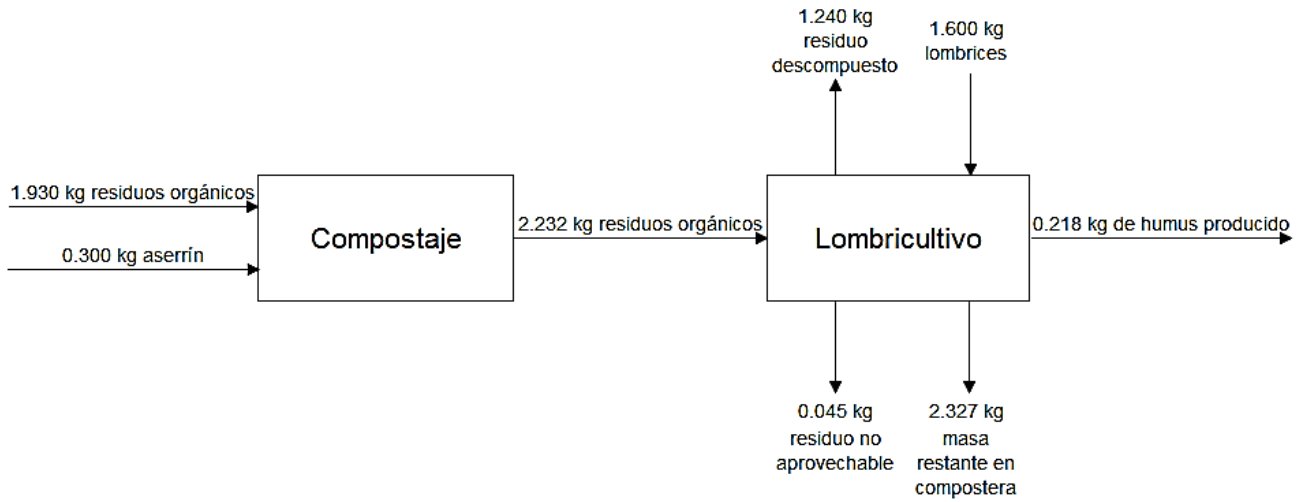


Figura 41. Balance de masa para tratar 1,200kg de residuos anuales

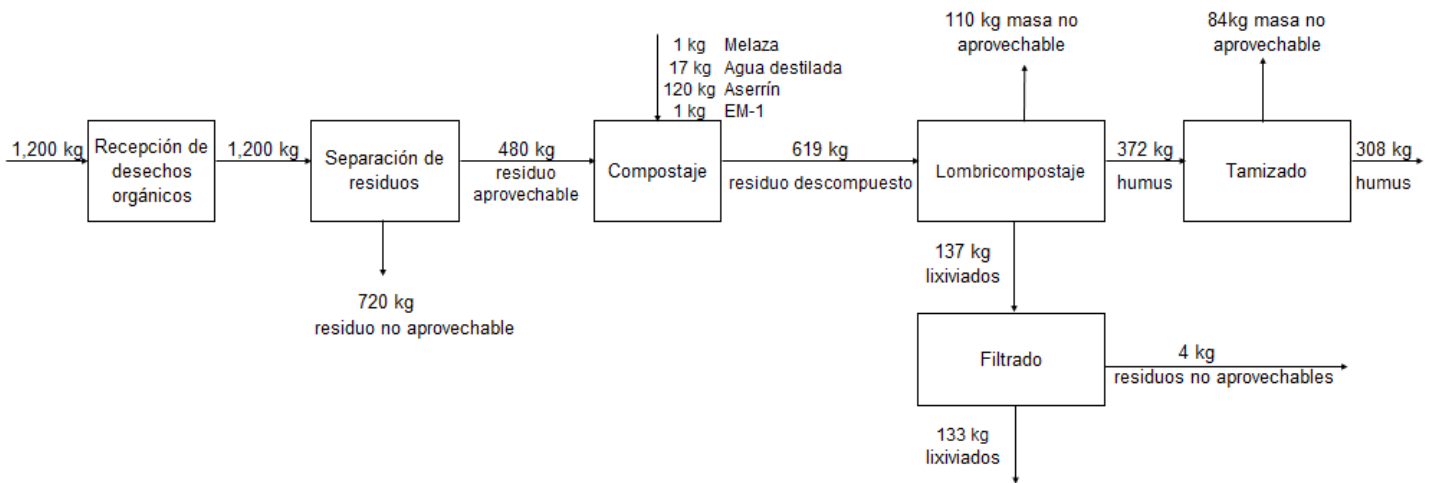
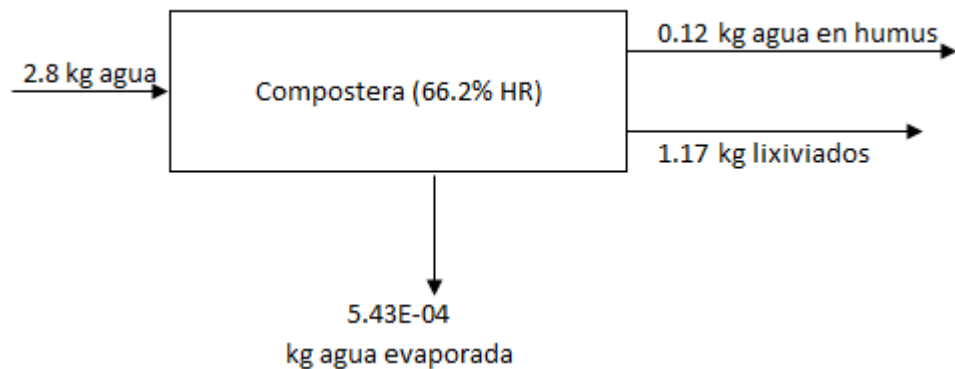


Figura 42. Balance de agua



3. Manejo de desechos sanitarios

Figura 43. Balance de masa de cajón número 5

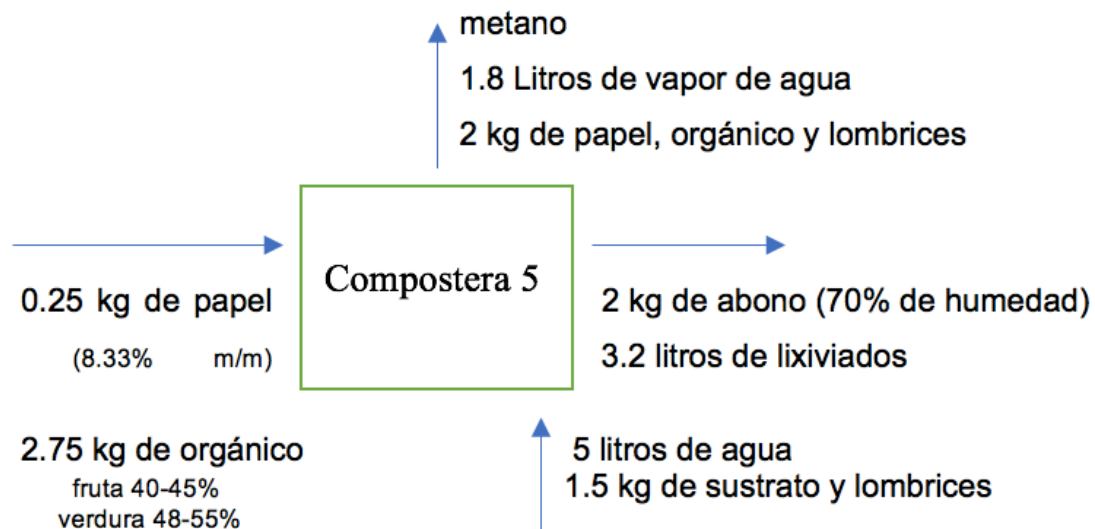
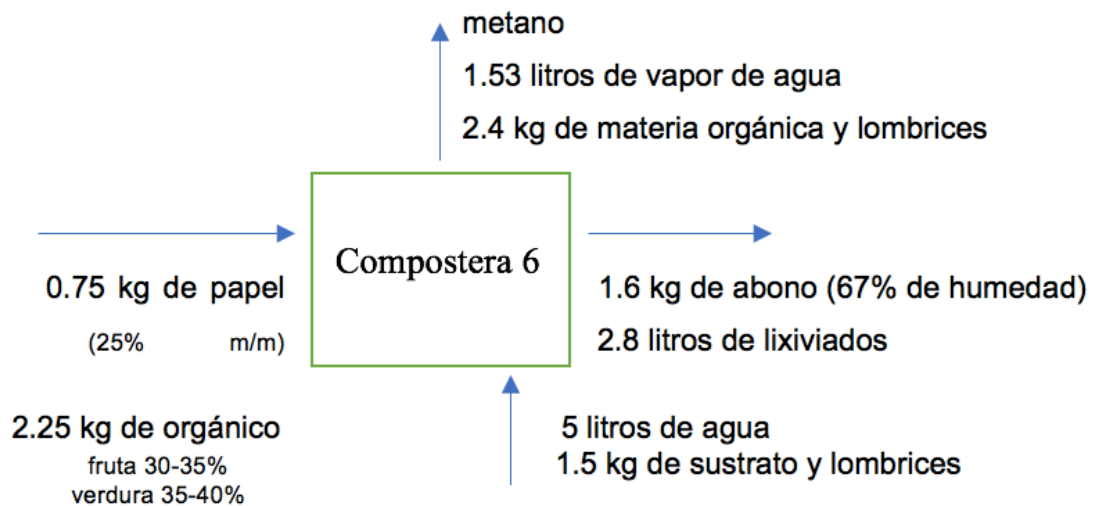


Figura 44: Balance de masa de cajón número 6



E. CÁLCULOS

1. Producción de abono tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas y aeróbicas

Cálculo 1. Promedio

$$x = \frac{\sum x_i}{n} \quad [Ecuación. 1]$$

Donde:

n es la cantidad de datos obtenidos

Nota: Se utilizó una hoja electrónica Excel Office 18 y todos los cálculos para el promedio se realizaron de esta forma.

Cálculo 2. Desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x)^2}{n-1}} \quad [Ecuación. 2]$$

Donde:

x es el promedio

n es la cantidad de datos obtenidos

Nota: Se utilizó una hoja electrónica Excel Office 18 y todos los cálculos para la desviación estándar se realizaron de esta forma.

Cálculo 3. Densidad del rábano

$$\rho = \frac{m}{V} \quad [Ecuación. 3]$$

Donde:

ρ es la densidad, kg/m³

m es la masa, kg

V es el volumen, m³

$$\rho = \frac{0.039 \text{ kg}}{1.5 \times 10^{-5} \text{ m}^3} = 1020 \text{ kg/m}^3$$

Nota: Todos los cálculos para la densidad se realizaron de esta forma.

Cálculo 4. para el abono orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas

Entrada del proceso

Residuos orgánicos	3.73 kg
Salvado de trigo	0.88 kg
Agua destilada y Microorganismos eficientes activados	1.14 kg
Total	5.76 kg

Salida del proceso

Lixiviados	0.75 kg
Abono orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas sólido	2.23 kg
Total	2.97 kg

$$\text{Entradas} = \text{Salida} + \text{Pérdidas}$$

Despejando la expresión anterior:

$$\text{Pérdidas} = \text{Entradas} - \text{Salidas}$$

$$\text{Pérdidas} = 5.76 \text{ kg} - 2.97 \text{ kg} = 2.78 \text{ kg}$$

Nota: Se asumió que la densidad de los Microorganismos eficientes activados y los lixiviados era la misma que el agua. Todos los balances de masa se realizaron de esta forma tanto para abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas como anaeróbicas.

Cálculo 5. Eficiencia para el abono orgánico tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas

Masa total en la entrada	5.76 kg
Masa final en la salida	2.97 kg

$$5.76 \text{ kg} - 2.97 \text{ kg} = 2.78 \text{ kg} = \text{Pérdidas}$$

$$\text{Porcentaje de eficiencia} = (5.76 \text{ kg} / 2.97 \text{ kg}) * 100 = 38.68 \%$$

Nota: Todos los cálculos para la eficiencia se realizaron de esta forma tanto para abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas como anaeróbicas.

2. Producción de humus con lombriz coqueta roja utilizando residuos de frutas y verduras

Cálculo 6. Densidad de lixiviado

$$\rho = \frac{m}{V} \quad [Ec. 4]$$

Donde:

ρ es la densidad, kg/m³

m es la masa, kg

V es el volumen, m³

$$\rho = \frac{0.102 \pm 0.001 \text{ kg}}{0.0001 \pm 0.0005 \text{ L}} = 1020.00 \pm 11.23 \text{ kg/m}^3$$

Nota: Todos los cálculos para la densidad se realizaron de esta forma

Cálculo 7. Incertidumbre para la densidad del lixiviado

$$\Delta R = R * \sqrt{\frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B} + \dots + \frac{\Delta n}{n}} \quad [Ec. 5]$$

Donde:

ΔR la incertidumbre total

R el resultado obtenido del cálculo

A, B, n son las incertidumbres de la variable A, B y n-esima dentro del cálculo de R.

