

**UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**CORRELACIONES EN LA MOVILIDAD DE METALES PESADOS
TOTALES EN PROCESO DE COMPOSTAJE, EN HUARAZ, 2019**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL

Br.: ROSHI MARY FLORES ROMERO

Asesor: M.Sc. MARIO VLADIMIR LEYVA COLLAS

Huaraz – Perú

2021



FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, CONDUCENTES A
OPTAR TÍTULOS PROFESIONALES Y GRADOS ACADÉMICOS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

1. Datos del autor:

Apellidos y Nombres: _____

Código de alumno: _____

Teléfono: _____

E-mail: _____

D.N.I. n°: _____

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Tipo de trabajo de investigación:

Tesis

Trabajo de Suficiencia Profesional

Trabajo Académico

Trabajo de Investigación

Tesinas (presentadas antes de la publicación de la Nueva Ley Universitaria 30220 – 2014)

3. Para optar el Título Profesional de:

4. Título del trabajo de investigación:

5. Facultad de: _____

6. Escuela o Carrera: _____

7. Línea de Investigación (*): _____

8. Sub-línea de Investigación (*): _____

() Según resolución de aprobación del proyecto de tesis*

9. Asesor:

Apellidos y nombres _____ D.N.I n°: _____

E-mail: _____ ID ORCID: _____

10. Referencia bibliográfica: _____

11. Tipo de acceso al Documento:

Acceso público* al contenido completo.

Acceso restringido** al contenido completo

Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundirlo en el Repositorio Institucional, respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso de que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:



12. Originalidad del archivo digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.



Firma del autor

13. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para las investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia Creative Commons, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica.



El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Recolector Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

14. Para ser verificado por la Dirección del Repositorio Institucional

Seleccione la
Fecha de Acto de sustentación:

Huaraz,

Firma:




Varillas William Eduardo
Asistente en Informática y Sistemas
- UNASAM -

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.



“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

ACTA DE SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DE TESIS

Los miembros del Jurado Evaluador de Tesis, en pleno que suscriben, reunidos el 25 de noviembre de 2021, en la sala virtual de la Facultad de Ciencias del Ambiente (FCAM) en la plataforma de Microsoft Teams (MT) de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), y en la sala virtual del Facebook Life, de conformidad a la normatividad vigente condujeron el acto académico público de sustentación y defensa virtual de la tesis **“CORRELACIONES DE LA MOVILIDAD DE METALES PESADOS TOTALES EN PROCESO DE COMPOSTAJE, EN HUARAZ, 2019”** que presentó **FLORES ROMERO ROSHI MARY** para optar el **Título Profesional de Ingeniero Ambiental**.

Después de haber atendido la sustentación y defensa oral, y haber escuchado las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

Aprobada

Con el calificativo de: *Dieciséis (16)*

En consecuencia, **FLORES ROMERO ROSHI MARY**, queda expedita para que el Consejo de Facultad de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo” apruebe el otorgamiento del **Título Profesional de Ingeniero Ambiental** de conformidad al Art. 113 numeral 113.9 del Reglamento General de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario N° 399-2015-UNASAM), el Art. 48° y 4ta. disposición complementaria del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario - Rector N° 761-2017-UNASAM y Resolución de Consejo Universitario - Rector N° 211-2020-UNASAM que incorpora la sustentación virtual), el Art. 160° del Reglamento de Gestión de la Programación, Ejecución y Control de las Actividades Académicas (Resolución de Consejo Universitario - Rector N° 232-2017-UNASAM), y el Instructivo para sustentación virtual de tesis (Resolución de Consejo de Facultad N° 051-2020-UNASAM- FCAM del 24/octubre/2020).

Huaraz, 25 de noviembre de 2021.

Dr. **PEDRO LIBERATO VALLADARES JARA**
Presidente-Jurado Evaluador de Tesis

Dr. **ELADIO GUILLERMO TUYA CASTILLO**
Primer miembro-Jurado Evaluador de Tesis

Dr. **MAXIMILIANO LOARTE RUBINA**
Segundo miembro-Jurado Evaluador de Tesis

M.Sc. **MARIO VLADIMIR LEYVA COLLAS**
Asesor de tesis



DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios y mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y de mi vida. A todas las personas que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano. Finalmente, a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, a la Facultad de Ciencias del Ambiente (FCAM), la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, en donde me formé y concreté mi pasión, compromiso con la naturaleza por el cuidado y la preservación ambiental; y a mis profesores quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional. Gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Roshi.



AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera especial al Dr. Pedro Liberato Valladares Jara, por haberme integrado como investigadora al proyecto de investigación **“DETERMINACIÓN DE HUMEDAD, PRESENCIA DE PATÓGENOS, METALES PESADOS, NUTRIENTES Y OLORES EN EL COMPOSTAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS, PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD PÚBLICA, EN LA CIUDAD DE HUARAZ, 2014-2015”**. Además, por su asesoría, motivación, oportunas orientaciones e incondicional apoyo durante el desarrollo de esta investigación.

Al M.Sc. **Mario Vladimir Leyva Collas**, por su asesoría en la formulación y desarrollo de la presente investigación.

Al personal del Laboratorio de Calidad Ambiental-FCAM-UNASAM, por las facilidades brindadas para el desarrollo de los diversos ensayos, la obtención de información y las pruebas experimentales

RESUMEN

La contribución de la presente investigación es haber revelado la calidad del compost que se elabora tradicionalmente en la ciudad de Huaraz y la que se puede elaborar controlando parámetros principales como materia prima, relación C/N, materia orgánica, absorción de O₂, y pH, todos ellos vinculados directamente a la movilidad en general de los metales y en particular a los MPT. El objetivo central fue determinar la correlación en la movilidad de los metales pesados totales en el proceso de compostaje de residuos sólidos urbanos del distrito de Independencia de la ciudad de Huaraz.

A juzgar por los resultados, las tres hipótesis de trabajo originales, derivaron en ser significativamente estadísticas y correlacionales, habiéndose comprobado la existencia de correlaciones bivariadas positivas y negativas en la movilidad y relaciones de los metales con parámetros fisicoquímicos y entre ellos, no teniendo orden de causalidad.

En la metodología, para detectar la materia prima se aplicó la técnica de extracción secuencial para definir las fracciones de los metales que se movilizan, identificando fracciones biodisponibles en sedimentos de compost. Para determinar las concentraciones de pH, materia orgánica, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, macronutrientes, micronutrientes y MPT, se aplicaron en el LCA, métodos de ensayo estandarizados relacionados con la preparación de la muestra y la determinación de las concentraciones físicas y químicas vinculadas a calidad del compost, con el sesgo de la guía de las normas NADF-020-AMBT (2011) y NCh2880 (2004). Las correlacionales fueron determinadas a través de los coeficientes de Pearson, tanto matriciales como de determinación.

En la materia prima se determinaron los micronutrientes Cu, Mn, Zn y Fe; y los MPT Al y Pb que supero el estándar de la NCh2880. En el proceso de compostaje, se determinaron y caracterizaron concentraciones de los macronutrientes , de los micronutrientes Mn, Cu, Zn y Fe, y de los MPT Al, As, Cd, Cr, Hg, Ni y Pb, notándose que las concentraciones de K, Pb y Cd estuvieron al margen de los umbrales establecidos. En compost estabilizado se determinaron las concentraciones de 16 parámetros entre metales y parámetros fisicoquímicos.

En materia prima, se desarrollaron 12 correlaciones entre metales, destacando Mn-Al, Mn-Fe y Pb-Al. En el proceso de compostaje, se han desarrollado 12 correlaciones entre metales y variables fisicoquímicas, destacando ácidos húmicos-ácidos fúlvicos, O₂-Pb y pH-Pb; y entre metales Mn-Zn, Mn-Ni, Mn-Al, y Zn-Al. Habiéndose evidenciado la afinidad del ácido húmico hacia los metales, éste grado decrece en el siguiente orden Cu>Pb>Cd, siendo más evidente con Cu y Cd. En compost estabilizado, solo en la R2, se hallaron 4 correlaciones, entre metales y variables fisicoquímicas, destacando dos positivas perfectas pH-Cd y O₂-Ni. Todas las concentraciones de MPT aumentaron en el compost final debido a descomposición de materia orgánica.

En calidad de compost de las tres rumas, en función a los estándares de las normas NADF-020-AMBT (2011) y NCh2880 (2004) resultó que, de la **ruma 1** es la de mejor calidad técnica porque satisface la mayor cantidad de estándares de N1-TA y clase A respectivamente.

Palabras clave: compostaje, correlaciones, metales, concentraciones y MPT.

ABSTRACT

The contribution of this research is to have revealed the quality of the compost that is traditionally made in the city of Huaraz and that which can be made by controlling main parameters such as raw material, C/N ratio, organic matter, O₂ absorption, and pH, all of them directly linked to the mobility in general of metals and in particular to THMs. The main objective was to determine the correlation in the mobility of total heavy metals in the urban solid waste composting process of the Independencia district of the city of Huaraz.

Judging by the results, the three original working hypotheses resulted in being significantly statistical and correlational, having verified the existence of positive and negative bivariate correlations in the mobility and relationships of metals with physicochemical parameters and between them, having no order of causality.

In the methodology, to detect the raw material, the sequential extraction technique was applied to define the fractions of the metals that are mobilized, identifying bioavailable fractions in compost sediments. To determine the concentrations of pH, organic matter, humic acids, fulvic acids, macronutrients, micronutrients and THM, standardized test methods related to the preparation of the sample and the determination of the physical and chemical concentrations related to the LCA were applied compost quality, with the bias of the guide of the norms NADF-020-AMBT (2011) and NCh2880 (2004). The correlational ones were determined through Pearson's coefficients, both matrix and determination.

In the raw material, the micronutrients Cu, Mn, Zn and Fe were determined; and the MPT Al and Pb that exceeded the standard of the NCh2880. In the composting process, concentrations of the macronutrients N, Ca, P, Mg and K, of the micronutrients Mn, Cu, Zn and Fe, and of the MPTs Al, As, Cd, Cr, Hg, Ni and Pb were determined and characterized, noting that the concentrations of K, Pb and Cd were outside the established thresholds. In stabilized compost, the concentrations of 16 parameters between metals and parameters physicochemicals were determined.

In raw materials, 12 correlations between metals were developed, highlighting Mn-Al, Mn-Fe and Pb-Al. In the composting process, 12 correlations have been developed between metals and physicochemical variables, highlighting humic acids-fulvic acids, O₂-Pb and pH-Pb; and between metals Mn-Zn, Mn-Ni, Mn-Al, and Zn-Al. Having evidenced the affinity of humic acid towards metals, this degree decreases in the following order Cu > Pb > Cd, being more evident with Cu and Cd. In stabilized compost, only in R2, 4 correlations were found, between metals and variables physicochemical, highlighting two perfect positives pH-Cd and O₂-Ni. All THM concentrations increased in the final compost due to decomposition of organic matter.

As compost quality from the three clusters, based on the standards of the NADF-020-AMBT (2011) and NCh2880 (2004) standards, it turned out that from cluster 1 it is the one with the best technical quality because it satisfies the highest number of standards of N1-TA and class A respectively.

Keywords: composting, correlations, metals, concentrations, and THM.