A, B, n son las magnitudes de las variables A, B y n-esima dentro del cálculo de R

$$\Delta R = 1.02 \frac{\text{kg}}{\text{L}} * \sqrt{\frac{0.001 \text{ kg}}{0.102 \text{ kg}} + \frac{0.005 \text{ L}}{0.100 \text{ L}}} = 11.23$$

Nota: Todos los cálculos para incertidumbres se realizaron de esta forma

Cálculo 8. Estadística descriptiva para la densidad del lixiviado

Densidad de lixiviados (kg/L)	
Media	1.02
Desviación estándar	0.02
Nivel de confianza (95.0%)	0.04

Nota: Se utilizó la herramienta de Análisis de Datos de Excel 365

Cálculo 9. Porcentaje de masa aprovechable

$$m. a. = \frac{m_o}{m_f} * 100 \quad [Ec. 6]$$

Donde:

m.a. es el porcentaje de masa aprovechable

m_o es la masa inicial de residuos, kg

m_f es la masa final de humus producido, kg

$$m. a. = \frac{2.24 \pm 0.001 \text{ kgkg}}{0.358 \pm 0.001 \text{ kg}} * 100 = 15.98\%$$

Nota: Todos los cálculos para la masa aprovechable se realizaron de esta forma

Cálculo 10. Tasa mínima aceptable de rendimiento

$$TMAR = \text{Tasa de inflación} + \text{Riesgo del proyecto} \quad [Ec. 7]$$

$$TMAR = 5.68\% + 10\% = 15.68\%$$

Nota: La tasa de inflación utilizada fue obtenida del Instituto Nacional de Estadística en Guatemala, para el 2017. Mientras que el riesgo del proyecto fue alto

Cálculo 11. Volumen de los residuos orgánicos

$$V = \pi * r^2 * h \quad [Ec. 8]$$

Donde:

V es el volumen ocupado por los residuos orgánicos, m³

r es el radio de la compostera, m

h es la altura de la cama de residuos orgánicos, m

$$V = \pi * 0.12500 \pm 0.00005m^2 * 0.05000 \pm 0.00005m = 0.002500 \pm 0.000003m^3$$

Cálculo 12. Densidad de los residuos orgánicos

$$\rho = \frac{m}{V} \quad [Ec. 9]$$

Donde:

ρ es la densidad, kg/L

m es la masa, kg

V es el volumen, m³

$$\rho = \frac{0.748 \pm 0.001 \text{ kg}}{0.002500 \pm 0.000003m^3} = 299.30 \pm 0.54 \text{ kg/m}^3$$

Cálculo 13. Masa perdida por tamizado

$$\frac{\text{residuo no aprovechable}}{\text{masa total recuperada}} * 100 = \frac{0.491 \pm 0.001\text{kg}}{2.860 \pm 0.001\text{kg}} * 100 = 17.21\%$$

Para el cálculo de la masa perdida por tamizado se utilizó la suma total de lo recuperado por ambos sustratos.

Cálculo 14. Porcentaje de crecimiento del cilantro

$$\frac{\text{Altura final}}{\text{Altura final con abono químico}} = \frac{3.00 \pm 0.05\text{cm}}{4.00 \pm 0.05\text{cm}} * 100 = 75\%$$

Cálculo 15. Materia prima para tratar 1kg de residuo orgánico

$$\frac{0.04\text{kg EM} - 1 \text{ Activado}}{1.0 \text{ kg de residuo orgánico}} \left(\frac{1 \text{ Litro EM} - 1}{20\text{kg EM} - 1 \text{ Activado}} \right) = 0.002\text{kg EM} - 1$$

Nota: Se realizó el mismo cálculo para determinar los valores necesarios de otras materias primas. Los resultados se muestran el

Cuadro 68.

Cálculo 16. Agua evaporada

$$\begin{aligned} \text{Volumen agua evaporada} &= \pi * 5.0\text{mm}^2 * 0.32\text{mm} = 25.85\text{mm}^3 \text{ al día} \\ 25.85\text{mm}^3 \left(\frac{1\text{m}}{1000\text{mm}} \right)^3 \left(\frac{1000\text{kg}}{1 \text{ m}^3} \right) &= 2.58 * 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{día}} * 21 \text{ días} = 5.43 * 10^{-4}\text{kg} \end{aligned}$$

Nota: La tasa de evaporación al día según datos del INSIVUMEH es de 0.32mm. El radio de la columna con la que se mide este dato es de 5.0mm, obtenido de la Unidad de Meteorología de Uruguay. La densidad del agua se tomó como 1000kg/m³

Cálculo 17. Agua en exceso

$$3.74\text{kg de residuos} * 66.2\% = 2.48 \text{ kg de agua en residuos}$$

$$2.80\text{kg} - 2.48\text{kg agua en residuos} - 0.12 \text{ kg agua en humus} - 5.43 * 10^{-4}\text{kg agua evaporada} = 0.21 \text{ kg}$$

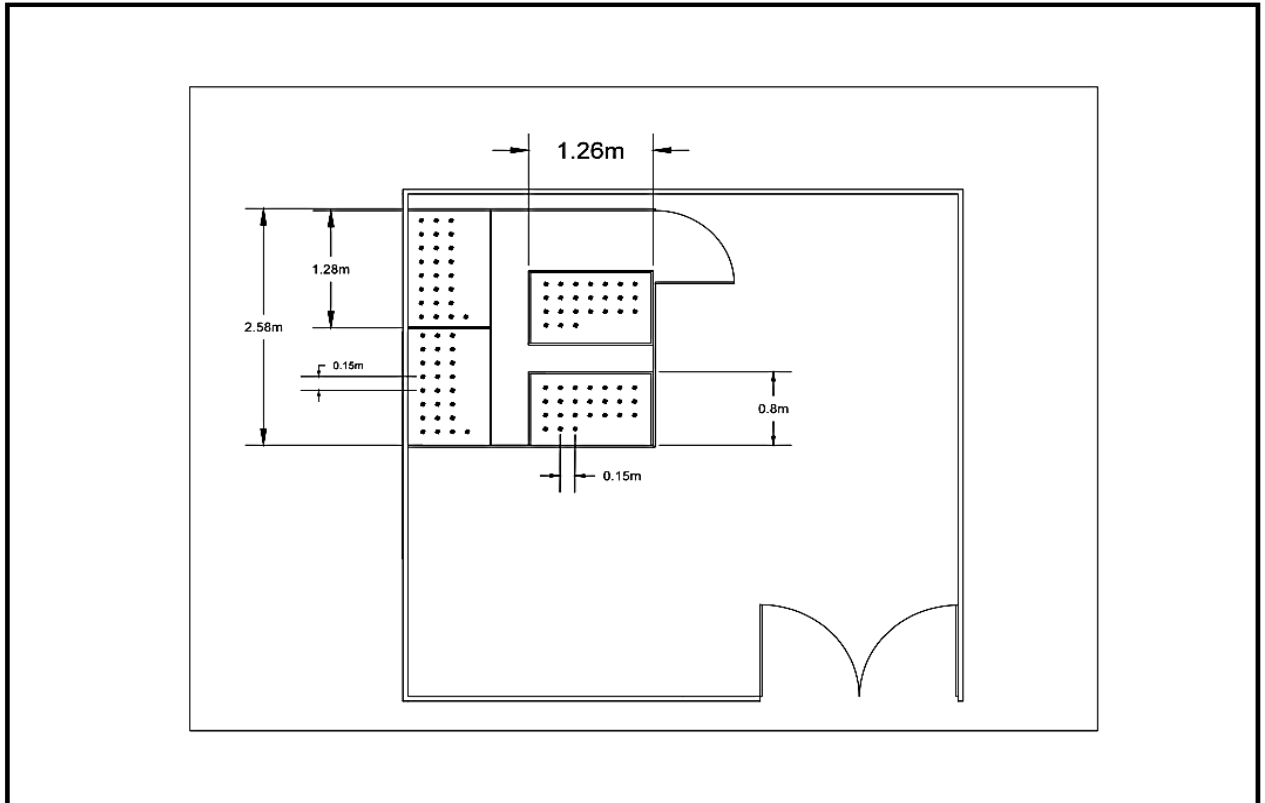
$$1.17\text{kg lixiviados} - 0.21\text{kg} = 0.96\text{kg de agua en exceso}$$

Nota: Ver el balance de agua en la Figura 42 para más información sobre las cantidades utilizadas para este cálculo

F. PLANOS

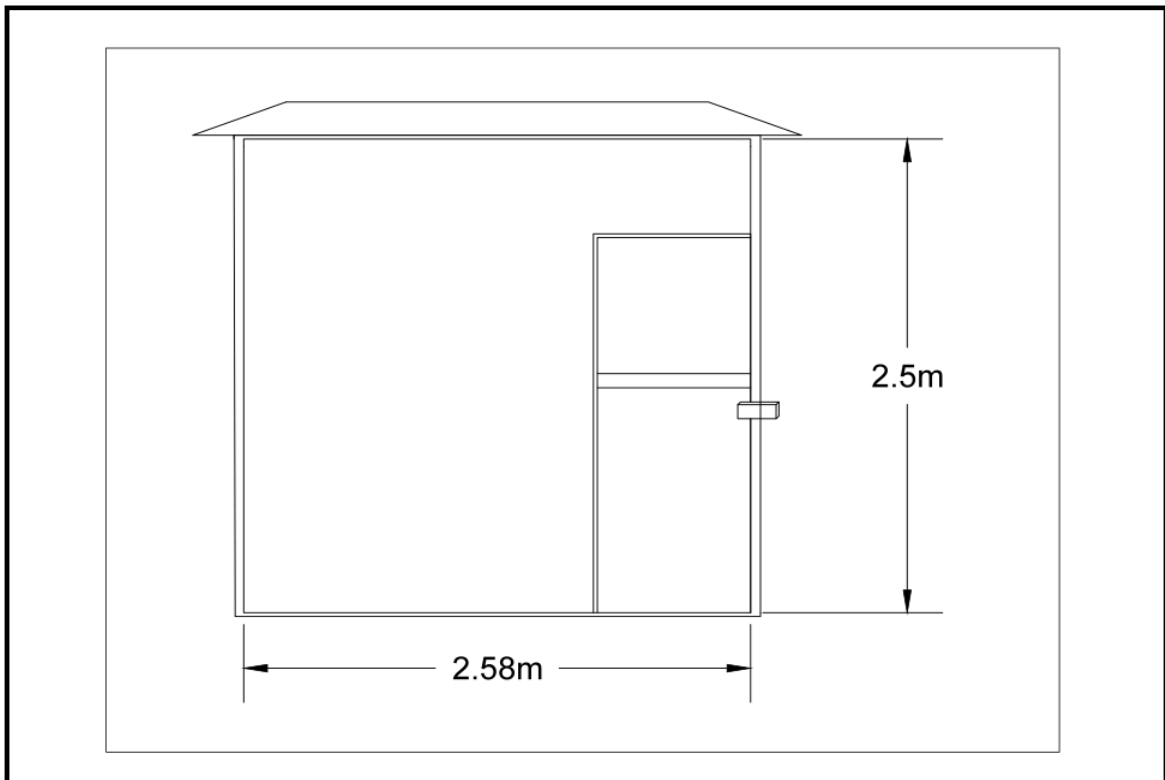
1. Producción de abono tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas y aeróbicas

Figura 45. Croquis de invernadero vista planta de distribución de cajones dentro del invernadero



Título	Croquis de Invernadero en un jardín residencial			
Propietario	Ileana M. Morales C.	Camet	131080	
Fecha	19 de Octubre de 2018	Plano	Vista planta de distribución de cajones dentro del invernadero	
Plano N°.	1			

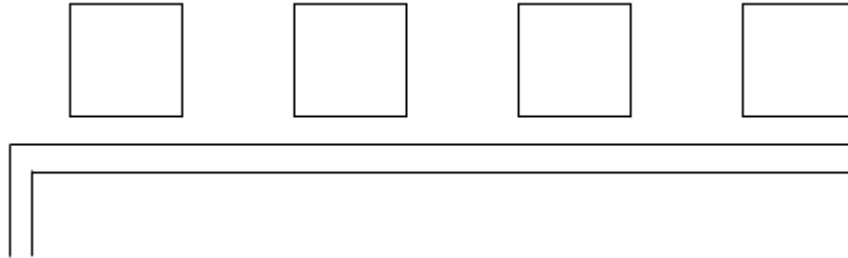
Figura 46. Croquis de invernadero vista elevación



Título	Croquis de Invernadero en un jardín residencial			<p>UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA 1966 Excelencia que trasciende DEL VALLE GRUPO EDUCATIVO</p>
Propietario	Ileana M. Morales C.	Carnet	131080	
Fecha	19 de Octubre de 2018	Plano	Vista elevación del invernadero	
Plano N°.	2			

2. Producción de humus con lombriz coqueta roja utilizando residuos de frutas y verduras

Figura 47. Croquis de composteras



Nota: Los rectángulos representan una compostera/lombricompostera. Hay 1 compostera y 1 lombricompostera, cada una con capacidad para 98kg de residuos de frutas y verduras. Cada una tendrá la función para ambos. Los canales representan la recepción de lixiviados que luego serán llevados a un proceso de filtrado. Se agregaron en el croquis dos composteras en caso de expansión. El detalle de las composteras se encuentra en el Cuadro 67. Información sobre las camas de compostaje para 120 kg al mes.