ÍNDICE

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE	vi
RELACIÓN DE TABLAS	vii
RELACIÓN DE CUADROS	viii
RELACIÓN DE FIGURAS	xvii
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos	1
1.2. Hipótesis	2
1.3. Variables	2
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Antecedentes de la investigación.....	4
2.2. Bases teóricas	6
2.3. Definición de términos básicos	29
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	32
3.1. Tipo de investigación	32
3.2. Diseño de la investigación	32
3.3. Métodos o técnicas	36
3.4. Población y muestra	45
3.5. Instrumentos validados de recolección de datos	45
3.6. Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información	47
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	49
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	253
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES	299
CAPÍTULO VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	305
ANEXOS	318

RELACIÓN DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	3
Tabla 2. Parámetros del contenido de metales pesados (ppm) encontrados en el compost muestreado.....	5
Tabla 3. Concentraciones máximas de metales pesados en compost.....	22
Tabla 4. Concentraciones máximas de metales pesados en compost para la agricultura orgánica.....	22
Tabla 5. Concentraciones máximas de metales pesados en materias primas para compostaje.....	23
Tabla 6. Concentraciones máximas de elementos traza en mg/Kg en base seca, para compost.....	23
Tabla 7. Información requerida para la estimación de la humedad de residuos sólidos.....	51

RELACIÓN DE CUADROS

Cuadro 1. Métodos estandarizados para determinar las concentraciones de las variables del proceso de compostaje	43
Cuadro 2. Caracterización de la materia prima, residuos sólidos orgánicos	52
Cuadro 3. Relación C/N = 35, materia prima para construir la ruma 1	56
Cuadro 4. Relación C/N = 30, materia prima para construir la ruma 2	58
Cuadro 5. Relación C/N = 42, materia prima para construir la ruma 3 (testigo o blanco)	60
Cuadro 6. Resultados de las extracciones de metales en la ruma 1 en mg/L	62
Cuadro 7. Resultados de las extracciones de metales en la ruma 1 en mg/kg	62
Cuadro 8. Porcentaje de los MPT resultados de las extracciones en la ruma 1...	62
Cuadro 9. Resultados de las extracciones de MPT en la ruma 2 en mg/L	65
Cuadro 10. Resultados de las extracciones de MPT en la ruma 2 en mg/kg	65
Cuadro 11. Porcentaje de los resultados de las extracciones de MPT en la ruma 2	65
Cuadro 12. Resultados de las extracciones de MPT en la ruma 3 en mg/L	68
Cuadro 13. Resultados de las extracciones de MPT en la ruma 3 en mg/kg	68
Cuadro 14. Porcentaje de los resultados de las extracciones de MPT en la ruma 3	68
Cuadro 15. Resultados de las concentraciones de macronutrientes en compost de la ruma 1	71
Cuadro 16. Resultados de las concentraciones de micronutrientes en compost de la ruma 1	71
Cuadro 17. Resultados de las concentraciones de MPT tóxicos en compost de la ruma 1	72
Cuadro 18. Resultados de las concentraciones de macronutrientes en compost de la ruma 2	72
Cuadro 19. Resultados de las concentraciones de micronutrientes en compost de la ruma 2	73
Cuadro 20. Resultados de las concentraciones de MPT tóxicos en compost de la ruma 2	73
Cuadro 21. Resultados de las concentraciones de macronutrientes en compost de la ruma 3	74

Cuadro 22. Resultados de las concentraciones de micronutrientes en compost de la ruma 3	74
Cuadro 23. Resultados de las concentraciones de MPT tóxicos en compost de la ruma 3	75
Cuadro 24. Resultados de las concentraciones de micronutrientes en lixiviados de la ruma 1	75
Cuadro 25. Resultados de las concentraciones de MPT tóxicos en lixiviados de la ruma 1	76
Cuadro 26. Resultados de las concentraciones de micronutrientes en lixiviados de la ruma 2	76
Cuadro 27. Resultados de las concentraciones de MPT tóxicos en lixiviados de la ruma 2	76
Cuadro 28. Resultados de las concentraciones de micronutrientes en lixiviados de la ruma 3	77
Cuadro 29. Resultados de las concentraciones de MPT tóxicos en lixiviados de la ruma 3	77
Cuadro 30. Concentraciones de N (mg/kg) en el proceso de compostaje	79
Cuadro 31. Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de N en compost y en cada ruma del proceso de compostaje	80
Cuadro 32. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) concentración de N... ..	83
Cuadro 33. Concentraciones de Ca (mg/kg) en el proceso de compostaje	84
Cuadro 34. Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Ca en compost y en cada ruma del proceso de compostaje	85
Cuadro 35. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) concentración de Ca ..	87
Cuadro 36. Concentraciones de P (mg/kg) en el proceso de compostaje.....	88
Cuadro 37. Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de P en compost y en cada ruma del proceso de compostaje	89
Cuadro 38. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) concentración de P ...	91
Cuadro 39. Concentraciones de K (mg/kg) en el proceso de compostaje.....	92
Cuadro 40. Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de K en compost y en cada ruma del proceso de compostaje	93
Cuadro 41. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) concentración de K ...	96
Cuadro 42. Concentraciones de Mn (mg/kg) en el proceso de compostaje	97
Cuadro 43. Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Mn en compost y en cada ruma del proceso de compostaje	98

Cuadro 44. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de Mn	100
Cuadro 45. Concentraciones de Cu (mg/kg) en el proceso de compostaje	101
Cuadro 46. Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Cu en compost y en cada ruma del proceso de compostaje	102
Cuadro 47. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de Cu.....	104
Cuadro 48. Concentraciones de Fe (mg/kg) en el proceso de compostaje.....	105
Cuadro 49. Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Fe en compost y en cada ruma del proceso de compostaje	106
Cuadro 50. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) concentración de Fe	109
Cuadro 51. Concentraciones de Zn (mg/kg) en el proceso de compostaje.....	110
Cuadro 52. Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Zn en compost y en cada ruma del proceso de compostaje	111
Cuadro 53. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) concentración de Zn	113
Cuadro 54. Concentraciones de Al (mg/kg) en el proceso de compostaje.....	114
Cuadro 55. Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Al en compost y en cada ruma del proceso de compostaje	115
Cuadro 56. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) concentración de Al	118
Cuadro 57. Concentraciones de As (mg/kg) en el proceso de compostaje.....	118
Cuadro 58. Concentraciones de Cd (mg/kg) en el proceso de compostaje	119
Cuadro 59. Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Cd en compost y en cada ruma del proceso de compostaje	120
Cuadro 60. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de Cd.....	123
Cuadro 61. Concentraciones de Cr (mg/kg) en el proceso de compostaje	123
Cuadro 62. Concentraciones de Hg (mg/kg) en el proceso de compostaje	124
Cuadro 63. Concentraciones de Ni (mg/kg) en el proceso de compostaje.....	125
Cuadro 64. Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Ni en compost y en cada ruma del proceso de compostaje	126
Cuadro 65. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) concentración de Ni	128
Cuadro 66. Concentraciones de Pb (mg/kg) en el proceso de compostaje.....	129
Cuadro 67. Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Pb en compost y en cada ruma del proceso de compostaje	130

Cuadro 68. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de Pb.....	132
Cuadro 69. Concentraciones de Cu (mg/L) en lixiviados del proceso de compostaje	134
Cuadro 70. Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Cu (mg/L) en lixiviados de cada ruma del proceso de compostaje	134
Cuadro 71. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de Cu en lixiviados	137
Cuadro 72. Concentraciones de Fe (mg/L) en lixiviados del proceso de compostaje	138
Cuadro 73. Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Fe (mg/L) en lixiviados de cada ruma del proceso de compostaje	139
Cuadro 74. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de Fe en lixiviados.....	141
Cuadro 75. Concentraciones de Al (mg/L.) en lixiviados del proceso de compostaje	142
Cuadro 76. Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Al (mg/L) en lixiviados de cada ruma del proceso de compostaje	143
Cuadro 77. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de Al en lixiviados.....	146
Cuadro 78. Concentraciones de As (mg/L) en lixiviados del proceso de compostaje	146
Cuadro 79. Concentraciones de Cd (mg/L) en lixiviados del proceso de compostaje	147
Cuadro 80. Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Cd (mg/L) en lixiviados de cada ruma del proceso de compostaje	148
Cuadro 81. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de Cd en lixiviados	151
Cuadro 82. Concentraciones de Cr (mg/L) en lixiviados del proceso de compostaje	152
Cuadro 83. Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Cr (mg/L) en lixiviados de cada ruma del proceso de compostaje	152
Cuadro 84. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de N en lixiviados.....	155
Cuadro 85. Concentraciones de Hg (mg/L) en lixiviados del proceso de compostaje	156

Cuadro 86. Concentraciones de Ni (mg/L.) en lixiviados del proceso de compostaje	157
Cuadro 87. Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Ni (mg/L) en lixiviados de cada ruma del proceso de compostaje	158
Cuadro 88. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de Ni en lixiviados.....	160
Cuadro 89. Concentraciones de Pb (mg/L) en lixiviados del proceso de compostaje	161
Cuadro 90. Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Pb (mg/L) en lixiviados de cada ruma del proceso de compostaje	162
Cuadro 91. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de Pb en lixiviados	165
Cuadro 92. Resultados finales de muestras de compost estabilizado – producto final	166
Cuadro 93. Valores numéricos de MPT de la materia prima hallados a través de la especiación de MPT en sedimentos de compost estabilizado	167
Cuadro 94. Matriz de correlaciones de Pearson de MPT de materia prima hallados a través de la especiación de MPT en sedimentos de compost estabilizado – Ruma 1	168
Cuadro 95. Coeficientes de determinación de Pearson de los MPT de materia prima hallados a través de la especiación de MPT, desarrollado en la ruma 1.....	169
Cuadro 96. Coeficientes de correlación bivariada de Pearson de alta significancia estadística de la materia prima, hallado a través de la especiación de MPT, ruma 1	169
Cuadro 97. Matriz de correlaciones de Pearson de MPT de materia prima, hallado a través de la especiación de MPT en sedimentos de compost estabilizado – Ruma 2	174
Cuadro 98. Coeficientes de determinación de Pearson de los MPT de materia prima, hallado a través de la especiación de MPT, desarrollado en la ruma 2 ..	175
Cuadro 99. Coeficientes de correlación bivariada de Pearson de alta significancia estadística de la materia prima, hallada a través de la especiación de MPT en sedimentos de compost, ruma 2	175
Cuadro 100. Matriz de correlaciones de Pearson de MPT de materia prima, hallado a través de la especiación de MPT en sedimentos de compost estabilizado – Ruma 3	180
Cuadro 101. Coeficientes de determinación de Pearson de los MPT de materia prima, hallado a través de la especiación de MPT desarrollado en la ruma 3 ...	180

Cuadro 102. Coeficientes de correlación bivariada de Pearson de alta significancia estadística de la materia prima, halada a través de la especiación de MPT, ruma 3	181
Cuadro 103. Concentraciones de los MPT y otros parámetros del proceso de compostaje en la ruma 1	193
Cuadro 104. Matriz de correlaciones de Pearson entre los MPT y otros parámetros del proceso de compostaje en la ruma 1.....	194
Cuadro 105. Coeficientes de determinación de Pearson entre los MPT y otros parámetros del proceso de compostaje en la ruma 1.....	196
Cuadro 106. Coeficientes de correlación bivariada de Pearson de alta significancia estadística del proceso de compostaje en la ruma 1.....	196
Cuadro 107. Reporte para la correlación de MPT con parámetros fisicoquímicos del proceso de compostaje en la ruma 2	209
Cuadro 108. Matriz de correlaciones de Pearson entre los MPT y otros parámetros del proceso de compostaje en la ruma 2.....	210
Cuadro 109. Coeficientes de determinación de Pearson entre los MPT y otros parámetros del proceso de compostaje en la ruma 2.....	211
Cuadro 110. Coeficientes de correlación bivariada de Pearson de alta significancia estadística del proceso de compostaje en la ruma 2.....	212
Cuadro 111. Reporte para la correlación de MPT con parámetros fisicoquímicos del proceso de compostaje en la ruma 3	218
Cuadro 112. Matriz de correlaciones de Pearson entre los MPT y otros parámetros del proceso de compostaje en la ruma 3.....	219
Cuadro 113. Coeficientes de determinación de Pearson entre los MPT y otros parámetros del proceso de compostaje en la ruma 3.....	220
Cuadro 114. Coeficientes de correlación bivariada de Pearson de alta significancia estadística del proceso de compostaje en la ruma 3.....	220
Cuadro 115. Reporte para la correlación de MPT con parámetros fisicoquímicos del proceso de compostaje en las tres rumas.....	224
Cuadro 116. Matriz de correlaciones de Pearson de MPT y variables fisicoquímicas – Ruma 1.....	225
Cuadro 117. Coeficientes de determinación de Pearson entre los MPT y variables fisicoquímicas del proceso de compostaje en la ruma 1	226
Cuadro 118. Matriz de correlaciones de Pearson de MPT y variables fisicoquímicas – Ruma 2.....	227