3. Manejo de desechos sanitarios

Figura 48: Vista de despiece del recipiente para la recolección de toallas sanitarias y tampones.

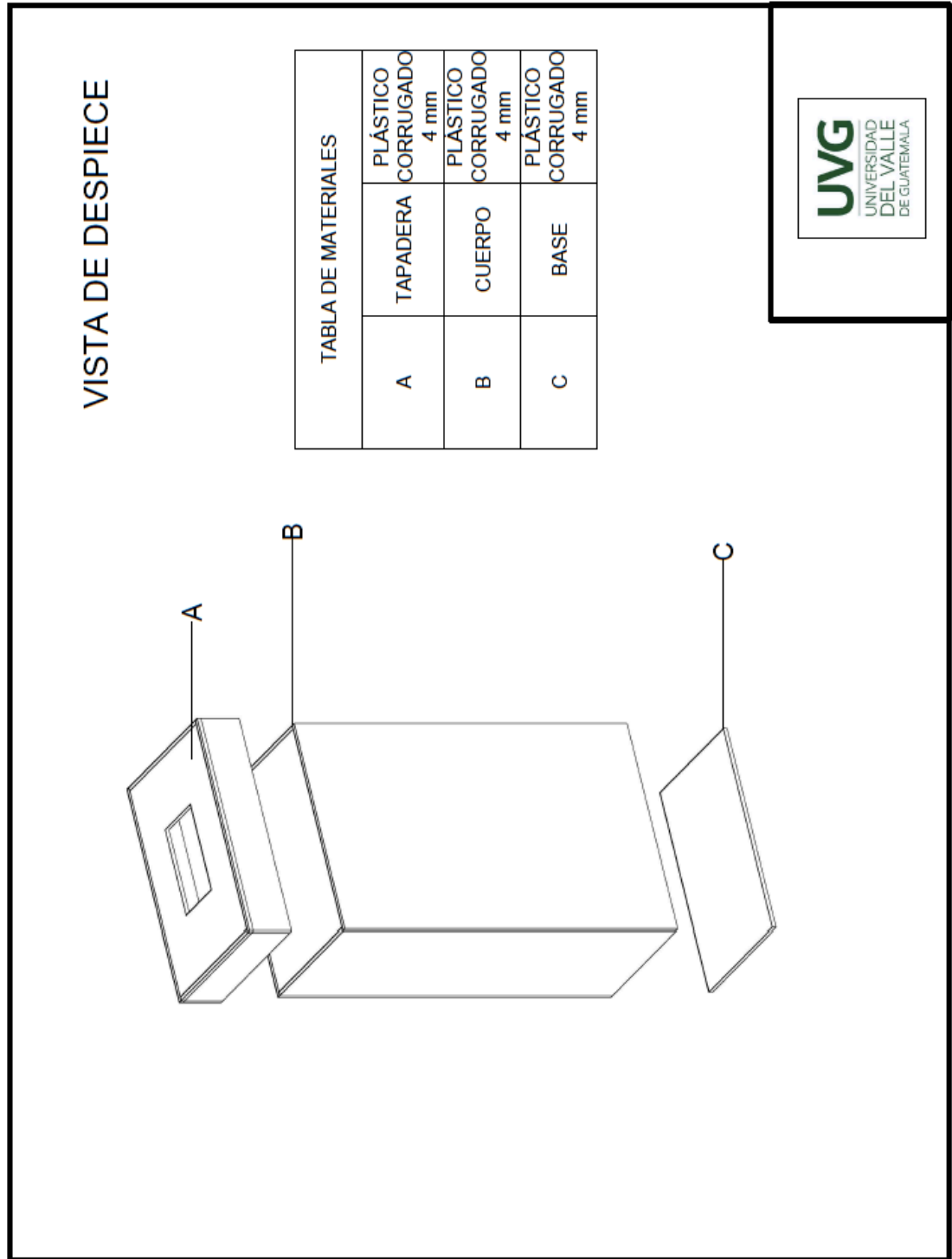


Figura 49: Vista superior, lateral, frontal, posterior y frontal del recipiente

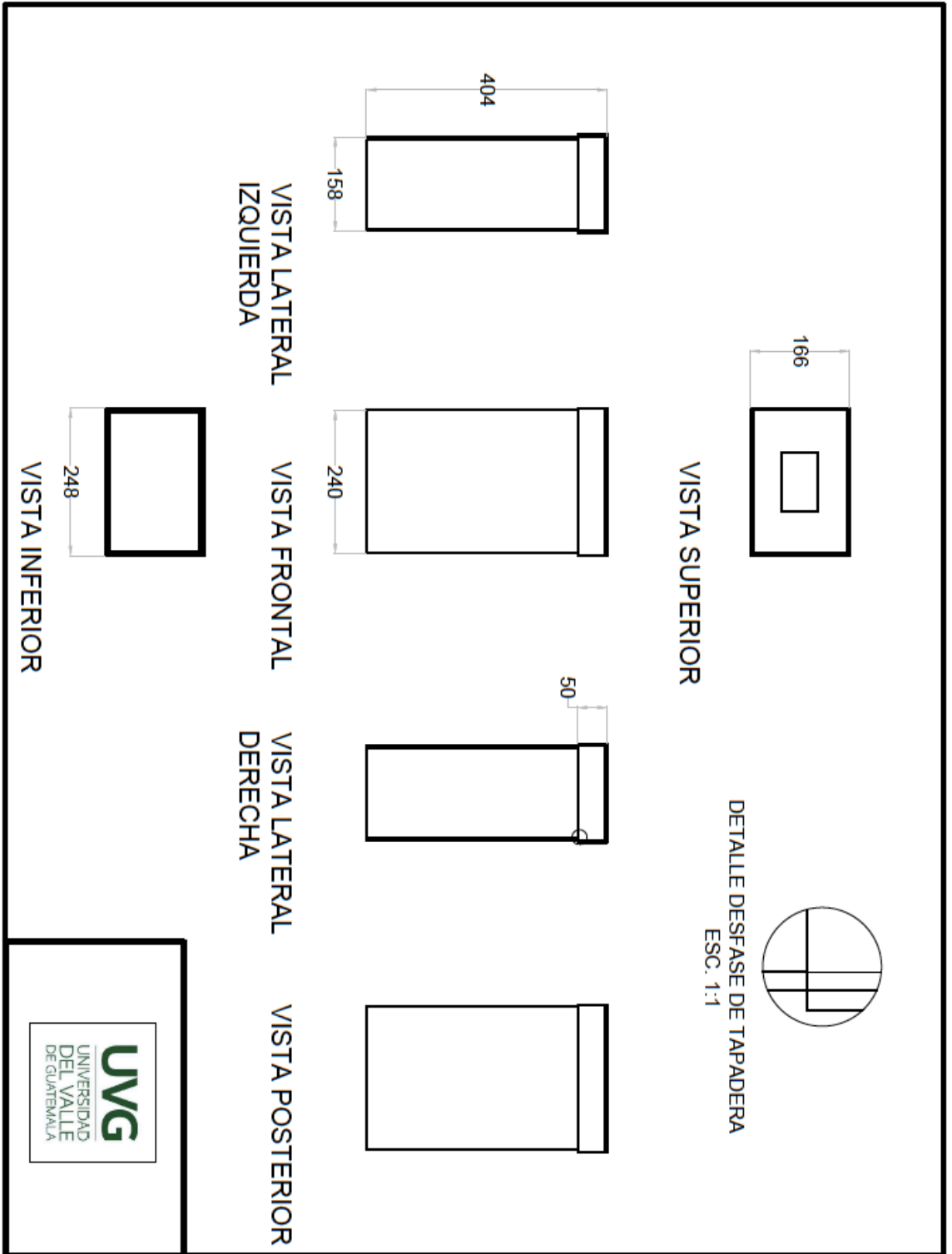


Figura 50: Vista superior, lateral, inferior de la pieza A

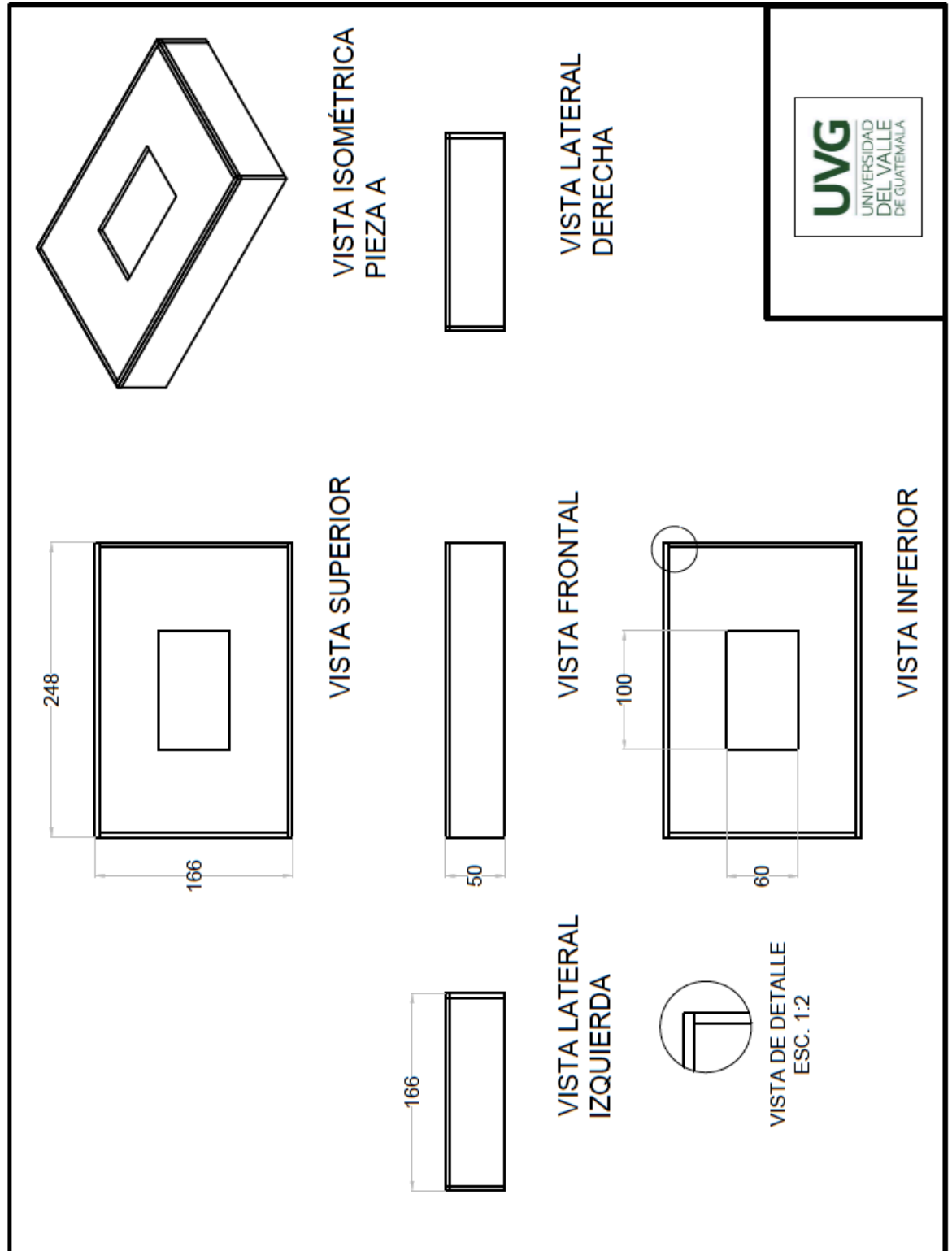


Figura 51: Vista superior, lateral, inferior de las piezas B y C

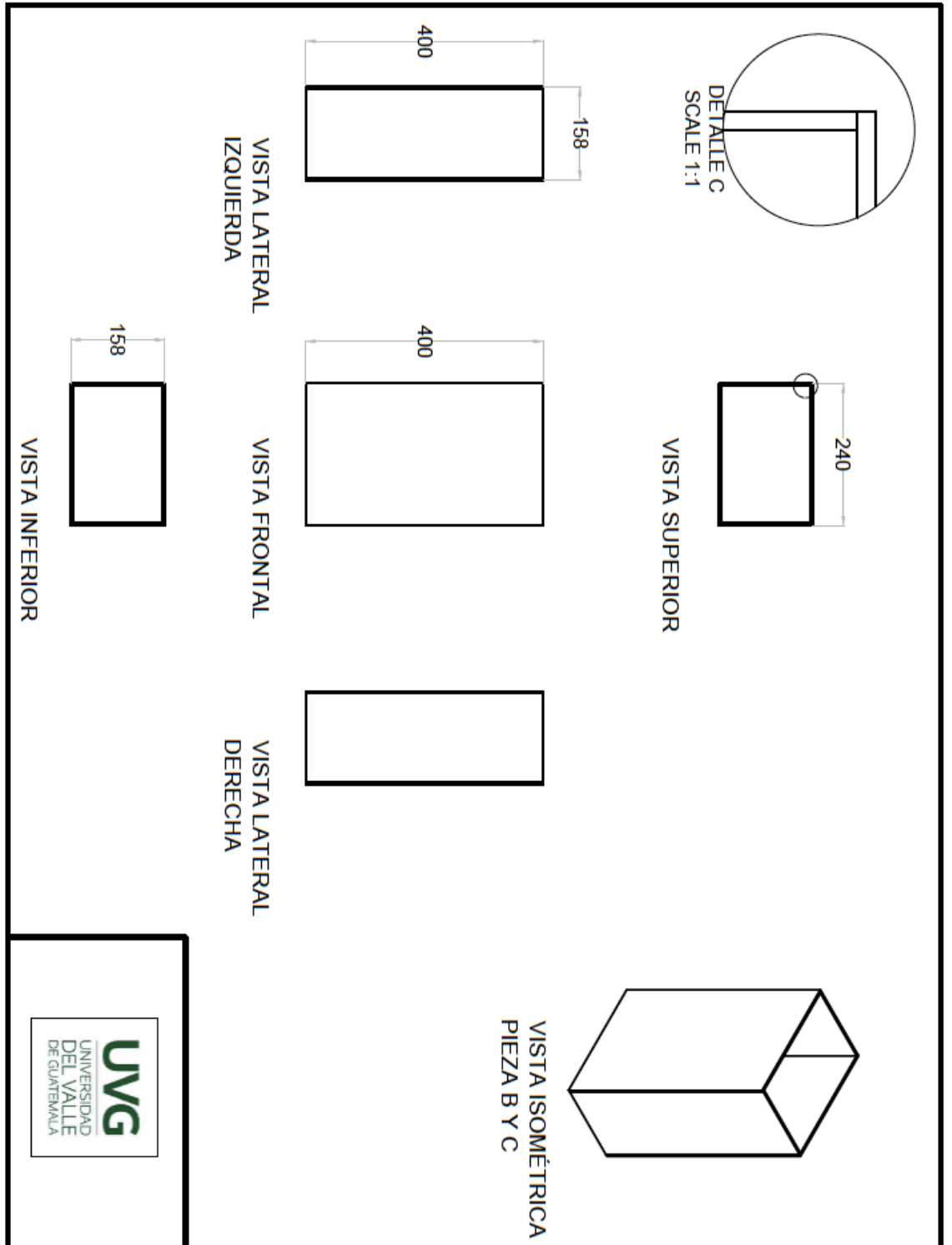


Figura 52: Plano de troquel de pieza B del recipiente

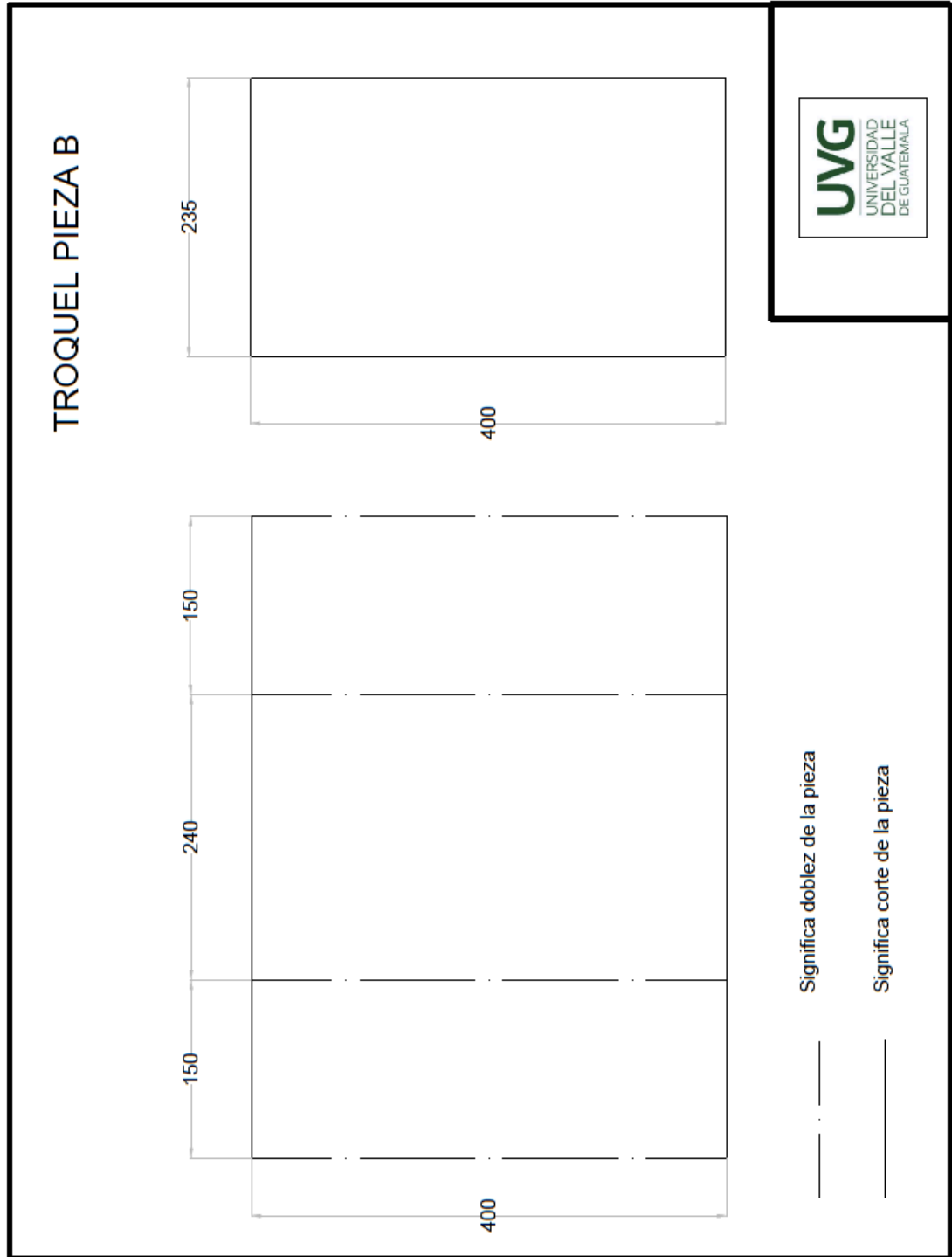
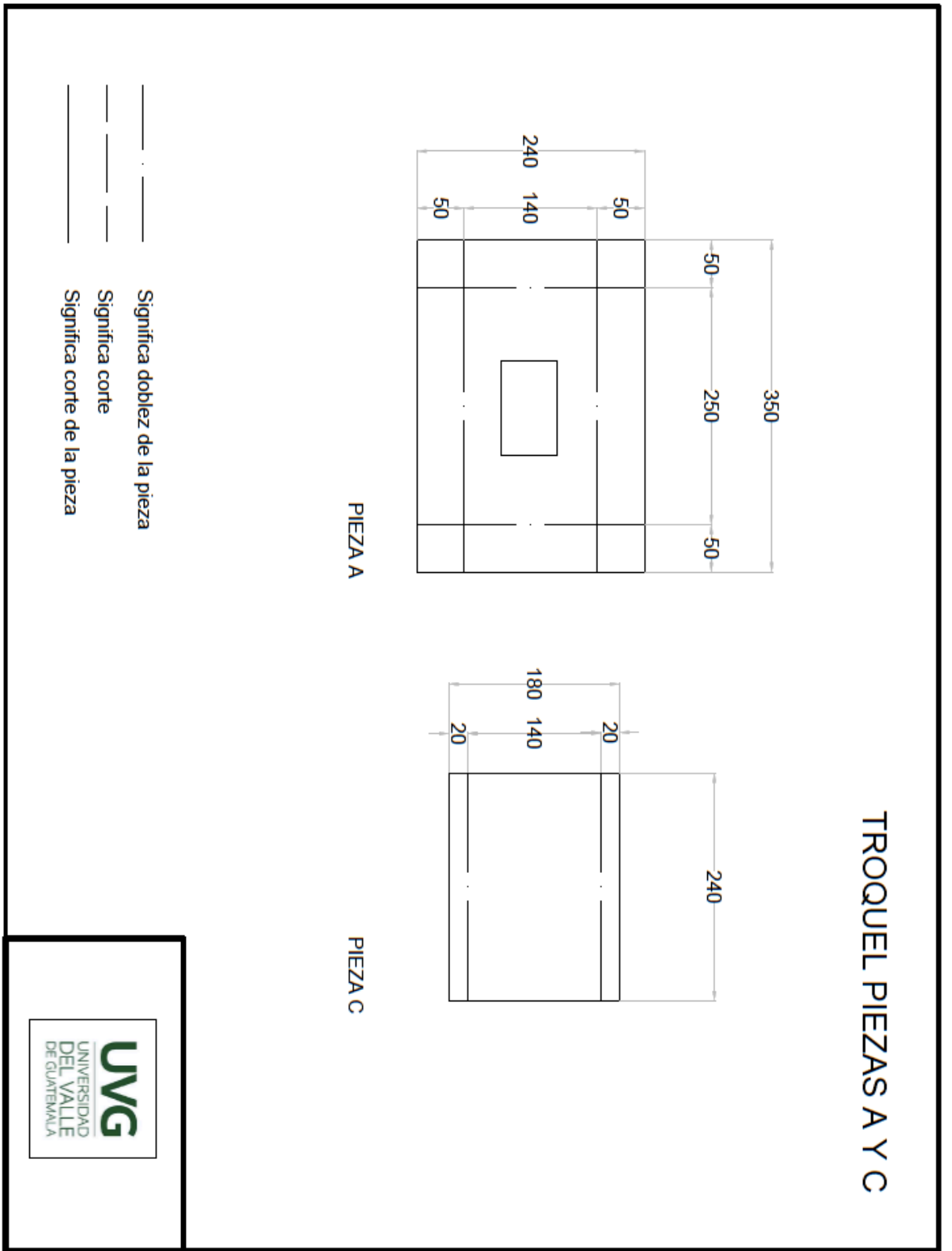


Figura 53: Planos de troquel de piezas A y C del recipiente



G. FLUJO DE CAJA PRODUCCIÓN HUMUS DE LOMBRIZ CON DESECHOS DE FRUTAS Y VERDURAS

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Año	227	227	227	227	227	227
Ventas (Bolsas de 1.81kg (4lb))	Q21.00	Q22.05	Q22.49	Q22.49	Q22.49	Q23.62
Precio por bolsa (sin iva)	178	178	178	178	178	178
Ventas (Litro de lixiviado)	Q55.00	Q57.75	Q60.64	Q63.67	Q63.67	Q66.85
Precio por litro (sin iva)						
Concepto	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
(+) Ingresos por humus	Q4,768.51	Q5,006.93	Q5,107.07	Q5,107.07	Q5,107.07	Q5,362.43
(+) Ingresos por lixiviados	Q9,790.00	Q10,279.50	Q10,793.48	Q11,333.15	Q11,333.15	Q11,899.81
(+) Ingresos totales	Q14,558.51	Q15,286.43	Q15,900.55	Q16,440.22	Q16,440.22	Q17,262.23