Cuadro 119. Coeficientes de determinación de Pearson entre los MPT y variables fisicoquímicas del proceso de compostaje en la ruma 2	228
Cuadro 120. Coeficientes de correlación bivariada de Pearson de alta significancia estadística del proceso de compostaje en la ruma 2.....	228
Cuadro 121. Matriz de correlaciones de Pearson de MPT y variables fisicoquímicas – Rumas 1, 2 y 3	232
Cuadro 122. Coeficientes de determinación de Pearson entre los MPT y variables fisicoquímicas del proceso de compostaje en las rumas 1, 2 y 3.....	233
Cuadro 123. Coeficientes de correlación bivariada de Pearson de alta significancia estadística del proceso de compostaje en las rumas 1, 2 y 3	233
Cuadro 124. Análisis comparativo de los valores de los MPT (mg/Kg) en sedimentos de compost estabilizado.....	237
Cuadro 125. Análisis comparativo de la concentración de Cu con normas.....	238
Cuadro 126. Análisis comparativo de la concentración de Zn con normas	239
Cuadro 127. Análisis comparativo de la concentración de Cd con normas.....	240
Cuadro 128. Análisis comparativo de la concentración de Ni con normas.....	242
Cuadro 129. Análisis comparativo de la concentración de Pb con normas.....	242
Cuadro 130. Análisis comparativo referencial de la concentración de Cu en lixiviados del proceso de compostaje	243
Cuadro 131. Análisis comparativo referencial de la concentración de Zn en lixiviados del proceso de compostaje	244
Cuadro 132. Análisis comparativo referencial de la concentración de Cd en lixiviados del proceso de compostaje	245
Cuadro 133. Análisis comparativo referencial de la concentración de Cr en lixiviados del proceso de compostaje	246
Cuadro 134. Análisis comparativo referencial de la concentración de Ni en lixiviados del proceso de compostaje	247
Cuadro 135. Análisis comparativo referencial de la concentración de Pb en lixiviados del proceso de compostaje	248
Cuadro 136. Análisis comparativo de la concentración de Cd con normas.....	249
Cuadro 137. Análisis comparativo de la concentración de Cu con normas.....	250
Cuadro 138. Análisis comparativo de la concentración de Cr con normas	251
Cuadro 139. Análisis comparativo de la concentración de Ni con normas.....	252
Cuadro 140. Análisis comparativo de la concentración de Pb con normas.....	252

Cuadro 141. Análisis comparativo entre la concentración máxima de MPT en materia prima del compost-NCh2880 y los hallados en la especiación de metales	254
Cuadro 142. Resumen de los análisis comparativos entre valores de la concentración de macronutrientes con valores de las normas referentes.....	255
Cuadro 143. Resumen de los análisis comparativos entre valores de la concentración de micronutrientes Cu y Zn con valores de las normas referentes	257
Cuadro 144. Análisis comparativo, en compost, entre valores de la concentración de MPT con valores estándar establecidas en las normas referentes chilena y mexicana.....	259
Cuadro 145. Resultado del análisis comparativo referencial entre valores de la concentración del micronutriente Cu en lixiviados con valores de las normas referentes	263
Cuadro 146. Análisis comparativo referencial entre valores de la concentración del micronutriente Cu tanto en compost como en lixiviados, con valores de las normas referentes	264
Cuadro 147. Resumen de los análisis comparativos referencial entre valores de la concentración de MPT en lixiviados con valores estándar establecidas en las normas referentes chilena y mexicana	265
Cuadro 148. Análisis comparativo referencial entre valores de las concentraciones de los MPT en compost y lixiviados, con valores de las normas referentes.....	268
Cuadro 149. Análisis comparativo referencial entre las concentraciones de los MPT en compost, registrado por autores consignado en los antecedentes con valores de las tres rumas.....	269
Cuadro 150. Análisis comparativo entre valores de reportes de concentraciones de parámetros fisicoquímicos asociados a los de MPT con valores estándar de las normas NADF-020-AMBT y NCh2880 en compost estabilizado	272
Cuadro 151. Matriz de correlaciones de Pearson con las concentraciones de MPT de las Rumas 1, 2 y 3.....	275
Cuadro 152. Coeficientes de determinación de Pearson de los MPT con las concentraciones de MPT de las rumas 1, 2 y 3.....	275
Cuadro 153. Coeficientes de correlación bivariada de Pearson de alta significancia estadística con las concentraciones de MPT de las rumas 1, 2 y 3	276
Cuadro 154. Matriz de correlación de Pearson de MPT con pH, materia orgánica, oxígeno, ácidos húmicos, y ácidos fúlvicos en el proceso de compostaje	281

Cuadro 155. Coeficientes de determinación de Pearson de MPT con pH, materia orgánica, oxígeno, ácidos húmicos, y ácidos fúlvicos en el proceso de compostaje	282
Cuadro 156. Coeficientes de correlación bivariada con alta significancia estadística entre los MPT con pH, materia orgánica, oxígeno, ácidos húmicos, y ácidos fúlvicos	282
Cuadro 157. Coeficientes de correlación de Pearson de alta significancia estadística – ruma 2	292
Cuadro 158. Análisis comparativo de concentraciones de MPT y elementos fisicoquímicos de compost estabilizado de la ruma 1, con estándares de las normas NADF-020-AMBT y NCh2880	294
Cuadro 159. Análisis comparativo de concentraciones de MPT y elementos fisicoquímicos de compost estabilizado de la ruma 2, con estándares de las normas NADF-020-AMBT y NCh2880	296
Cuadro 160. Análisis comparativo de concentraciones de MPT y elementos fisicoquímicos de compost estabilizado de la ruma 3 (testigo), con estándares de las normas NADF-020-AMBT y NCh2880	297

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1. Etapa de latencia y crecimiento.....	12
Figura 2. Mapa de ubicación de la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos de Pongor	24
Figura 3. Se muestra la fotografía de la compostera con piso de geomembrana (Ing. Erwin Binner e Ing. Leonor Méndez, 2015)	28
Figura 4. Configuración del diagrama de flujo del proceso de compostaje desarrollado en la etapa 1 del proyecto de investigación.....	34
Figura 5. Configuración del diagrama de flujo de la obtención de las concentraciones de MPT y otros elementos químicos, en materia prima (especiación de MPT) y en compost estabilizado, adosado al análisis de correlación, regresión y comparativo con normas internacionales.....	35
Figura 6. Muestras de las tres rumas de compost estabilizado, para la especiación de MPT en ensayos de laboratorio	36
Figura 7. Esquema usado en la extracción química sucesiva de metales en sedimentos	41
Figura 8. Esquema del proceso usado en la extracción química sucesiva de metales en sedimentos	42
Figura 9. Porcentaje de las cuatro extracciones de Al en la ruma 1	63
Figura 10. Porcentaje de las cuatro extracciones de Fe en la ruma 1	63
Figura 11. Porcentaje de las cuatro extracciones de Cu en la ruma 1	63
Figura 12. Porcentaje de las cuatro extracciones de Pb en la ruma 1	64
Figura 13. Porcentaje de las cuatro extracciones de Mn en la ruma 1	64
Figura 14. Porcentaje de las cuatro extracciones de Zn en la ruma 1	64
Figura 15. Porcentaje de las cuatro extracciones de Al en la ruma 2	66
Figura 16. Porcentaje de las cuatro extracciones de Fe en la ruma 2	66
Figura 17. Porcentaje de las cuatro extracciones de Cu en la ruma 2	66
Figura 18. Porcentaje de las cuatro extracciones de Pb en la ruma 2	67
Figura 19. Porcentaje de las cuatro extracciones de Mn en la ruma 2.....	67
Figura 20. Porcentaje de las cuatro extracciones de Zn en la ruma 2	67
Figura 21. Porcentaje de las cuatro extracciones de Al en la ruma 3	69
Figura 22. Porcentaje de las cuatro extracciones de Fe en la ruma 3	69
Figura 23. Porcentaje de las cuatro extracciones de Cu en la ruma 3	69
Figura 24. Porcentaje de las cuatro extracciones de Pb en la ruma 3	70
Figura 25. Porcentaje de las cuatro extracciones de Mn en la ruma 3.....	70

Figura 26. Porcentaje de las cuatro extracciones de Zn en la ruma 3	70
Figura 27. Gráficos de las concentraciones de N (mg/kg) en todas las rumas del proceso de compostaje	81
Figura 28. Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de N (mg/kg) en compost	82
Figura 29. Gráficos de las concentraciones de Ca (mg/kg) en todas las rumas del proceso de compostaje	86
Figura 30. Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Ca (mg/kg) en compost	86
Figura 31. Gráficos de las concentraciones de P (mg/kg) en todas las rumas del proceso de compostaje	90
Figura 32. Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de P (mg/kg) en compost.....	91
Figura 33. Gráficos de las concentraciones de K (mg/kg) en todas las rumas del proceso de compostaje	94
Figura 34. Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de K (mg/kg) en compost.....	95
Figura 35. Gráficos de las concentraciones de Mn (mg/kg) en todas las rumas del proceso de compostaje	99
Figura 36. Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Mn (mg/kg) en compost.....	99
Figura 37. Gráficos de las concentraciones de Cu (mg/kg) en todas las rumas del proceso de compostaje	103
Figura 38. Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Cu (mg/kg) en compost	103
Figura 39. Gráficos de las concentraciones de Fe (mg/kg) en todas las rumas del proceso de compostaje	107
Figura 40. Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Fe (mg/kg) en compost.....	108
Figura 41. Gráficos de las concentraciones de Zn (mg/kg) en todas las rumas del proceso de compostaje	112
Figura 42. Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Zn (mg/kg) en compost.....	112
Figura 43. Gráficos de las concentraciones de Al (mg/kg) en todas las rumas del proceso de compostaje	116
Figura 44. Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Al (mg/kg) en compost.....	117
Figura 45. Gráficos de las concentraciones de Cd (mg/kg) en todas las rumas del proceso de compostaje	121

Figura 46. Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Cd (mg/kg) en compost	122
Figura 47. Gráficos de las concentraciones de Ni (mg/kg) en todas las rumas del proceso de compostaje	127
Figura 48. Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Ni (mg/kg) en compost.....	127
Figura 49. Gráficos de las concentraciones de Pb (mg/kg) en todas las rumas del proceso de compostaje	131
Figura 50. Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Pb (mg/kg) en compost.....	132
Figura 51. Gráficos de las concentraciones de Cu (mg/L) en lixiviados de compost	136
Figura 52. Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Cu (mg/L) en lixiviados	136
Figura 53. Gráficos de las concentraciones de Fe (mg/L) en lixiviados de compost.....	140
Figura 54. Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Fe (mg/L) en lixiviados.....	141
Figura 55. Gráficos de las concentraciones de Al (mg/L.) en lixiviados de compost.....	144
Figura 56. Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Al (mg/L) en lixiviados.....	145
Figura 57. Gráficos de las concentraciones de Cd (mg/L) en lixiviados de compost	150
Figura 58. Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Cd (mg/L) en lixiviados	150
Figura 59. Gráficos de las concentraciones de Cr (mg/L.) en lixiviados de compost	154
Figura 60. Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Cr (mg/L) en lixiviados	154
Figura 61. Gráficos de las concentraciones de Ni (mg/L.) en lixiviados de compost	159
Figura 62. Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Ni (mg/L) en lixiviados	159
Figura 63. Gráficos de las concentraciones de Pb (mg/L) en lixiviados de compost	163
Figura 64. Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Pb (mg/L) en lixiviados	164
Figura 65. Dispersiograma de la correlación entre Fe y Pb, en compost–ruma 1.....	170
Figura 66. Dispersiograma de correlación entre Fe y Mn en compost–ruma 1.....	171
Figura 67. Dispersiograma de correlación entre Pb y Mn en compost–ruma 1.....	172
Figura 68. Dispersiograma de correlación entre Mn y Al en compost–ruma 1.....	172
Figura 69. Dispersiograma de correlación entre Fe y Al en compost–ruma 1.....	173
Figura 70. Dispersiograma de correlación entre Pb y Al en compost–ruma 1	174

Figura 71. Dispersiograma de la correlación entre Fe y Zn, en compost – ruma 2.....	176
Figura 72. Dispersiograma de correlación entre Fe y Mn en compost–ruma 2.....	177
Figura 73. Dispersiograma de correlación entre Zn y Mn en compost–ruma 2.....	177
Figura 74. Dispersiograma de correlación entre Zn y Cu en compost–ruma 2.....	178
Figura 75. Dispersiograma de correlación entre Fe y Cu en compost–ruma 2.....	179
Figura 76. Dispersiograma de correlación entre Mn y Cu en compost–ruma 2.....	179
Figura 77. Dispersiograma de la correlación entre Cu y Al, en compost – ruma 3.....	182
Figura 78. Dispersiograma de la correlación entre Fe y Zn, en compost – ruma 3.....	183
Figura 79. Dispersiograma de correlación entre Mn y Al en compost–ruma 3.....	183
Figura 80. Dispersiograma de correlación entre Zn y Pb en compost –ruma 3.....	184
Figura 81. Dispersiograma de correlación entre Mn y Cu en compost–ruma 3.....	185
Figura 82. Dispersiograma de correlación entre Pb y Fe en compost–ruma 3.....	185
Figura 83. Dispersiograma de correlación entre Zn y Mn en compost–ruma 3.....	186
Figura 84. Dispersiograma de correlación entre Mn y Fe en compost–ruma 3.....	187
Figura 85. Dispersiograma de correlación entre Zn y Al en compost–ruma 3.....	188
Figura 86. Dispersiograma de correlación entre Zn y Cu en compost–ruma 3.....	188
Figura 87. Dispersiograma de correlación entre Pb y Mn en compost–ruma 3.....	189
Figura 88. Dispersiograma de correlación entre Fe y Al en compost–ruma 3.....	190
Figura 89. Dispersiograma de correlación entre Pb y Al en compost – ruma 3.....	190
Figura 90. Dispersiograma de correlación entre Cu y Pb en compost–ruma 3.....	191
Figura 91. Dispersiograma de correlación entre Fe y Cu en compost–ruma 3.....	192
Figura 92. Dispersiograma de la correlación entre Ni y Mn, en compost en ruma 1.....	197
Figura 93. Dispersiograma de la correlación entre Fe y Ni, en compost en ruma 1.....	199
Figura 94. Dispersiograma de la correlación entre Mn y Zn, en compost en ruma 1.....	200
Figura 95. Dispersiograma de la correlación entre O ₂ y Pb, en compost en ruma 1.....	201
Figura 96. Dispersiograma de la correlación entre Zn y Ni, en compost en ruma 1.....	203
Figura 97. Dispersiograma de la correlación entre Mn y Fe, en compost en ruma 1.....	204
Figura 98. Dispersiograma de la correlación entre ácidos húmicos y Pb, en compost en ruma 1.....	205
Figura 99. Dispersiograma de la correlación entre ácidos fúlvicos y Pb, en compost en ruma 1.....	205
Figura 100. Dispersiograma de la correlación entre pH y Fe, en compost en ruma 1.....	206
Figura 101. Dispersiograma de la correlación entre Fe y pH, en compost en ruma 2.....	212
Figura 102. Dispersiograma de la correlación entre Pb y O ₂ , en compost en ruma 2.....	213

Figura 103. Dispersiograma de la correlación entre Zn y Mn, en compost en ruma 2	214
Figura 104. Dispersiograma de la correlación entre Zn y Al, en compost en ruma 2.....	214
Figura 105. Dispersiograma de la correlación entre Mn y Al, en compost en ruma 2.....	215
Figura 106. Dispersiograma de la correlación entre Pb y pH, en compost en ruma 2	216
Figura 107. Dispersiograma de correlación entre Pb y ácidos húmicos, en compost en ruma 2.....	216
Figura 108. Dispersiograma de la correlación entre Fe y O ₂ , en compost en ruma 2	217
Figura 109. Dispersiograma de la correlación entre Mn y Al, en compost en ruma 3.....	221
Figura 110. Dispersiograma de la correlación entre Mn y Zn, en compost en ruma 3	222
Figura 111. Dispersiograma de la correlación entre Mn y Zn, en compost en ruma 3	222
Figura 112. Dispersiograma de la correlación entre Zn y Al, en compost en ruma 3.....	223
Figura 113. Dispersiograma de la correlación entre Cd y pH, en compost en ruma 2	229
Figura 114. Dispersiograma de la correlación entre O ₂ y Ni, en compost en ruma 2.....	230
Figura 115. Dispersiograma de la correlación entre Cr y Pb, en compost en ruma 2.....	230
Figura 116. Dispersiograma de la correlación entre Cu y O ₂ , en compost en ruma 2....	231
Figura 117. Dispersiograma de la correlación entre Ni y O ₂ , en compost – rumas 1, 2 y 3	234
Figura 118. Dispersiograma de la correlación entre Pb y Cr, en compost – rumas 1, 2 y 3	235
Figura 119. Dispersiograma de la correlación entre O ₂ y Cr, en compost – rumas 1, 2 y 3	235
Figura 120. Dispersiograma de correlación entre Mn y Al en compost-rumas 1,2 y 3	277
Figura 121. Dispersiograma de correlación entre Mn y Fe en compost-rumas 1,2 y 3...277	277
Figura 122. Dispersiograma de correlación entre Pb y Al en compost-rumas 1,2 y.....	278
Figura 123. Dispersiograma de correlación entre Pb y Mn en compost-rumas 1,2 y 3...279	279
Figura 124. Dispersiograma de correlación entre Pb y Fe en compost-rumas 1,2 y 3...279	279
Figura 125. Dispersiograma de correlación entre Fe y Al en compost-rumas 1,2 y 3.....	280
Figura 126. Dispersiograma de correlación entre ácidos fúlvicos y ácidos húmicos en compost-rumas 1,2 y 3	283
Figura 127. Dispersiograma de correlación entre Zn y Mn en compost-rumas 1,2 y 3...285	285
Figura 128. Dispersiograma de correlación entre Mn y Ni en compost-rumas 1,2 y 3...286	286
Figura 129. Dispersiograma de correlación entre Pb y O ₂ en compost-rumas 1,2 y 3...287	287
Figura 130. Dispersiograma de correlación entre O ₂ y Fe en compost-rumas 1,2 y	288
Figura 131. Dispersiograma de correlación entre ácidos fúlvicos y Pb en compost-rumas 1,2 y 3.....	289

ACRÓNIMOS

ANOVA	Analysis Of Variance
APHA	American Public Health Association
C/N	Relación Carbono/Nitrógeno
FCAM	Facultad de Ciencias del Ambiente
ICP-MS	Plasma de Acoplamiento Inductivo – Espectrómetro de Masas
LCA	Laboratorio de Calidad Ambiental
M1 / M2 / M3	Muestra 1 / Muestra 2 / Muestra 3
MDI	Municipalidad Distrital de Independencia
MINAM	Ministerio del Ambiente de Perú
MTERD	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico – Gobierno de España
MPT	Metales Pesados Tóxicos
NCh2439	Norma Chilena 2439
NCh2880	Norma Chilena 2880 (2004)
NADF-020-AMBT-2011	Norma Ambiental del Distrito Federal NADF-020
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
OMS	Organización Mundial de la Salud
PAHs	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
PCBs	Bifenilos Policlorados
PNCTI	Plan Nacional Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación
PTRS	Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos
PTRSMDI	Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos de la Municipalidad Distrital de Independencia
R1 / R2 / R3	Ruma 1 / Ruma 2 / Ruma 3
RSO	Residuos sólidos orgánicos
UNASAM	Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1. Objetivos

General

Determinar la correlación en la movilidad de los metales pesados en el proceso de compostaje de los residuos sólidos urbanos del distrito de Independencia, Huaraz, 2019.

Específicos

- Determinar la concentración de metales en la materia prima del proceso de compostaje (resultados de la especiación de metales pesados en sedimentos de compost estabilizado).
- Determinar las concentraciones de los metales en el proceso de compostaje, tanto en compost como en sus lixiviados.
- Determinar la concentración de metales de parámetros fisicoquímicos asociados en compost estabilizado (materia seca).
- Determinar las correlaciones en metales de la materia prima (resultados de la especiación de metales) en el proceso de compostaje.
- Determinar las correlaciones de metales con pH, materia orgánica, oxígeno, ácidos húmicos, y ácidos fúlvicos en el proceso de compostaje.
- Determinar las correlaciones en la movilidad de los metales con pH, materia orgánica, oxígeno, ácidos húmicos, y ácidos fúlvicos en compost estabilizado.
- Determinar la calidad del compost estabilizado, desde la perspectiva de la presencia de los metales pesados, teniendo como referente las normas NCh2880-2004 de Chile y DNADF-020-AMBT-2011 de México D.F.

1.2. Hipótesis

- La correlación en la movilidad de los metales pesados del proceso de compostaje, lixiviados y compost estabilizado con pH, materia orgánica, oxígeno, ácidos húmicos, y ácidos fúlvicos, son positivas.
- La correlación en la movilidad de los metales pesados del proceso de compostaje, lixiviados y compost estabilizado con pH, materia orgánica, oxígeno, ácidos húmicos, y ácidos fúlvicos, son negativas.
- La correlación en la movilidad de los metales pesados del proceso de compostaje, lixiviados y compost estabilizado con pH, materia orgánica, oxígeno, ácidos húmicos, y ácidos fúlvicos, son nulas.

1.3. Variables

Independientes:

- Concentraciones de metales en la materia prima del compost (resultados de especiación de MPT en sedimentos de compost estabilizado).
- Concentraciones de metales en el proceso de compostaje (compost y lixiviados).
- Concentraciones de metales en compost estabilizado.

Dependientes:

- Resultados de correlaciones entre metales de la materia prima, del proceso de compostaje y de compost estabilizado; y, con pH, materia orgánica, oxígeno, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos.
- Calidad del compost estabilizado, desde la perspectiva de la presencia preferente de los metales pesados, teniendo como referencia las normas NCh2880 (2004) de Chile y DNADF-020-AMBT (2011) de México D.F.

Tabla 1.

Operacionalización de variables.