(-) Costos de materia prima	-Q385.10	-Q385.10	-Q385.10	-Q385.10	-Q385.10	-Q385.10
(-) Costo de empaque humus	-Q22.71	-Q22.71	-Q22.71	-Q22.71	-Q22.71	-Q22.71
(-) Costo de empaque lixiviados	-Q89.00	-Q89.00	-Q89.00	-Q89.00	-Q89.00	-Q89.00
(-) Costo mano de obra	-Q41,892.62	-Q43,149.40	-Q44,443.88	-Q45,777.20	-Q46,777.20	-Q47,150.51
UTILIDAD BRUTA	-Q27,830.92	-Q28,359.77	-Q29,040.14	-Q29,833.79	-Q29,833.79	-Q30,385.09
(-) Gasto de operación	-Q99,000.00	-Q104,670.00	-Q110,695.50	-Q117,101.48	-Q117,101.48	-Q123,914.87
(-) Mantenimiento	-Q7.50	-Q7.88	-Q8.27	-Q8.68	-Q8.68	-Q9.12
UTILIDAD OPERATIVA	-Q126,838.42	-Q133,037.65	-Q139,743.91	-Q146,943.94	-Q146,943.94	-Q154,309.07
(+) Utilidad antes de impuestos	-Q126,838.42	-Q133,037.65	-Q139,743.91	-Q146,943.94	-Q146,943.94	-Q154,309.07
(-) Impuestos (30%)	Q38,051.53	Q39,911.29	Q41,923.17	Q44,083.18	Q44,083.18	Q46,292.72
(+) Utilidad después de impuestos	-Q88,786.89	-Q93,126.35	-Q97,820.74	-Q102,860.76	-Q102,860.76	-Q108,016.35
(-) Capital de trabajo	-Q3,200.00					Q3,200.00
(-) Inversión Inicial	-Q3,326.00					
Flujo neto a capital	-Q6,526.00	-Q88,786.89	-Q93,126.35	-Q97,820.74	-Q102,860.76	-Q104,816.35
VAN						
TIR		-Q324,714.79				
TREMA		#NUM!				
		15.60%				

Figura 55: Cotización sobre la colocación de recipientes para el buen manejo de toallas sanitarias y tampones por parte de Pro Hygiene.