Variables Independientes	Descripción	Dimensión	Indicador	Unidad de medida
<p>- Concentraciones de metales en la materia prima del compost (resultados de la especiación de metales en sedimentos de compost estabilizado).</p> <p>- Concentraciones de los metales en el proceso de compostaje, tanto en compost como en sus lixiviados.</p> <p>- Concentraciones de metales y de parámetros fisicoquímicos asociados en compost estabilizado (materia seca).</p>	<p>Concentración de metales pesados: contenido de elementos químicos metálicos, con densidad relativamente alta y tóxica en concentraciones bajas.</p>	Elementos químicos macro y micronutrientes, y MPT	<p>Macronutrientes: N, Ca, P, Mg y K Micronutrientes: Mn, Cu, Zn y Fe MPT: Al, As, Cd, Cr, Hg, Ni y Pb</p>	mg/kg
	<p>Materia prima de compost: materia orgánica biogénica de origen.</p>	Materia orgánica	Biogénica	mg
	<p>Compost estabilizado: compost seco estabilizado.</p>	Materia orgánica compostada	Calidad	mg/Kg/Tn
	<p>Residuos sólidos urbanos (RSU): son residuos generados en domicilios, comercios, oficinas y servicios, así como todos aquellos que no tengan la calificación de peligrosos.</p>	Materia orgánica prima o inicial	Residuos biogénicos	mg/Kg/Tn
	<p>Lixiviados: líquidos generados por la descomposición de la materia prima biogénica proveniente de las rumas.</p>	Fluido viscoso	Volumen	mL
<p>- Correlaciones entre MPT del proceso de compostaje, de lixiviados y de compost estabilizado con pH, materia orgánica, oxígeno, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos.</p> <p>- Calidad del compost estabilizado, en función a la presencia de MPT, con referencia a las normas NCh2880 (2004) de Chile y DNADF-020-AMBT-2011 de México D.F</p>	<p>Correlación: constituye la relación o no de dos o más variables.</p>	Grado o magnitud de relación	Lineal o no. Positiva, negativa o nula	R ²
	<p>pH: coeficiente que indica el grado de acidez o alcalinidad de una solución acuosa.</p>	Grado de acidez o alcalinidad.	Acido, neutro o básico	
	<p>Oxígeno: es un gas incoloro, inodoro e insípido.</p>	Elemento químico	O ₂	%
	<p>Ácidos húmicos: material orgánico de color oscuro extraído del compost.</p>	Componente del humus	Neutralizador de suelos ácidos	mg
	<p>Ácido fúlvico: fracción de la materia orgánica del compost.</p>	Componente del humus	Neutralizador de suelos ácidos	mg

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Según Paccini (2019), en la tesis denominada “Determinación de la Fitotoxicidad del Compost de la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos Municipales de Carhuaz, utilizando el Cultivo de Trigo como Indicador, Carhuaz-Ancash, 2017”, entendiéndose que para la elaboración del compost se usó como materia prima residuos sólidos urbanos, se hallaron los siguientes metales pesados asociados a sus respectivas concentraciones: Pb de 64.5 mg/kg para el compost existente y 50.44 mg/kg para compost fresco, ambos superaron los límites establecidos de clases de compost en la norma chilena 2880 (NCh-2880). El contenido de Cd fue 2.13 mg/kg para el compost existente y 3.34 mg/kg para el fresco, que superaron el valor de la norma chilena para la clase A. El contenido de Cr fue 24.13 mg/kg para el compost existente y 22.54 mg/kg para el fresco, estando por debajo del límite establecido para las clases de compost según la norma chilena. (p. 97)

Vargas (2017), en su tesis denominada “Calidad de Compost Producidos a partir de Residuos Sólidos Orgánicos Municipales en el Centro de Protección Ambiental Santa Cruz, ciudad de Concepción”, determinó la calidad de compost según sus características en muestras de cuatro meses, habiendo registrado la concentración de As de 67.5 mg/kg, y en la de cinco meses se incrementó a 79.5 mg/kg, datos que superaron los valores permisibles establecidos en la norma chilena para la clase B. En Cd se incrementó de 2.13 mg/kg a 2.22 mg/kg, valores que se encuentran dentro de la clase B. En Cu, descendió de 214.05 a 152.20 mg/kg, estando dentro de los valores de la Clase B. En Ni, disminuyó de 16.95 a 16.60 mg/kg, estando dentro de los valores de la clase B de la norma NCh-2880. En Pb, se incrementó de 239.00 a 285.85 mg/kg, estando estos valores dentro de la clase clase B. Finalmente, en Zn, se incrementó de 1139.5 mg/kg a 1203 mg/kg, estando dentro de los valores de clase B de la norma chilena. (pp. 109-116)

Juan de Dios (2019) en la tesis denominada “Calidad de compost elaborado a partir de residuos sólidos orgánicos producidos en el caserío de Marona, Tingo María-región Huánuco”, determinó la calidad de compost producidos a partir de RSO. Dichos resultados se encuentran consignados en la tabla 2. (pp. 12, 36-37)

Tabla 2.

Parámetros del contenido de metales pesados (ppm) encontrados en el compost muestreado.

Variables	N°	Mínimo (ppm)	Máximo (ppm)
Cd	3	2.96	4.23
Pb	3	31.00	46.00
Cu	3	57.00	80.00
Fe	3	1233.00	1290.00
Zn	3	129.00	158.00
Mn	3	347.00	515.00

N: Cantidad de muestras.

Fuente: Adaptado de Juan de Dios, 2019, p. 36.

Según Lazzari, et al., (2000), en su publicación científica “Correlación entre concentraciones de microcontaminantes inorgánicos (metales pesados) y orgánicos (PCBs y PAHs) durante los procesos de compostaje de lodos de depuración”, incluyeron el análisis de parámetros importantes como pH, temperatura y peso. También se consideraron los metales pesados cuya especiación y comportamientos típicos en el compostaje, son vitales para comprender la movilidad de cada uno de sus perfiles. La correlación significativa hallada entre Pb, Cd y Cu y la materia orgánica se fija en la alta adsorción, debido a que otros componentes como los PCBs y PAHs son muy volátiles. Las características químicas de los compuestos orgánicos y especies inorgánicas como los MPT, tienen una permanente correlación a partir de sus respectivas tendencias temporales, que significa mayor o menor asociación. (p. 427)

2.2. Bases teóricas

La presente tesis, se fundamenta en las bases teóricas del estado del arte de la ciencia, la tecnología y la técnica, que abordan conceptos, metodologías y prácticas de la ingeniería ambiental vinculadas a las correlaciones de diversas variables, en contextos sistémicos, que en su gran mayoría son sistemas estocásticos, como en este caso particular que se ha revelado las correlaciones de los metales pesados totales hallados en el proceso de compostaje (compost y lixiviados) y en compost estabilizado, investigados en la ciudad de Huaraz, en el periodo 2019-2021.

Entiéndase por correlación desde la perspectiva matemático-estadístico como una técnica para determinar la relación entre dos o más variables. En este caso, se usará para determinar la relación de las concentraciones de los metales pesados totales (MPT) (macronutrientes, micronutrientes y metales pesados tóxicos) en su movilidad en el proceso de compostaje en los estados sólido y acuoso, preferentemente con las variables pH, materia orgánica, oxígeno, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos.

La correlación puede ser de al menos de dos variables o de una variable dependiente y dos o más variables independientes, denominada correlación múltiple. El coeficiente de correlación, es un valor cuantitativo de la relación entre dos o más variables. Puede variar desde -1 hasta 1. La correlación de proporcionalidad directa o positiva se establece con valores +1 y de proporcionalidad inversa o negativa con -1. No existe relación entre las variables cuando el coeficiente es de 0.

Los fundamentos matemáticos de la correlación, se vinculan a sus análisis del caso típico de dos variables cuantitativas. La relación puede ser de tipo lineal, polinómica, logarítmica, etc. Para ello se usa el método de mínimos cuadrados, que consiste en minimizar el error de la relación calculada frente al hecho real; es decir, minimizar la desviación típica de los valores de residuos de la regresión (error cuadrático medio). (Suárez, 2015)

$$EMC = \frac{\sum_{i=1}^n (e_i)^2}{n}$$

Siendo e_i la diferencia para cada elemento entre la observación real y el dato estimado ($y_i - \hat{y}_i$) y n el número de datos observados. Luego con aplicación de ajuste lineal, se tiene:

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \epsilon$$

El caso más simple, con una variable dependiente y otra independiente, sería:

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \epsilon$$

De esta relación matemática se infiere el coeficiente de correlación de Pearson:

$$R = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

Siendo σ_{xy} la covarianza de las variables X e Y, σ_x la desviación típica de la variable X, y σ_y la desviación típica de la variable Y.

Los valores que puede tomar R, son: $-1 \leq R \leq 1$. Si:

- $R=1$, existe una relación positiva perfecta.
- $R=-1$, existe una relación negativa perfecta.
- $-1 < R < -0,5$, existe una relación negativa fuerte.
- $R=-0,5$, existe una relación negativa moderada.
- $-0,5 < R < 0$, existe una relación negativa débil.
- $R=0$: no existe relación, ni lineal, Y no depende linealmente de X.
- $0 < R < 0,5$, existe una relación positiva débil.
- $R=0,5$, existe una relación positiva moderada.
- $0,5 < R < 1$, existe una relación positiva fuerte.
- $R=1$, existe una relación positiva perfecta.

Para analizar la relación entre variables existen múltiples métodos, entre ellos:

Regresión lineal, regresión no lineal, regresión logística, modelos probit, tablas de contingencia y modelos logarítmicos.

En este contexto de vinculaciones de variables, se analizarán, aprovechando la movilidad de los MPT en el proceso de compostaje, las vinculaciones de éstos con otras variables del proceso en sus diferentes etapas. En un proceso más biológico como el compostaje, existen limitaciones en los procesos fisicoquímicos, debido a que los microorganismos tienen la capacidad de adaptarse a multitud de agentes contaminantes, tanto orgánicos como inorgánicos y aunque los microorganismos no pueden destruir los metales pesados, si pueden influir en su movilidad, modificando sus características físicas y químicas. Según Vargas (2005), estudios llevados a cabo sobre descontaminación de fluidos mediante microorganismos revelan que los metales pesados presentan gran afinidad por los flóculos microbianos, adhiriéndose a estos en cortos periodos de tiempo. (p. 71)

Los **metales denominados pesados** en realidad son minerales que se clasifican, desde la perspectiva de su uso en los suelos, como minerales macronutrientes (N, P, K, Na, Ca y Mg), micronutrientes (Fe, Cu, Zn, etc.) y los denominados metales pesados tóxicos, que más allá de su concentración afectan casi todas las formas de vida, con el agravante de que son bioacumulables.

Macronutrientes, son los elementos que las plantas necesitan en mayor proporción, ya que constituyen los elementos químicos más abundantes de su composición orgánica.

Así, el **nitrógeno (N)**, fomenta el crecimiento de la parte aérea de los vegetales (hojas y tallos). Es, en parte, responsable del color verde de las plantas y confiere resistencia a las plagas. Su proporción en el compost varía en función del grado de madurez, de manera que el compost fresco es pobre en nitrógeno, mientras que la concentración crece a medida que el compost madura (Solano, 2005, p. 27). La proporción oscila entre el 1 y el 2 % en el compost de 5 ó 6 meses de maduración. En este caso tendremos datos de concentración de N en procesos de compostaje en una primera etapa en

promedio de una duración de 6 meses (excepto la testigo que tuvo una duración de mayor tiempo), y en la segunda etapa de 3, 4 y 7 meses de duración del proceso.

La forma química mayoritaria de absorción de N por parte de las plantas son los nitratos, que abundan en el compost maduro. En el fresco, el N predominante es en forma de ion amonio (NH_4^+) y amoniaco (NH_3^-), menos tolerable o absorbible por la mayoría de vegetales. (Cid, 2014, p. 2)

Otro macronutriente es el fósforo (**P**), muy importante en la maduración de flores, semillas y frutos. Interviene en la formación y desarrollo de las raíces y tiene un papel importante en la resistencia a la sequía. Su proporción en el compost es entre 0,8 y 2,5 %, mayoritariamente en forma de óxido de fósforo (P_2O_5), y varía en función del tipo de restos de las cuales proviene el compost. Las plantas lo absorben en forma de fosfatos. Se puede enriquecer el suelo o el compost con fósforo si se añade cenizas, huesos molidos o roca fosfatada. (Román, et al., 2013, p. 35)

Potasio (K), es otro macronutriente, decisivo en el desarrollo de toda planta, posibilita que las raíces y los tallos sean fuertes y las semillas, los frutos y las hojas, grandes. Proporciona resistencia a las plagas y enfermedades, colabora en la circulación de los otros nutrientes alrededor de la planta y regula las funciones vegetales. En el compost se encuentra en una proporción de entre 1 y 1,5 %, en forma mayoritaria de óxido de potasio (K_2O). Se absorbe en forma elemental o combinada (cloruro, fosfato, nitrato, etc.). (Cid, 2014, p. 2)

Calcio (Ca), es otro macronutriente presente en el compost, importante en la formación de las paredes celulares de las plantas. La proporción en el compost oscila entre el 2 y el 8 %, en función de los materiales utilizados para elaborarlo. Se encuentra en el compost y en el suelo en forma de sales (nitratos, fosfatos, carbonatos, etc.). También es absorbido en estas combinaciones. (Cid, 2014, p. 3)

Magnesio (Mg), es un macronutriente que forma parte de la clorofila (molécula vegetal que confiere el color verde en las plantas) y actúa en el metabolismo del P. En el compost se encuentra en proporciones inferiores al 1%, en forma combinada incorporada a sustancias inorgánicas, como el sulfato de magnesio. (Cid, 2014, p. 3)

Los micronutrientes u oligoelementos, en cambio, son necesarios en muy pequeñas cantidades. En particular, su presencia puede tener un gran impacto en el desarrollo radicular, en la formación de frutos, el interior del grano, la viabilidad de la semilla, el vigor y la salud de la planta. (Cooper & Abi-Ghanem, 2017, p. 1)

Hierro (Fe), participa en la formación de la clorofila, en la fijación del N y en el proceso respiratorio de los vegetales. Por lo tanto, tiene importancia en el aspecto, color y vigor de las plantas. Como el resto de micronutrientes, también el hierro se encuentra en un porcentaje inferior al 1 % en el compost. Tal y como pasa con otros elementos químicos, el pH del suelo puede causar el bloqueo de la absorción del hierro por parte de las plantas, ya que puede impedir su solubilización en el agua de riego. (Cid, 2014, p. 3)

Zinc (Zn), tiene importancia en la formación y maduración de las semillas; participa en la síntesis de clorofila, la fotosíntesis y la asimilación del nitrógeno; promueve las auxinas (fitohormonas), responsables del crecimiento vegetal. Suele encontrarse en forma de sales, como el sulfato de Zn. (Cid, 2014, p. 3)

Cobre (Cu), es importante por sus funciones enzimáticas, interviene en la formación de la clorofila y la producción de aminoácidos; además, su presencia tiende a disminuir el ataque de enfermedades y plagas, tiende a ser absorbido como ión bivalente (Cu^{2+}) o como complejo orgánico por vía radical o foliar. (Piaggese, 2004, citado por Tirado, 2014, p. 23)

Manganeso (Mn), favorece la síntesis de clorofila, la fotosíntesis y la asimilación de nitratos Su deficiencia o su toxicidad pueden representar una limitante para el desarrollo de las plantas. (INTAGRI, 2018)

La **materia prima para el compost**, necesaria para su elaboración, es muy variada, pues proviene de la diversas fuentes públicas y privadas; pero, habitualmente son restos o residuos biogénicos orgánicos como vegetales, restos de comidas, restos de cocina, restos de podas, rastrojos de la agricultura, frutas, hortalizas, legumbres, cereales, fibras, aceites comestibles y estiércoles de animales menores, entre otros. Esta materia prima, ingresa a un proceso de descomposición para obtener diversos productos, que luego serán incorporados a los suelos como nutrientes y modificadores o enmiendas fisicoquímicos. (Román, et al., 2013)

También, están comprendido los residuos orgánicos de industrias de conservas, deshidratados, congelados, residuos orgánicos de producción pecuaria primaria, residuos orgánicos de industrias de preparación y transformación de carnes, pescados y otros de origen animal, residuos orgánicos de la industria azucarera, residuos orgánicos de la industria lechera, residuos orgánicos de la industria panadera, pastelera y confitera, residuos orgánicos de la industria de bebidas alcohólicas, y residuos orgánicos domiciliarios (NCh2880, 2004, p. 7). En esta investigación la materia prima predominante fueron los residuos sólidos provenientes de los domicilios de la población de la ciudad de Huaraz, especialmente del distrito de Independencia que incluye los de escenarios públicos como sus mercados y plazas, trasladados a la PTRSMDI en la localidad de Pongor.

No debe incluirse como materia prima para compostaje productos como residuos peligrosos provenientes de hospitales, clínicas o servicios industriales. También, deben excluirse productos usados para remediación de silos contaminados o para la limpieza industrial de servicios higiénicos. (NCh2880, 2004, p. 8)

El **proceso de compostaje** consiste en la descomposición biológica aerobia y la estabilización de sustratos orgánicos, bajo condiciones que permitan el desarrollo de temperaturas termófilas (entre 50 y 70°C), como resultado de la generación de energía calorífica de origen biológico, de la cual se obtiene un producto final estable, libre de patógenos y semillas que pueden ser

incorporado al suelo beneficiosamente. (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009, p. 18)

Este proceso de descomposición de la materia orgánica dura aproximadamente entre cinco y seis meses (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009, p. 18).

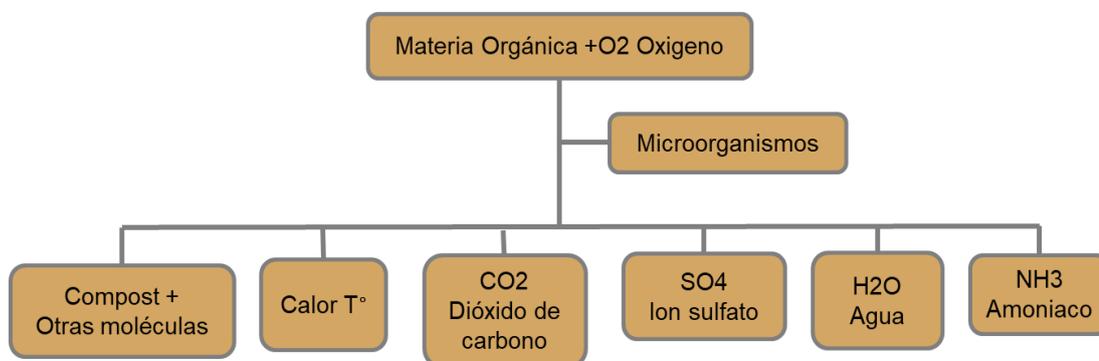
Los lixiviados es el resultado del proceso de transformación de los restos en compost, la materia orgánica se degrada formando un fertilizante líquido orgánico denominado lixiviado. La humedad de la materia orgánica es el principal factor que acelera la generación de lixiviados.

El proceso de compostaje, comprende las siguientes etapas:

La etapa de **latencia y crecimiento**, es el período de aclimatación de los microorganismos a su nuevo medio y el inicio de la multiplicación y colonización de los residuos. Esta etapa, dura aproximadamente de dos a cuatro días y se inicia con la degradación de los elementos más biodegradables. Como consecuencia de esta acción de las primeras bacterias mesófilas que actúan a temperaturas medias (aproximadamente hasta 50°C) se comienza a calentar la ruma de residuos y se observa la emanación de vapor de agua en la parte superior de la ruma. En la **figura 1**, se observa la etapa de latencia y crecimiento.

Figura 1.

Etapa de latencia y crecimiento.



Fuente: Manual de compostaje, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2009), p. 19.

La **etapa termófila**, es la etapa del proceso de compostaje donde la temperatura alcanza de 40 °C a 70 °C, debido al calor producido por el metabolismo de microorganismos mesófilos que son reemplazados por bacterias termófilas capaces de vivir a esas temperaturas. Durante esta etapa, ocurre la destrucción de patógenos. (NADF-020-AMBT-2011, 2011)

Finalmente, las **etapas de enfriamiento y maduración**, son las etapas del proceso de compostaje, donde la actividad biológica disminuye paulatinamente al agotarse los compuestos fácilmente degradables, reduciéndose la temperatura. Se produce un segundo reemplazo de los microorganismos por otros capaces de degradar sustancias más resistentes. (NADF-020-AMBT-2011, 2011)

Estos procesos generan, por último, un producto estable, maduro, de color marrón oscuro, inocuo, libre de efectos fitotóxicos, denominado compost. (Servicio Agrícola Ganadero, 2013, p. 47)

Parámetros del proceso de compostaje

Teniendo en cuenta que son seres vivos, los responsables o agentes de la transformación, todos aquellos factores que puedan limitar su vida y desarrollo, limitarán también al propio proceso.

En ese sentido, los factores que intervienen son complejos, siendo los de mayor importancia la temperatura, la humedad y la aireación. (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009, pp. 19-20)

La **temperatura**, en cada etapa del proceso interviene una serie de microorganismos, cada uno de ellos con un rango de temperatura diferente.

- Etapa de latencia y crecimiento: 15-45°C.
- Etapa termófila: 45-70°C.
- Etapa de maduración: inferior a los 40°C.

La humedad, genera un medio en el que viven, se desplazan y se alimentan, es un factor indispensable para los microorganismos.

Es importante mantener una cantidad óptima de agua durante el proceso, puesto que en caso la humedad sea elevada, esta desplazaría al oxígeno y, en consecuencia, el proceso pasaría a ser anaeróbico (ausencia de aire) o, lo que es lo mismo, una putrefacción. Por otra parte, si la cantidad de humedad es baja, se produce la disminución de la actividad de los microorganismos y en consecuencia el proceso se retrasa. Hemos de tener en cuenta, que el propio calor generado en el proceso provoca la disminución de la humedad.

En ese sentido, se puede considerar como niveles óptimos, humedades del 40 al 60%, dependiendo de la mezcla de materiales más o menos fibrosos del contenido de la ruma.