PROYECTOS EMPRESARIALES SA
 4 AVENIDA 8-59 ZONA 9, GUATEMALA, GUATEMALA
 Teléfono: 24276060
 www.prohygiene.com

COTIZACION
 N° **X000100046918**


Día	Mes	Año
23	1	2018

Cliente:	UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Contacto:	ING. JOAQUIN FLORES

COTIZACIÓN DE SISTEMAS PROHYGIENE

ProHygiene, empresa líder en Sistemas de Higiene Profesional le ofrece una gama de soluciones eficientes y económicas, a su medida, para lograr la mejor imagen de su establecimiento.

SISTEMAS COTIZADOS

 Sistema de Gestión de Residuos Higiénicos Femeninos: Logra, mediante un sistema innovador de provisión y recambio completo de contenedores especialmente diseñados para desechar los residuos femeninos, mayor higiene, seguridad y comodidad de las usuarias dándole valor agregado a sus baños.
--

ProHygiene le brinda, por medio del pago de un abono, una solución a su medida que incluye la entrega en comodato del equipamiento necesario, el mantenimiento periódico de los sistemas a través de nuestros técnicos especializados y la mejor atención al cliente brindada por nuestros ejecutivos de cuenta, asegurando así calidad durante los 365 días del año.

ARTÍCULOS EN COMODATO	cantidad
SOPORTE CONTENEDOR PROHFEM	50

Todos los artículos son y permanecen como propiedad de PROYECTOS EMPRESARIALES SA.
 El cliente debe velar por su seguridad y será responsable por cualquier pérdida, daño y/o destrucción, total y/o parcial de los artículos suministrados.

IMPORTE TOTAL A ABONAR: cada 1 meses	US\$	875.36	+ IVA
Depósito en Garantía: (importe a pagar por única vez al momento de la entrega de los artículos en comodato)	US\$	875.36	+ IVA
Condiciones de Pago: CONTADO			
Validez de la Oferta: 15 días			

Kenia Marjorie Chew
 kenia.chew@prohygiene.com

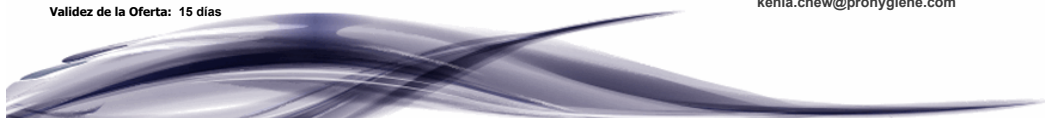


Figura 56: Cotizaciones sobre la incineración de desechos sanitarios una vez al mes por parte de Ecotermo.



Guatemala, 23 de Enero del 2018

Atención
Andrea Argueta
Oakland Mall
Presente

Estimada Andrea:

Nos complace presentarle nuestro servicio de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos bio-infecciosos, medicina vencida, desechos punzo-cortantes, no anatómicos, patológicos, microbiológicos, etc... **ECO TERMO** surgió por la necesidad existente de dar un adecuado tratamiento a dichos desechos y además para poder cumplir con la ley, **ACUERDO GUBERNATIVO No. 509-2001**.

Nuestro servicio incluye:

- **Asesoría, supervisión y los suministros:** Necesarios para poder llevar a cabo la correcta separación y clasificación de dichos desechos, dentro de la Institución.
- **Servicio de recolección:** Calendarizado de los desechos peligrosos biológico-infecciosos en toda la república.
- **Transporte:** Utilizando los vehículos y tecnología de acuerdo con lo establecido por la ley.
- **Tratamiento de desechos:** Nuestro exclusivo método de tratamiento es la incineración. Contamos con el más moderno equipo de incineración en Guatemala, el funcionamiento de nuestro equipo no permite la contaminación debido a que se trata de un incinerador de doble cámara. Contamos con la autorización del Ministerio del Medio Ambiente y del Ministerio de Salud.
- **Disposición final:** Los desechos ya tratados, como desechos municipales (cenizas) en el relleno sanitario.

OFICINAS CENTRALES: 9ª. Avenida 16-28 Zona 10 Guatemala, C. A. PBX: 2277-5400, 2368-0316
PLANTA: Zona Industrial del Sur km. 30 Autopista al Pacífico
E-mail: información@ecotermo.com.gt

En el caso de recolección de desechos bio-infecciosos hemos determinado las siguientes tarifas para cada lugar de generación:

OFERTA DE SERVICIO

Semestral

CUOTA POR RECOLECCIÓN	LIMITE DE ENTREGA	KILO EXTRA	FRECUENCIA DE VISITA
Q. 1,050.00	10 Kilos por mes	Q. 7.50	1 vez al mes

Anual

CUOTA POR RECOLECCIÓN	LIMITE DE ENTREGA	KILO EXTRA	FRECUENCIA DE VISITA
Q. 1,920.00	10 Kilos por mes	Q. 7.50	1 vez al mes

- Contrato anual incluye: 50 bolsas rojas pequeñas
01 contenedor de 8 litros

Cualquiera de los contratos deberá ser cancelado por ANTICIPADO.

Extendemos **CERTIFICADO MANEJO DE RESIDUOS BIO-INFECCIOSOS**. No cobramos **MEMBRESÍA**, se celebra contrato de prestación de Servicios de Recolección semestral o anual según corresponda, **el cual es renovable a automáticamente de no recibir notificación por escrito, por lo menos con 15 días de anticipación antes de que finalice el contrato anterior.**

Atentamente,



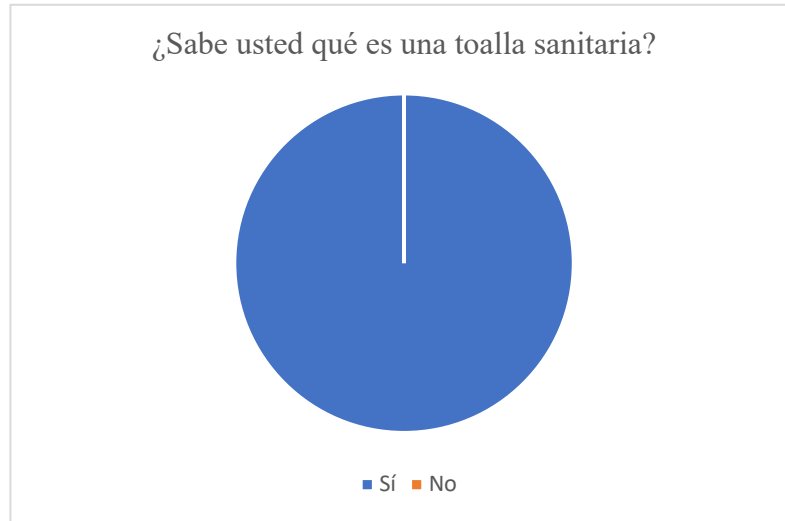
Silvia Gallardo
Asesoría de Ventas
Cel. (502) 3012-7516



I. ENCUESTA PARA MANEJO DE DESECHOS SANITARIOS

1. ¿Sabe usted qué es una toalla sanitaria?

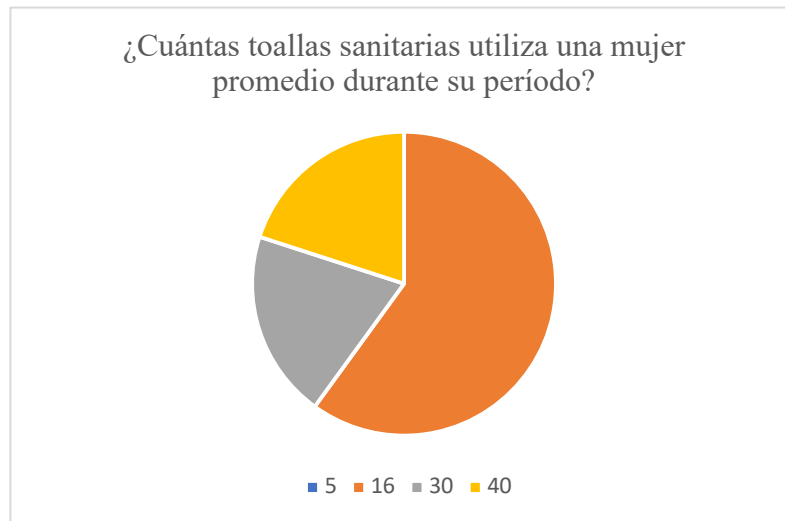
Figura 57: Gráfica sobre conocimiento acerca de ¿qué es una toalla sanitaria?



Nota: El color azul representa el 100% de la población

2. ¿Cuántas toallas sanitarias utiliza una mujer promedio durante su período?

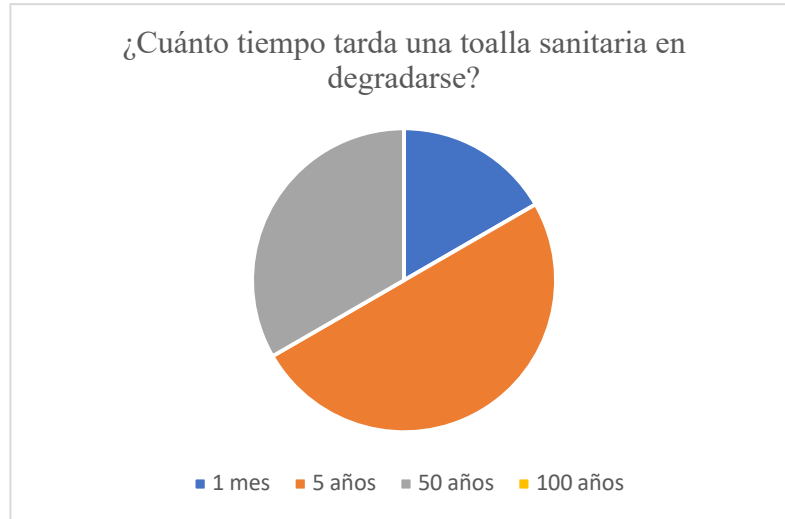
Figura 58: Gráfica sobre conocimiento acerca de la cantidad de toallas sanitarias utilizadas durante el período



Nota: El 60% de mujeres pertenecientes a la población contestaron que una mujer utiliza un promedio de 16 toallas sanitarias al mes.

3. ¿Cuánto tiempo tarda una toalla sanitaria en degradarse?

Figura 59: Gráfica sobre conocimiento acerca del tiempo de degradación de una toalla sanitaria



Nota: El 50% de las mujeres pertenecientes a la población contestaron que una toalla sanitaria tarda aproximadamente cinco años en degradarse.

4. ¿Sabe cómo desechar una toalla sanitaria? Explique

Figura 60: Gráfica sobre conocimiento acerca del desecho de una toalla sanitaria



Nota: Todas las personas encuestadas colocaron que se deben tirar en un basurero común.

5. ¿Sabe de qué materiales están hechas las toallas sanitarias?

La mayoría de las personas colocaron algodón con pegamento. Las otras colocaron que están hechas de materiales absorbentes y refrescantes.