En la **aireación**, el oxígeno es fundamental para que los microorganismos puedan descomponer eficazmente la materia orgánica. Por ello, el aporte de aire en todo momento debe ser idóneo para mantener la actividad microbiana, sin que aparezcan condiciones anaerobias, que, además de entorpecer el proceso, dan lugar a la aparición de olores y a un producto de inferior calidad. Para que no se inicie el proceso anaeróbico, debe superarse un mínimo del 10% de aireación. Por ello es importante controlar los materiales introducidos en la pila, ya que, muchos de los restos vegetales, en especial el césped, tienden a apelmazarse y provocar putrefacciones. (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009, p.20)

Uno de los parámetros más importantes para que una ruma de compost funcione correctamente es la relación inicial entre el carbono y el nitrógeno, para que haya crecimiento microbiano, se necesita que la relación sea 20 y 30, es decir, 20-30 átomos de carbono por cada átomo de nitrógeno. El carbono es necesario para que los microorganismos crezcan, una parte se dedica a la obtención de energía metabólica dando como resultado la emisión de CO₂. La parte restante la incorporan en su propia estructura celular junto al nitrógeno (10/1). Así, es muy importante tanto la cantidad de carbono y su relación con el nitrógeno como su naturaleza química, ya que en función de

esto habrá más o menos crecimiento y actividad metabólica. La relación carbono nitrógeno del compost es un indicador muy útil para evaluar el desarrollo la y calidad del compost. (Tortosa, 2018, p. 4)

Los ácidos fúlvicos, son moléculas de bajo peso molecular, extremadamente complejas, solubles en agua, ya sea a pH ácido o básico. Estos ácidos reflejan la naturaleza de las plantas y especies de los microorganismos que les dieron origen durante el proceso de humificación, por ello, el color amarillo rojizo o amarillo marrón que los caracteriza. (Fertilab, 2005, p. 2)

La toxicidad de los **MPT**, depende del grado o nivel de concentración, la forma química y la persistencia. Un elemento indispensable para un ser vivo en concentraciones traza puede llegar a ser tóxico en concentraciones elevadas. Por otra parte, la mayoría de metales pesados se combina con otras formas químicas, antes de entrar en los organismos o cuando se encuentra en el interior de los mismos; por tanto, antes de determinar la toxicidad de un elemento es necesario determinar la forma química en la que se encuentra. (Navarro, et al., 2007, p. 3)

La persistencia se define como el tiempo que tarda un contaminante en transformarse en una forma no tóxica. Los metales pesados están considerados como muy peligrosos para los seres vivos en general, pues poseen una gran toxicidad, en parte debido a su elevada tendencia a bioacumularse. La bioacumulación es un aumento de la concentración de un producto químico en un organismo biológico en un cierto plazo, de forma que llega a ser superior a la del producto químico en el ambiente. La toxicidad está causada frecuentemente por la imposibilidad del organismo afectado para mantener los niveles necesarios de excreción. El proceso se agrava durante el paso por las distintas cadenas tróficas, debido a que los niveles de incorporación sufren un fuerte incremento a lo largo de sus sucesivos eslabones, siendo en los superiores donde se hallan los mayores niveles de contaminantes. (Navarro, et al., 2007, p. 3)

A este proceso se le denomina biomagnificación; es decir, muchas toxinas que están diluidas en un medio, pueden alcanzar concentraciones dañinas dentro de las células, especialmente a través de la cadena trófica. (Navarro, et al., 2007, p. 3)

En general, los **metales pesados** son removidos mediante reacciones de intercambio iónico que se producen mientras los lixiviados viajan a través de compuestos sólidos como compost o suelos, los oligoelementos orgánicos se separan principalmente mediante absorción. La capacidad de un suelo para retener los metales pesados encontrados en los lixiviados está en función de la capacidad de intercambio de cationes que tiene el suelo. (Tchobanoglous, 1994)

Los metales pesados en el suelo, presumiblemente también en el compost, pueden quedar retenidos o pueden ser movilizados en la solución mediante diferentes mecanismos biológicos y químicos (Pagnanelli, et al., 2004, citado por Méndez, et al., 2009, p. 31). Además, los factores que influyen en la movilización de MPT en el suelo son: las características del suelo como pH, potencial redox, composición iónica, capacidad de intercambio catiónico, presencia de carbonatos, materia orgánica y textura, solo que en este caso algunos de los parámetros como los carbonatos no será posible puesto que no están presentes debido a que el material es compost en proceso o compost estabilizado. (Sauquillo, et al., 2003, citado por Méndez, et al., 2009, p. 31)

También, el origen de la movilidad y contaminación por MPT está asociado a su forma de deposición y a otras condiciones ambientales como acidificación, cambios en las condiciones redox, variación de temperatura y humedad. La movilización es relativa a todos estos factores, pero especialmente a aquellos que afectan a la transferencia desde fases sólidas a líquidas. (Alloway, 1995 citado por Solano, 2005, p. 142)

Para connotar el comportamiento de los MPT en suelos y prevenir riesgos tóxicos potenciales, se requiere la evaluación de la disponibilidad y movilidad de estos. La toxicidad de los metales depende no sólo de su concentración,

sino también de su movilidad y reactividad con otros componentes del ecosistema. (Abollino, et al., 2002, citado por Méndez, et al., 2009, p. 31)

De acuerdo con Solano (2005), los estudios de especiación, a través de métodos de fraccionamiento operacional como son las extracciones químicas selectivas, simples y secuenciales, son el método más empleado para llevar a cabo los estudios de movilización de metales, ya que la determinación directa es casi imposible. La movilidad natural de los metales pesados en los suelos es consecuencia de la actividad biológica, de las interacciones sólido-líquido y de la acción del agua. (pp. 146, 148)

Según Rosal, et al. (2007), en su artículo “La incidencia de metales pesados en compost de residuos sólidos urbanos y en su uso agronómico en España”, hallaron concentraciones de Cd, Cu y Zn muy altas. (Gamarra, 2017, p. 26)

Según Rojas, et al. (2016), en su publicación “Evaluación de compost con presencia de metales pesados en el crecimiento de *Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradices*”, hallaron que el pH tenía tendencia neutra (7.31), los elementos N, P, K tuvieron presencia mínima, el contenido de materia orgánica fue de 27.36%, los patógenos como *staphylococcus aureus* y *pseudomonas* tuvieron presencia no significativa, las concentraciones de los metales pesados As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb estuvieron por debajo de los LMP establecidos por la EPA australiana. (p. 2051)

El Cadmio (**Cd**) es quizás el metal de mayor interés en suelos y plantas, debido a su alta toxicidad, mayor movilidad y biodisponibilidad que otros metales. (Alloway, 1995, citado por Tapia, 2006, p. 193)

La adición de compost de biosólidos a suelos contaminados aumenta la capacidad de adsorción de MPT disminuyendo su movilidad, aunque los biosólidos por sí mismos contengan mayores contenidos de metales que el suelo. (Tapia, 2007, p. 22)

Tapia (2007), menciona que el grado de estabilización de la materia orgánica es importante para determinar la movilidad de los metales; además, describe

que Cai, et al., (2007), hallaron que el compost de biosólidos más cascarilla de arroz con una baja relación C/N, contenido alto de sustancias húmicas y cenizas, mostraron una movilidad menor de metales pesados comparado con otros materiales. (pp. 75, 77)

Un mayor grado de humificación de la materia orgánica puede contribuir significativamente a reducir la solubilidad y movilidad de los metales pesados (Tapia, 2007, p. 11). Ensayos realizados en meses de estiaje, época en que la planta requiere más riego facilitan la movilidad de metales pesados.

De la caracterización del compost de restos de poda más biosólidos destacan aceptables propiedades hidrofísicas, un alto valor de pH y conductividad eléctrica, elevada capacidad intercambio catiónico efectiva y un alto grado de humificación. La aplicación de compost de restos de poda más biosólidos podría ser útil para inmovilizar metales pesados en suelos contaminados. (Tapia, 2007, p. 162)

El compost de restos de poda más biosólidos se puede usar como sustrato de cultivo en contenedor, previa corrección de su salinidad. También, presenta una elevada capacidad de retención de MPT, evitando la posible contaminación. (Tapia, 2007, pp. 162-163)

El contenido de MPT en compost, probablemente sea el factor más limitante y necesario de controlar en el proceso de compostaje de residuos sólidos urbanos. En la normativa española (BOE 131/1998) los contenidos máximos admitidos son 10 mg/kg de Cd, 450 de Cu, 400 de Cr, 120 de Ni, 300 de Pb, 1,100 de Zn y 7 de Hg Aunque estos límites máximos son más restrictivos que los existentes anteriormente (por ejemplo, 4,000 mg/kg de Zn, BOE 191/1988) son también significativamente más tolerantes que los de otros estados de la Unión Europea como, por ejemplo, 400 mg/kg de Zn en Alemania. (Madrid, et al., 2001, p. 111)

Uno de los factores que pueden limitar el uso de estos residuos orgánicos, es la presencia de metales pesados como Cd, Cr, Cu, Zn, Pb y Ni. A partir de una determinada concentración pueden resultar tóxicos para las plantas, con

los consiguientes riesgos para la cadena trófica y la posible contaminación de las aguas subterráneas (Bravo, et al., 2010, p. 1). Los MPT más peligrosos son los que tienden a bioacumularse.

Las aplicaciones potenciales del compost contemplan el contacto con las plantas, la fitotoxicidad es uno de los criterios más importantes para evaluar su calidad y adecuación, tanto para fines agrícolas, como de restauración ambiental o paisajística, siendo de especial interés cuando el compost se destina a aplicaciones hortícolas de alto valor añadido. (Iglesias et al., 2018 citado por Paccini, 2017, p. 44)

La presencia de los MPT en la materia orgánica procede en primer lugar de una segregación muy pobre que la población hace de los residuos en sus hogares. La escasa industrialización de la ciudad de Huaraz permite afirmar que poca incidencia tiene este sector en la contribución de metales a la materia orgánica. Sin embargo, los ingresos de residuos procedentes de talleres de cerrajería, mecánica, de la abrasión de superficies con pintura que contiene plomo, baterías, rumas en desuso, residuos eléctricos, y zinc de los materiales de construcción u otros metales que están en la composición de productos de higiene contribuyen a estas altas concentraciones de metales en productos cotidianos.

La segregación deficiente de los residuos orgánicos en las plantas de tratamiento como la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos de la Municipalidad de Independencia (PTRSMDI), presumiblemente incrementa el contenido final de los metales en el proceso de compostaje por la "disolución" provocada por las condiciones ácidas que se crean en determinadas condiciones del compostaje, debido a las características de la fracción orgánica que contienen tales metales. La mejor manera de evitar altos contenidos de metales en el compost es realizando la segregación minuciosa en la fuente (hogares) y transportándolo cuidadosamente para que no sean contaminados. (Soliva & López, 2004, citado por Paccini, 2017, p. 113)

Como es de conocimiento general, en la actualidad, nuestro país no cuenta con legislación ni normas técnicas peruanas para la producción de compost.

El **aluminio (Al)**, es un elemento químico de número atómico 13, se trata de un metal no ferromagnético y es el tercer elemento más común en la corteza terrestre, donde se encuentra combinado con oxígeno, flúor, sílice, etc., pero nunca en estado metálico. Constituye cerca del 8% de la corteza terrestre y está presente en rocas, vegetación, animales y residuos diversos. (Hidalgo, 2013, p. 1)

El **arsénico (As)**, tiene un número atómico 33. Raramente se presenta de estado sólido, aunque pertenece al grupo de los semimetales, ya que muestra propiedades metálicas y no metálicas. Presenta tres estados alotrópicos, gris metálico, amarillo y negro. El As es uno de los elementos más tóxicos que se encuentran en la naturaleza y por ende es susceptible de ser hallados junto a los residuos orgánicos. (MTERD, 2007a)

El **plomo (Pb)**, tiene el número atómico 82. Este elemento es altamente tóxico, se absorbe en forma acumulativa por vía percutánea, respiratoria y digestiva, afectando principalmente los sistemas nervioso y renal. Puede ser hallado en diversas fuentes, entre ellas la de los residuos en superficie terrestre. (MTERD, 2007b)

El **mercurio (Hg)**, es el único metal líquido a temperatura ambiente. Su abundancia relativa en la corteza terrestre es de 0,08 partes por millón (ppm). Se combina con otros metales formando aleaciones (amalgamas) y debido a esta propiedad, fue extensamente usado durante épocas pasadas en la minería del oro y aún en la actualidad, en explotaciones de tipo unipersonal o artesanal. Este uso del mercurio, cuando no es controlado debidamente, es el mayor responsable de la contaminación de aguas y sedimentos en ríos y lagos, atmósfera, suelos, vegetación, peces, y fuentes de residuos. (Vallés, et al., 2017, pp.12-13)