J. FOTOGRAFÍAS

1. Producción de abono tipo Bocashi en condiciones anaeróbicas y aeróbicas

- Recolección de residuos orgánicos

Figura 61. Recolección y pesaje de residuos orgánicos



Figura 62. Empaque de residuos orgánicos



Figura 63. Recolección de comida procesada



Figura 64. Ejemplo de la comida procesada recolectada



- Elaboración de abono orgánico tipo bocashi en condiciones anaeróbicas

Figura 65. Salvado de trigo para abono bocashi en condiciones anaeróbicas



Figura 66. Agregar Microorganismos Eficientes (EM-1) junto con el salvado de trigo



Figura 67. La mezcla se debe revolver hasta que esté homogéneo



Figura 68. Agregar agua hasta que la mezcla se mantenga unida al momento de realizar una bola



Figura 69. Cubetas con malla plástica al fondo para empezar a realizar el abono orgánico tipo Bocashi anaeróbico



Figura 70. Se debe colocar una capa no tan gruesa de la mezcla del abono orgánico tipo Bocashi anaeróbico



Figura 71. Agregar una capa de residuos orgánicos cortados en pedazos



Figura 72. Después de alternar las capas de la mezcla y los residuos orgánicos deberían de compactar todo el contenido utilizando la mano o un plato pesado.



Figura 73. Producto final del abono orgánico Bocashi en condiciones anaeróbicas



Figura 74. Aplicación de abono orgánico Bocashi en condiciones anaeróbicas al tablón de rábanos



- Elaboración de abono orgánico tipo bocashi en condiciones aeróbicas

Figura 75. Preparación de abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas



Figura 76. Proceso de volteo para el abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas



Figura 77. Producto final del abono orgánico Bocashi en condiciones aeróbicas



Figura 78. Aplicación de abono orgánico Bocashi en condiciones aeróbicas al tablón de rábanos



Figura 79. Muestra contaminada de abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas por huevos de mosca



Figura 80. Proceso de fumigación dentro del invernadero



- Diseño del invernadero en jardín residencial

Figura 81. Construcción terminada del Invernadero



- Cultivo de rábanos

Figura 82. Trasplante de los rábanos a los cajones del invernadero



Figura 83. Recolección de la cosecha de rábanos



Figura 84. Producto Final del tablón de control



Nota: En el tablón de control solamente se utilizó tierra negra sin abono

Figura 86. Producto final utilizando abono orgánico Bocashi en condiciones aeróbicas



Figura 85. Producto final utilizando abono orgánico Bocashi en condiciones anaeróbicas



Figura 87. Producto final utilizando fertilizante químico



2. Producción de humus con lombriz coqueta roja utilizando residuos de frutas y verduras

Figura 88. Cubeta superior de la compostera



Figura 90. Cedazo de fibra de vidrio para el fondo de la compostera

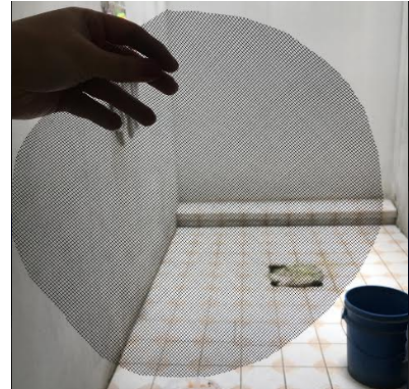


Figura 89. Compostera



Figura 92. Composteras ubicadas en el área de trabajo



Figura 91. Residuo de papaya cortado



Figura 93. Microorganismos eficientes sin activar



Figura 94. Aspecto de los residuos cortados después de tres semanas



Figura 95. Aspecto de los residuos no cortados después de 1 semana con lombrices



Figura 96. Separación de las lombrices para extracción de abono



Figura 97. Proceso de tamizaje



Figura 98. Humus de lombriz tamizado



Figura 99. Residuos por tamizaje del humus



Figura 100. Lixiviados producidos antes de la filtración



Figura 101. Preparación de maceta para sembrar cilantro



Figura 102. Preparación de maceta con tierra y humus para siembra de cilantro



Figura 103. Sistema para filtración de lixiviados



Figura 104. Cilantro sin abono



Figura 105. Cilantro con fertilizante químico



Figura 106. Cilantro con humus de lombriz



3. Manejo de desechos sanitarios

Figura 107: Muestra de cómo fue el acabado final de todos los cajones utilizados



Figura 108: Muestra de cómo se trituró la materia orgánica



Figura 109: Diagrama de bloques de composteras

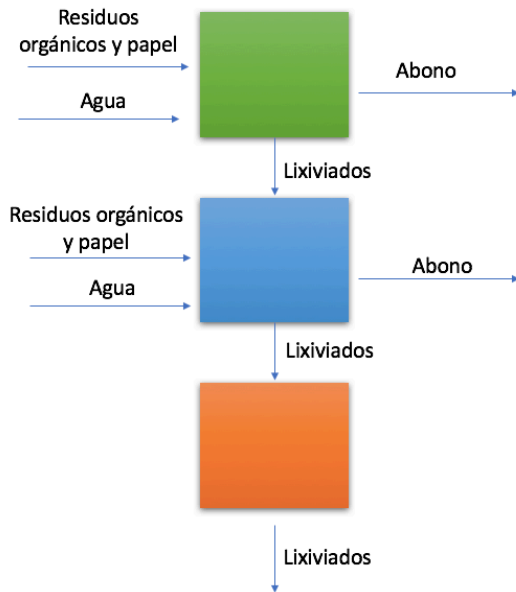


Figura 110: Materia orgánica antes del proceso de descomposición con lombrices



Figura 111: Muestra de pH de compostera cinco



Figura 112: Método para medir la temperatura de las composteras utilizando sensores de temperatura

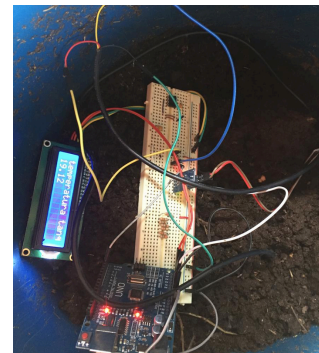


Figura 113: Método para medir si la humedad de las composteras se encontraba dentro del rango aceptable utilizando sensores de humedad.

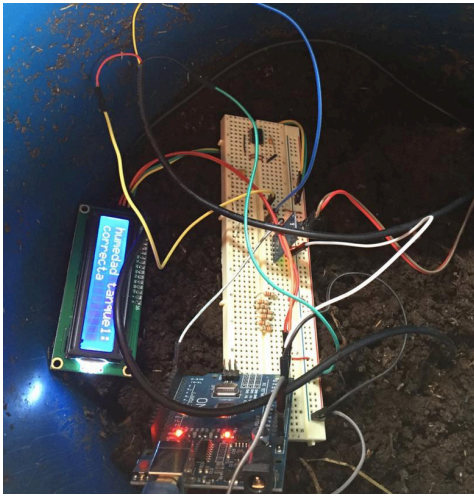


Figura 114: Abono obtenido de la compostera uno después del mes y medio del proceso



Figura 115: Abono obtenido de la compostera dos después del mes y medio del proceso



Figura 116: Abono obtenido de la compostera tres después del mes y medio del proceso



Figura 117: Abono obtenido de la compostera cuatro después del mes y medio del proceso



Figura 118: Abono obtenido de la compostera cinco después del mes y medio del proceso



Figura 119: Abono obtenido de la compostera seis después del mes y medio del proceso



Figura 120: Abono obtenido de la compostera cinco después del mes y medio del proceso



Figura 121: Materiales para fabricación de composteras



Figura 122: Parcela control en la primera semana



Figura 123: Parcela con lombricompost en la primera semana



Figura 124: Parcela con abono químico en la primera semana



Figura 125: Parcela control en la segunda semana



Figura 126: Parcela con lombricompost en la segunda semana



Figura 127: Parcela con abono químico en la segunda semana



Figura 128: Parcela control en la tercera semana



Figura 129: Parcela con lombricompost en la tercera semana



Figura 130: Parcela con abono químico en la tercera semana



Figura 131: Parcela control en la cuarta semana



Figura 132: Parcela con lombricompost en la cuarta semana



Figura 133: Parcela con abono químico en la cuarta semana



Figura 134: Amonio cuaternario utilizado para los recipientes especiales

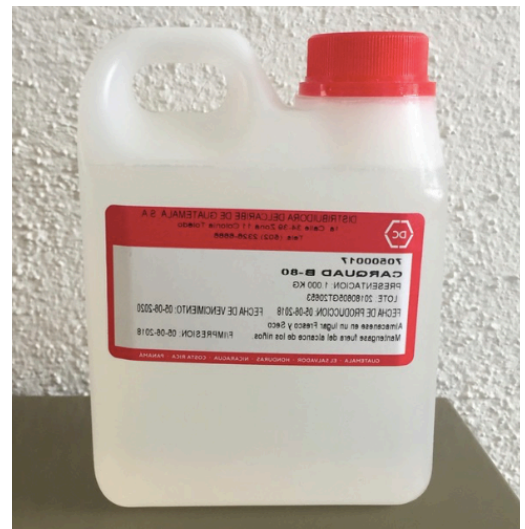


Figura 135: Forma en cómo se midió el amonio cuaternario utilizado

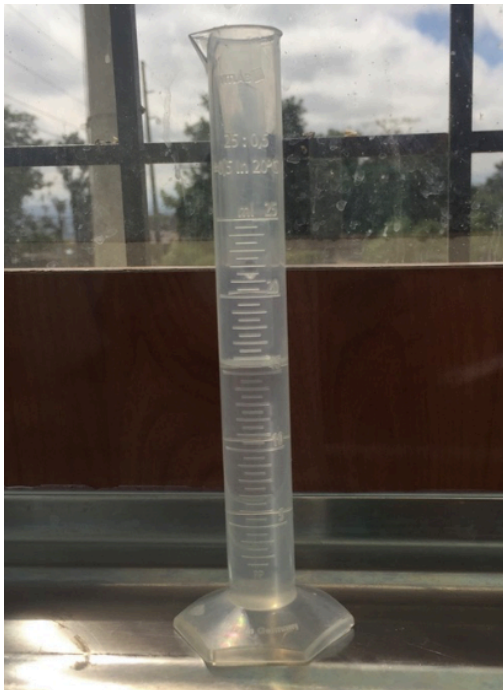


Figura 136: Amonio cuaternario al estar en contacto con las toallas absorbentes

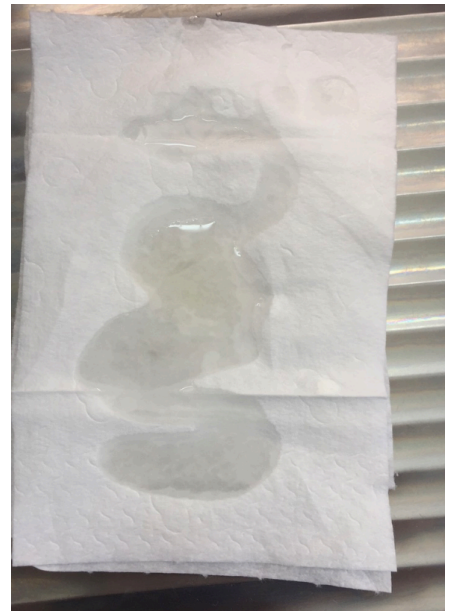


Figura 137: Recipiente especial en área de gerencia



Figura 138: Recipiente especial en área de administración



Figura 140. Resultados de los análisis de abono orgánico líquido bocashi en condiciones anaeróbicas

Número de orden: 26-21
 Cliente: UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
 Finca: UNIVERSIDAD DEL VALLE
 Localización: Salamá, BAJA VERAPAZ



INFORME DE ANALISIS DE ABOÑO ORGÁNICO LÍQUIDO 0-2

No. De laboratorio	Identificación de la muestra	mg/L										pH	
		N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B		S
29	MUESTRA ÚNICA	3340	573.2	3386	30.58	18.89	0.2	11.73	3.13	6.76	0.48	229.4	7.34

LAB PT108_F02 Versión 1

Preparación de muestra por método de digestión ácida y lectura de elementos P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, B y S por Espectrometría de emisión de plasma - ICP/OES
 Análisis de nitrógeno por método fotométrico.

Fecha de ingreso: Lunes, 01 de octubre de 2018
 Fecha de ejecución: Jueves, 04 de octubre de 2018
 Fecha de entrega: Jueves, 11 de octubre de 2018

Cibarys Alvarez
 Licda. Carmen Alvarez
 Especialista en Plantas y P.V.



Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.
 El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.
 La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.


5a. calle 0-50, zona 14, Ciudad de Guatemala

E-mail: analab@anacafe.org

www.anacafe.org

PBX: (502) 2421-3700 ext. 1132, 1133 y 1137

Figura 141. Resultados de los análisis de suelo del tablón de control y utilizando fertilizante químico



Analab
ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS

Versión 1
LAB_Pr108_FAS1

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELOS AS-1

Orden: 26-20
Propietario: UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Finca: UNIVERSIDAD DEL VALLE
Localización: Salamá, BAJA VERAPAZ
Cultivo: OTROS

NO. LAB.	IDENTIFICACIÓN	pH	mg/kg		Cmol(+) /kg		mg/kg	Cmol(+) /kg	mg/kg		%		
			Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio			Azufre	A.I.	Cobro	Hierro	Manganeso
27	LOTE 1 QUIDO FERTIL	5.44	30-75	0.18-0.38	5 - 10	0.82-2.05	10-100	0.3-1.5	1-10	40-250	10-250	1 - 5	
			60.75	2.29	9.57	2.67	380.21	0.12	5.86	114.63	3.90	0.49	
28	LOTE 2 NORMAL	7.55	507.79	8.06	36.71	6.97	376.04	0.19	5.91	103.20	33.67	2.53	
												7.60	
													10.22

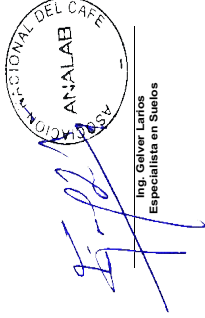
NO. LAB.	IDENTIFICACIÓN	Cmol(+)/L		Porcentaje de Saturación en el CICE de		Equilibrio de las Bases	
		*CICE	**m	Calcio	Magnesio	Mg/K	Ca/Mg
27	LOTE 1 QUIDO FERTIL	10 - 15	menor de 25	34 - 40	12 - 15	2.5 - 15	2 - 5
		14.66	0.83	65.28	18.25	1.17	3.58
28	LOTE 2 NORMAL	53.94	0.35	71.77	12.93	0.86	5.55
							5.67

*CICE = Capacidad de Intercambio Catiónico efectivo ** m = Porcentaje de saturación de aluminio

pH: método de potenciometría, relación 1:2.5 - suelo:agua
Fósforo, potasio, calcio, magnesio, cobre, hierro, manganeso y cinc: solución extractante Mehlich III y determinación por ICP-OES.
Solución extractante para sodio: intercambiable con: KCl 1 Normal, metodología por volumetría.
Materia orgánica: método de Walkley y Black
Solución extractante para azufre y boro: fosfato ácido de calcio, metodología Espectrofotometría visible

Fecha de Ingreso: lunes, 01 de octubre de 2018
Fecha de Ejecución: jueves, 11 de octubre de 2018
Fecha de Entrega: jueves, 11 de octubre de 2018

1. Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.
2. Los resultados de este informe corresponden a muestras recibidas de acuerdo a los criterios de aceptación establecidos por ANALAB.
3. El Laboratorio ANALAB no es responsable de los resultados de este informe que se obtengan fuera de este informe.
4. La reproducción parcial de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.



Ing. Gelver Larros
Especialista en Suelos

Nota: En el tablón de control solamente se utilizó tierra negra sin abono

Figura 142. Resultados de los análisis de suelo utilizando abono orgánico tipo Bocashi en condiciones aeróbicas y anaeróbicas

Orden: 26-63
 Propietario: UNIVERSIDAD DEL VALLE
 Finca: UNIVERSIDAD DEL VALLE
 Localización: Salama, BAJA VERAPAZ
 Cultivo: Otros



INFORME DE ANALISIS DE SUELOS AS-1

LAB. P1108_FAS1

Version 1

NO. LAB.	IDENTIFICACION	pH	Cmol(+) / kg			mg/kg			Cmol(-) / kg			mg/kg			%
			Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre	Al.	Cobre	Hierro	Manganeso	Cinc	Boro	Materia Orgánica	
153	LOTE 3 AEROBICO	5.5 - 6.5	30.75	0.18-0.38	5 - 10	0.82-2.05	10-100	0.3-1.5	1-10	40-250	10-250	2.25	1 - 5	8.43	
154	LOTE 4 AEROBICO FINAL	6.46	8.87	1.02	9.59	1.75	12.47	0.04	4.65	79.74	3.90	3.35	0.32	10.63	
		7.86	1097.10	8.33	46.53	10.61	211.18	0.13	6.19	115.07	81.39	55.13	2.04		

NO. LAB.	IDENTIFICACION	Cmol(+) / L		Porcentaje de Saturación en el CICE de				Equilibrio de las Bases			
		*CICE	**m	Potasio	Calcio	Magnesio	%Sat. Al	Ca/K	Mg/K	Ca/Mg	Ca+Mg/K
153	LOTE 3 AEROBICO	10 - 15	12.40	4 - 5	34 - 40	12 - 15	menor de 25	5 - 25	2.5 - 15	2 - 5	10 - 40
154	LOTE 4 AEROBICO FINAL	65.61	12.70	8.21	77.34	14.14	0.31	9.42	1.72	5.47	11.14
				12.70	70.92	16.18	0.20	5.58	1.27	4.38	6.66

*CICE = Capacidad de Intercambio Catiónico efectivo ** m = Porcentaje de saturación de aluminio

1. Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.
2. Los resultados de este informe corresponden a muestras recibidas de acuerdo a los criterios de aceptación establecidos por ANALAB.
3. El laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.
4. La reproducción parcial de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

Fecha de Ingreso: Jueves, 04 de octubre de 2018
 Fecha de Ejecución: lunes, 15 de octubre de 2018
 Fecha de Entrega: lunes, 15 de octubre de 2018

Ing. Geber Larrea
 Coordinador ANALAB

5a. Calle 0-50 zona 14, Ciudad de Guatemala.

Email: analab@anacafe.org

www.anacafe.org

PBX: (502) 2421-3700 ext. 1132, 1133 y 1137
 Pág. 1 de 1

- Producción de humus con lombriz coqueta roja utilizando residuos de frutas y verduras

Figura 143. Análisis de humus de lombriz

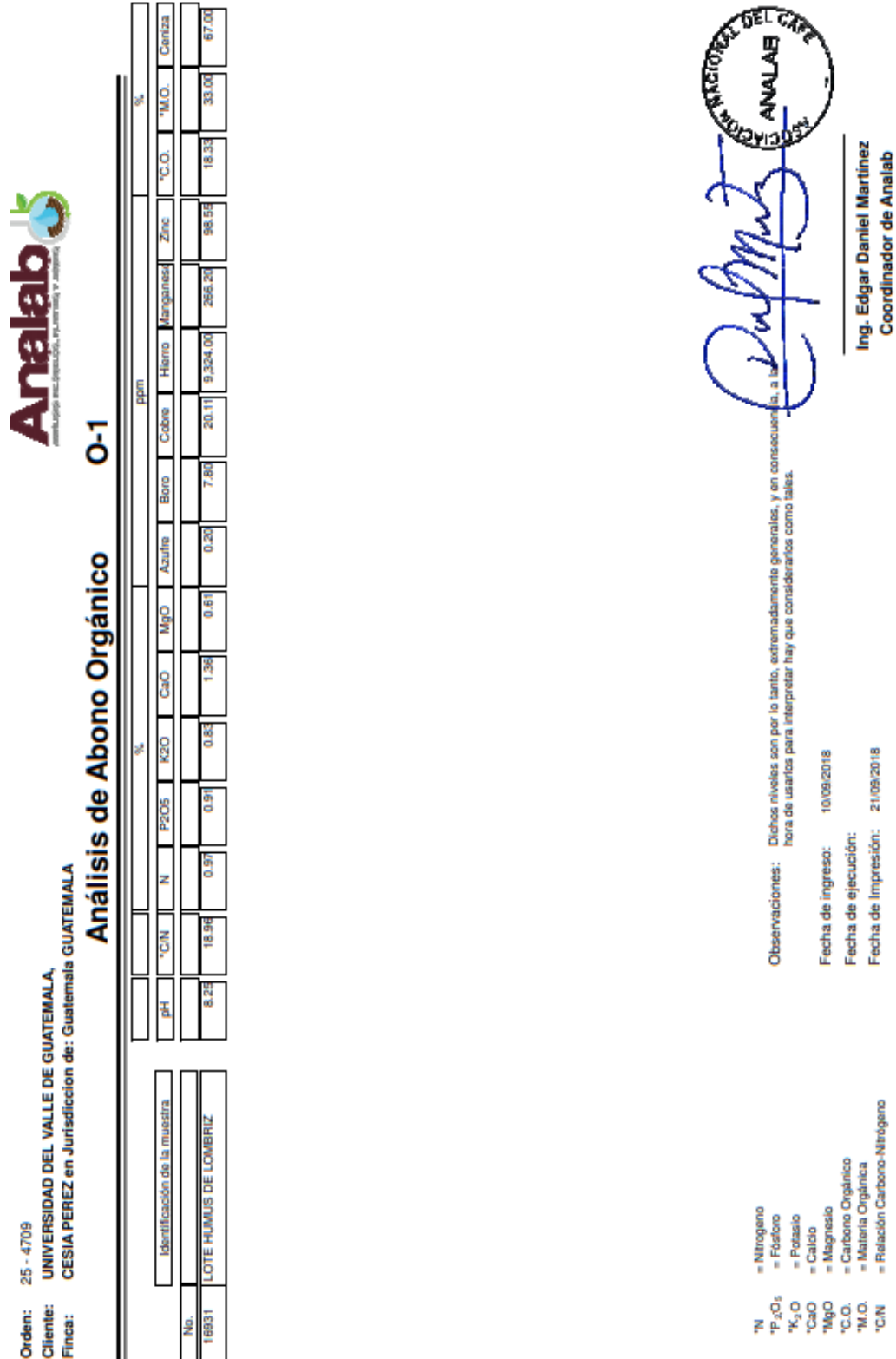


Figura 144. Análisis de abono líquido

Orden: 25-4710
 UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
 CESIA PEREZ
 Guatemala, GUATEMALA



INFORME DE ANALISIS DE ABONO ORGANICO LIQUIDO O-2

Laboratorio	Identificación de la muestra	ppm										pH
		N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn		
16932	ABONO DE LOMBRIZ	120	1.13	34.78	8.8	0.01	0.03	0.2	0.01	0.04	7.47	

LAB-PT108-FO2 Versión 1

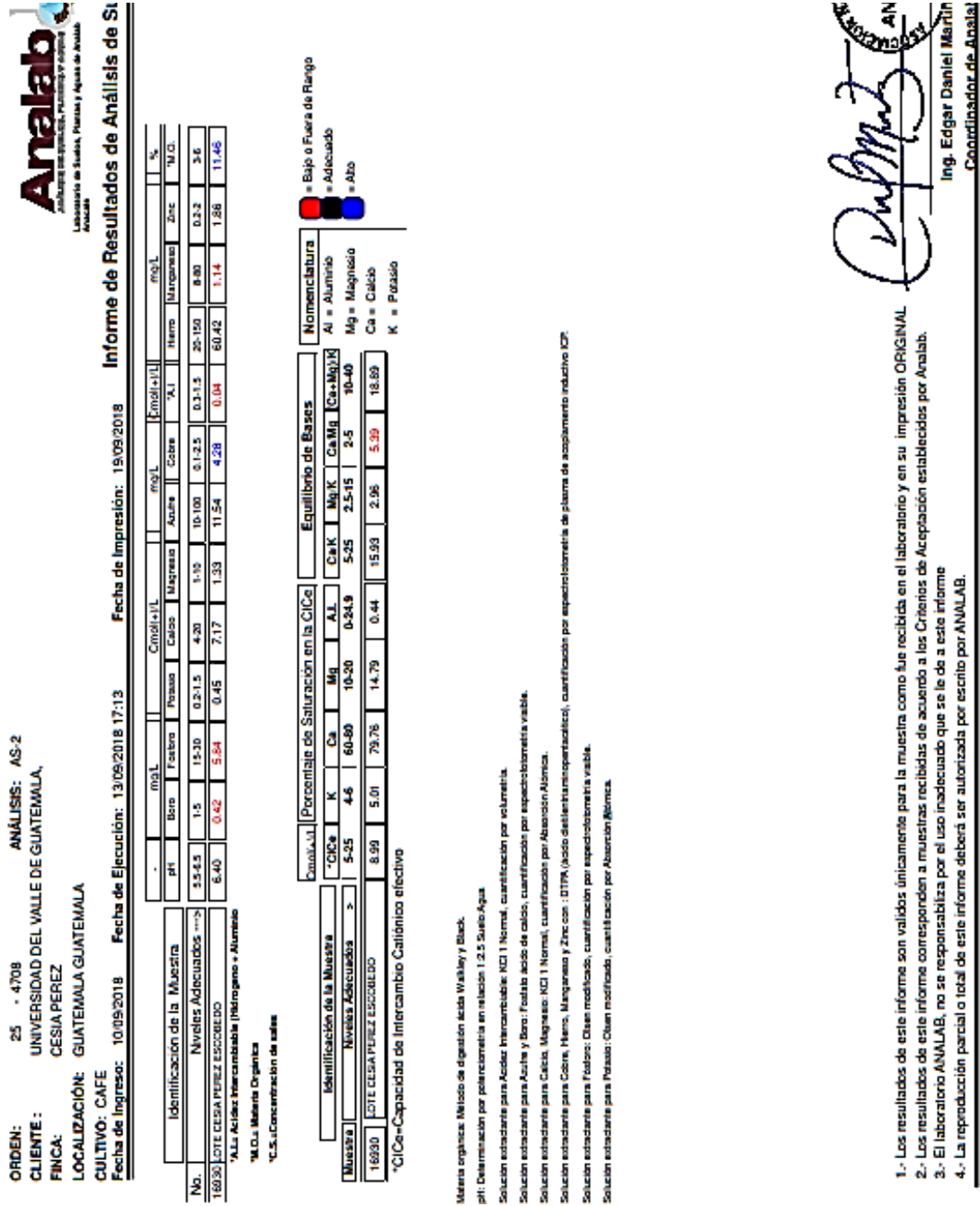
Nota: Análisis de muestra por método de digestión ácida y lectura de elementos P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn por Espectrometría de emisión de plasma - ICP/OES. Nitrógeno por método fotométrico.

Ingreso: Lunes, 10 de septiembre de 2018
 Ejecución: martes, 11 de septiembre de 2018
 Entrega: viernes, 21 de septiembre de 2018

Carmen Avarez
 Licda. Carmen Avarez
 Especialista en Plantas y P.V.



Figura 145. Análisis de tierra



3. Manejo de desechos sanitarios

Cuadro 77. Análisis químico de tierra utilizada para la parcela con abono después de la siembra de rábanos

Identificación de muestra	Valor de tierra sin abono	Valor de tierra con abono	Valor agregado
pH	8.26	8.19	-0.07
Boro*	0.02	0.48	+0.46
Fósforo*	35.72	122.56	+86.84
Potasio**	0.55	1.39	+0.84
Calcio**	8.35	8.38	+0.03
Magnesio**	1.78	1.92	+0.14
Azufre*	11.35	22.57	+11.22
Cobre*	4.49	2.94	-1.55
Acidez Intercambiable**	0.04	0.04	0
Hierro*	16.64	29.46	+12.82
Manganeso*	6.65	13.72	+7.07
Zinc*	10.73	22.90	+12.17
Materia Orgánica (%)	2.16	6.18	+4.02
Capacidad de Intercambio Catiónico efectivo***	10.72	11.73	1.01
Potasio***	5.13	11.85	+6.72
Calcio***	77.89	71.44	-6.45
Magnesio***	16.60	16.37	-0.23
Aluminio***	0.37	0.34	-0.03
Ca/K	15.18	6.03	-9.15
Mg/K	3.24	1.38	-1.86
Ca/Mg	4.69	4.36	-0.33
(Ca+Mg)/K	18.42	7.41	-11.01


*(mg/L)

** (Cmol(+)/L)

*** (Porcentaje de saturación en la CICe)

Nota: Los parámetros fisicoquímicos establecidos por el artículo "Fortalezas y debilidades del análisis de suelo como herramienta de diagnóstico en la nutrición de los cultivos" se utilizaron como referencia para aceptación de resultados en la siembra de rábanos, estos se pueden ver en figura 33 y 47.

Figura 146: Análisis de abono de las composteras cinco y seis



Analab
ANÁLISIS DE ABONO, SUELO, FERTILIZANTES Y AGROPECUARIO

O-1

Análisis de Abono Orgánico

Orden: 25 - 4720
 Cliente: UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
 Finca: en Jurisdicción de: Guatemala GUATEMALA

Observaciones: Dichos niveles son por lo tanto, extremadamente generales, y en consecuencia, a la hora de usarlos para interpretar hay que considerarlos como tales.

Fecha de ingreso: 11/09/2018
 Fecha de ejecución:
 Fecha de impresión: 24/09/2018

Ing. Edgar Daniel Martínez
 Coordinador de Analab

No.	Identificación de la muestra	%										ppm					
		pH	*C/N	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	Azúfre	Boro	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc	*C.O.	*M.O.	Ceniza
18951	LOTE-ABONO 1	9.70	21.95	0.91	1.09	0.73	2.61	0.89	0.24	5.69	27.94	12,730.00	289.00	130.30	20.00	36.00	64.00
18952	LOTE-ABONO 2	9.27	20.92	0.90	0.99	0.88	2.13	0.78	0.23	4.50	24.00	12,560.00	293.00	111.90	18.89	34.00	66.00





Los resultados de este informe son válidos únicamente para las muestras recibidas en el laboratorio y en su impresión original. El laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe. La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

Figura 147: Análisis de suelo antes de utilizarla para la parcela

ORDEN: 25 - 4719 ANALISIS: AS-2
 CLIENTE: UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA,
 FINCA: MARLA ARGUETA
 LOCALIZACION: GUATEMALA GUATEMALA
 CULTIVO: OTROS
 Fecha de Ingreso: 11/09/2018 Fecha de Ejecución: 13/09/2018 17:13 Fecha de Impresión: 24/09/2018

Informe de Resultados de Análisis de Suelos



LABORATORIO DE SUELOS, PUNTAS Y AGUAS DE ANALAB
 ANALAB
 ANÁLISIS

No.	Identificación de la Muestra	mg/L			Cmol(+)/L			mg/L			Cmol(+)/L		%	
		pH	Boro	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre	Cobalto	Al	Hierro	Manganeso	Zinc	NiO
18950	Niveles Adecuados --> LOTE MUESTRA UNICA	5.5-8.8	1-5	10-20	0.2-0.8	4-20	1-5	10-100	0.1-2.5	0-1.2	20-150	8-80	0.2-2	3-8
		8.28	0.02	35.72	0.55	8.35	1.73	11.35	4.49	0.04	18.54	6.65	10.73	2.16

*A.L.= Acidez intercambiable (hidrogeno + Aluminio)
 *M.O.= Materia Orgánica
 *C.S.= Concentración de sales

Muestra	Identificación de la Muestra	Porcentaje de Saturación en la CICE										Equilibrio de Bases			Nomenclatura		
		*CICE	K	Ca	Mg	Al	CaK	MgK	CaMg	Ca+Mg/K	Al	Mg	Ca	Al	Mg	Ca	Al
18950	Niveles Adecuados >	5-25	4-6	60-80	10-20	0-24.9	5-25	2.5-15	2-5	10-40							
		10.72	5.13	77.89	16.80	0.37	15.18	3.24	4.89	18.42							


*CICE= Capacidad de Intercambio Catiónico efectivo

Materia orgánica: Método de digestión ácida Walkley y Black.
 pH: Determinación por potencimetría en relación 1:2.5 Suelo:Agua
 Solución extractante para Acidez Intercambiable: KCl 1 Normal, cuantificación por volumetría.
 Solución extractante para Azufre y Boro: Fosfato ácido de calcio, cuantificación por espectrofotometría visible.
 Solución extractante para Calcio, Magnesio: KCl 1 Normal, cuantificación por Absorción Atómica.
 Solución extractante para Cobalto, Hierro, Manganeso y Zinc con : DTPA (ácido dietiltri-napentilfosfónico), cuantificación por espectrofotometría de plasma de acoplamiento inductivo ICP.
 Solución extractante para Fósforo: Olsen modificado, cuantificación por espectrofotometría visible.
 Solución extractante para Potasio: Olsen modificado, cuantificación por Absorción Atómica.

- 1.- Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el laboratorio y en su Impresión ORIGINAL.
- 2.- Los resultados de este informe corresponden a muestras recibidas de acuerdo a los Criterios de Aceptación establecidos por Analab.
- 3.- El laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.
- 4.- La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

5ta. Calle 0-50, Zona 14, Guatemala, Guatemala, C.A. E-mail : analab@amsaife.org www.laboratorioanalab.com Teléfonos PBX: (502) 2311-1989, (502) 2421-3700 ext. 1133, 1135, 1130 y 1137

Pag. 1 de 1



Ing. Edgar Daniel Martínez
 Coordinador de Analab




Figura 148: Análisis de suelos con lombricompost

ORDEN: 26 - 66 **ANÁLISIS:** AS-2
CLIENTE: UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA,
FINCA: MARLA ARGUETA
LOCALIZACIÓN: GUATEMALA GUATEMALA
CULTIVO: OTROS
Fecha de Ingreso: 04/10/2018 **Fecha de Ejecución:** 09/10/2018 16:10 **Fecha de Impresión:** 12/10/2018 **Informe de Resultados de Análisis de Suelos**



No.	Identificación de la Muestra	mg/L		Cmol(+)/L		mg/L		Cmol(+)/L		mg/L		%
		Boro	Hierro	Potasio	Calcio	Magnesio	Acúfuro	Cobro	Al	Hierro	Manganeso	
157	LOTE MUESTRA UNICA *A.L.: Acidez Intercambiable (Hidrogeno + Aluminio)	1.5	10.20	0.206	4.20	1.5	10.100	0.125	0.12	20.100	8.80	0.23
	*M.O.: Materia Orgánica	0.48	122.56	1.39	8.38	1.92	22.57	2.94	0.04	29.46	13.72	22.90
	*C.S.: Concentración de sales											6.18

Muestra	Niveles Adecuados	Cmol(+)/L		Porcentaje de Saturación en la CICE		Equilibrio de Bases				Nomenclatura	
		Ca	Mg	Ca/K	Mg/K	Ca/Mg	Ca/Mg	Ca/Mg	Ca/Mg		
157	LOTE MUESTRA UNICA	11.73	11.85	71.44	16.37	0.34	6.03	1.38	4.36	7.41	

*CICE=Capacidad de Intercambio Catiónico efectivo

Materia orgánica: Método de digestión ácida Walkley y Black.

pH: Determinación por potenciometría en relación 1:2.5 Suelo-Agua

Solución extractante para Acidez Intercambiable: KCl 1 Normal, cuantificación por volumetría.

Solución extractante para Acúfuro y Boro: Fosfato ácido de calcio, cuantificación por espectrofotometría visible.

Solución extractante para Calcio, Magnesio: KCl 1 Normal, cuantificación por Absorción Atómica.

Solución extractante para Cobro, Hierro, Manganeso y Zinc con : DTPA (ácido di(2,2,6,6-tetrametilpiperidino)), cuantificación por espectrofotometría visible.

Solución extractante para Fósforo: Olean modificado, cuantificación por espectrofotometría visible.

Solución extractante para Potasio: Olean modificado, cuantificación por Absorción Atómica.

■ - Bajo o Fuera de Rango
■ - Adecuado
■ - Alto

Ing. Edgar Daniel Martínez
Coordinador de Analab



- 1.- Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el laboratorio y en su impresión ORIGINAL.
- 2.- Los resultados de este informe corresponden a muestras recibidas de acuerdo a los Criterios de Aceptación establecidos por Analab.
- 3.- El laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe
- 4.- La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

Figura 149: Análisis de lixiviados obtenidos al realizar lombricompost

Número de orden: 26-65
 Cliente: UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
 Finca: MARLA ARGUETA
 Localización: Guatemala, GUATEMALA



INFORME DE ANÁLISIS DE ABONO ORGÁNICO LÍQUIDO O-2

No. De laboratorio	Identificación de la muestra	mg/L										pH	
		N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B		S
156	MUESTRA ÚNICA	400	38	278.4	343.2	115.64	1.26	10.92	0.34	3.67	0.31	194.2	8.19

LAB PT108 FO2 Versión 1

Preparación de muestra por método de digestión ácida y lectura de elementos P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, B y S por Espectrometría de emisión de plasma - ICP/OES
 Análisis de nitrógeno por método fotométrico.

Fecha de ingreso: Jueves, 04 de octubre de 2018
 Fecha de ejecución: Lunes, 08 de octubre de 2018
 Fecha de entrega: Lunes, 15 de octubre de 2018


 Lidia Carmen Álvarez
 Especialista en Plantas y P.V.

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.
 El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.
 La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

5a. calle 0-50, zona 14, Ciudad de Guatemala

E-mail: analah@anacafe.org

www.anacafe.org

PBX: (502) 2421-3700 ext. 1132, 1133 y 1137

XIII. GLOSARIO

- a. Abono: Sustancia química y orgánica utilizada para incrementar la calidad del suelo y brindar nutrientes a los cultivos. También se conoce como fertilizante.
- b. Lombricultivo: Cultivo de lombriz coqueta roja en residuos orgánicos aprovechados como abono
- c. Lombriz coqueta roja: Anélido invertebrado, que tiene el cuerpo formado por numerosos anillos con un organismo adecuado para biodegradar desechos orgánicos
- d. Humus de lombriz: Producto resultante de la descomposición de residuos orgánicos por lombricultivo utilizado como abono
- e. Lixiviados: Sustancia líquida con alta concentración de nutrientes que se obtiene durante el proceso de descomposición de materia orgánica
- f. EM-1: Mezcla de tres grupos de microorganismos, *lactobacillus*, levaduras, bacterias fototróficas o fotosintéticas, completamente naturales.
- g. Economía circular: Modelo económico que se basa en el principio de cerrar el ciclo de vida de los recursos para que produzca los bienes y servicios que reduzcan el consumo y desperdicio de energía, agua y materias primas