El **cadmio (Cd)**, perteneciente al grupo 12 de la tabla periódica, de número atómico 48 y masa atómica 112.4. Se presenta como un metal blanco plateado brillante, blando, dúctil y maleable. Químicamente es bastante reactivo y similar al **Zn**. Es un metal pesado sin funciones biológicas esenciales, que

causa gran preocupación en el medio ambiente debido a su toxicidad para los animales y los seres humanos; las concentraciones de Cd pueden acumularse en plantas que no son tóxicas para ellas, pero son tóxicas para los animales y las personas que los consumen. Entre todos los metales pesados tóxicos, el Cd es el más móvil y biodisponible. (Gramlich, et al, 2017; Gramlich et al, 2018; Lewis et al., 2018, citados por Huaraca-Fernández, et al., 2020, p. 140)

El **Cromo** (Cr), es un elemento químico de número atómico 24 que se encuentra en el grupo 6 de la tabla periódica, y se caracteriza por ser un metal de transición duro, frágil, de color gris acerado y muy resistente a la corrosión. Existen cuatro isótopos naturales del cromo que son, ^{50}Cr , ^{52}Cr , ^{53}Cr y ^{54}Cr , que generan diversos isótopos inestables a través de reacciones radioquímicas. El más importante es el ^{51}Cr , el cual emite rayos gamma débiles y tiene un tiempo de vida media aproximadamente de 27 días, también es fuente de residuos vinculados a los comunes. (MTERD, 2007c)

El **Níquel**, es un elemento químico metálico, ubicado en el grupo 10 de la tabla periódica, y representado por el símbolo **Ni**. Su número atómico es 28 y forma parte de los llamados “metales de transición”, como **Zn**, **Cd** o **Hg**. El Ni, es un metal tóxico y cancerígeno, especialmente sus vapores y el sulfato de níquel, así como el carbonilo de níquel ($\text{Ni}(\text{CO})_4$), un gas común pero extremadamente tóxico. Su presencia, es abundante en los residuos urbanos de Huaraz. (Ondarse, 2021)

Para el análisis comparativo de los valores de concentraciones de los MPT hallados en el proceso de compostaje, se usaron los estándares de calidad de las dos siguientes normas: norma Chilena NCh-2880 (2004) y la norma Mexicana NADF-020-AMBT-2011.

Según la norma NCh-2880, todas las clases de compost, a excepción de aquellos producidos a partir de lodos, deben cumplir con los requisitos de concentración máxima permitida de metales pesados, indicados en la **tabla 3**.

Tabla 3.

Concentraciones máximas de metales pesados en compost.

Metales pesados	Concentración máxima en mg/Kg ¹ en Compost en base seca.
Arsénico	15
Cadmio	2
Cobre	100
Cromo	120
Mercurio	1
Molibdeno	2
Níquel	20
Plomo	100
Selenio	12
Zinc	200

¹ Concentraciones expresadas como contenidos totales**Fuente:** Norma Chilena NCh2880. (2004, p. 12)

Todo compost producido para la agricultura orgánica debe cumplir con los requisitos para productos orgánicos establecidos en NCh2439 (NCh-2880, 2004, p.13). Las tolerancias para metales pesados presentes en compost orgánico se establecen en **tabla 4**, siguiente:

Tabla 4.

Concentraciones máximas de metales pesados en compost para la agricultura orgánica.

Metales pesados	Concentración máxima en mg/Kg ¹ en Compost en base seca.
Arsénico	10
Cadmio	1
Cobre	50
Cromo	60
Mercurio	1
Molibdeno	10
Níquel	50
Plomo	6
Selenio	60
Zinc	10

¹ Concentraciones expresadas como contenidos totales**Fuente:** Norma Chilena NCh2880. (2004, p. 13)

Según la norma NCh-2880, las materias primas para compostaje deben presentar un nivel de elementos traza, no mayor a los valores establecidos en la tabla 5.

Tabla 5.

Concentraciones máximas de metales pesados en materias primas para compostaje.

Elementos traza	Concentración máxima en mg/Kg en base seca ¹ .
Cadmio	10
Cromo	1 000
Cobre	1 000
Mercurio	10
Níquel	200
Plomo	800
Zinc	3 000
Cromo + Cobre + Níquel + Zinc	4 000

¹ Concentraciones expresadas como contenidos totales.

Fuente: Norma Chilena NCh2880 (2004, p. 9)

Según la norma ambiental mexicana NADF-020-AMBT-2011, los límites máximos permitidos de contaminantes e impurezas en relación con los elementos traza, son los indicados en tabla 6 siguiente:

Tabla 6.

Concentraciones máximas de elementos traza en mg/Kg en base seca, para compost.

Elementos traza	Nivel 1-tipo A	Nivel-tipo B	Nivel-Tipo C
Arsénico	0.1	0.7	2.0
Cadmio	0.7	1	3
Cromo total	70	70	250
Cobre	70	150	400-500
Mercurio	0.4	0.7	3
Níquel	25	60	100
Plomo	45	120	200
Zinc	200	500	1200-1800

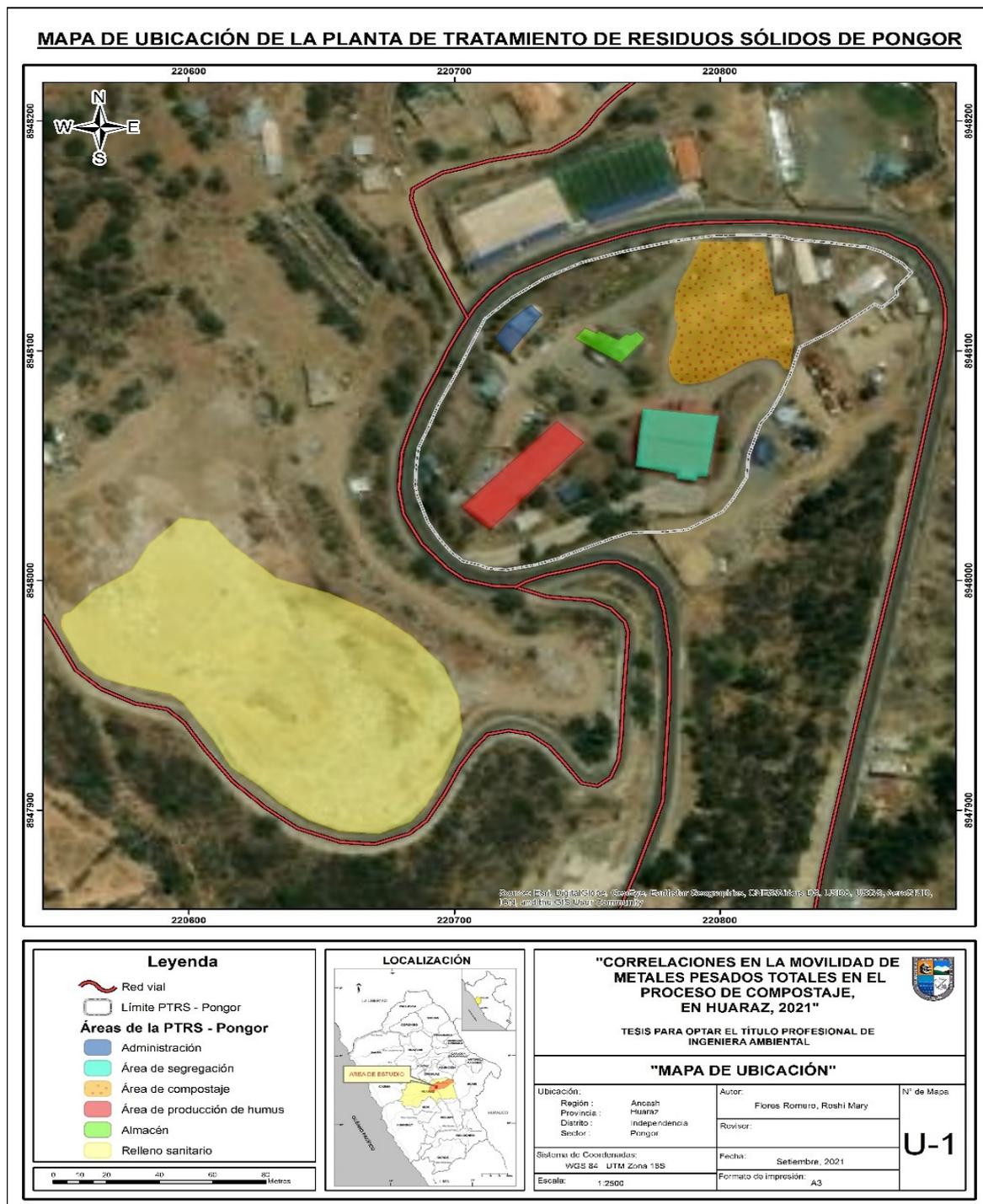
Fuente: Norma Mexicana NADF-020-AMBT-2011 (2012, pp. 77-78)

Escenario de la investigación

La investigación, se realizó en la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos (PTRS) de la Municipalidad Distrital de Independencia (MDI), cuyo mapa de ubicación se observa en la **figura 2**.

Figura 2.

Mapa de ubicación de la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos de Pongor.



Esta tesis está inserta en el proyecto de investigación que fue justificado y aceptado, por su concordancia económica, social, político-legal, y ambiental. En el contexto de las bases del IV Concurso de Investigación Científica y Tecnológica 2014. El proyecto abordó temas de los ejes estratégicos ambiental y social. En lo ambiental, la prevención de riesgos ambientales y en el social, lo económico, político-legal, y la salud pública.

El proyecto se vertebró bajo el espíritu de la Ley General de Residuos Sólidos (Ley N° 27314), que promueve la gestión de los residuos sólidos urbanos a través de su manejo integral y sostenible, y establece un sistema de responsabilidad compartida, desde la generación hasta su disposición final, a fin de evitar situaciones de riesgo e impactos negativos a la salud humana y al ambiente.

En el mismo contexto del problema abordado, el país ha actualizado el marco normativo, se han promulgado el Decreto Legislativo N° 1278-Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos y el Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM que la reglamenta, para que preferentemente los gobiernos locales, hagan lo siguiente: prevenir o minimizar la generación de residuos sólidos en origen, recuperar y valorizar los residuos sólidos generados, y realizar una disposición final ambientalmente adecuada de los residuos sólidos que no lograron ser valorizados. Para poder atender esta problemática, se requiere dimensionar, en función de la demanda, el servicio de limpieza pública, a fin de prevenir riesgos ambientales y garantizar la salud de la población.

La norma más reciente, es el "Plan Distrital de Manejo de Residuos Sólidos" promulgado a través de la Resolución Ministerial N° 100-2019-MINAM, que es un instrumento de planificación que orienta la gestión municipal de los residuos sólidos en los dos distritos más poblados de la provincia de Huaraz.

El proyecto también está inserto en la Ley General de Salud (Ley N° 26842), que en el conjunto de su espíritu pretende proteger y vigilar los sistemas ambientales disponiendo adecuadamente los residuos sólidos.

El proyecto es parte de la línea de investigación de la UNASAM "... Salud pública y prevención de enfermedades endémicas", establecida en las bases del iv

concurso de investigación en ciencia aplicada-2014-UNASAM. En el eje social corresponde a salud, y en el eje ambiental a prevención de riesgos ambientales.

Pertenece al primer objetivo estratégico del Plan de Desarrollo Regional Concertado 2008-2021 de Ancash, que versa "Cobertura y calidad de los servicios de educación y salud". En el eje ambiental, explicita "Cobertura y Mejoramiento de los Sistemas de Saneamiento".

Pertenece también al "Plan Nacional Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Competitividad y el Desarrollo Humano PNCTI 2006-2021", como la cuarta área prioritaria en gestión eficiente del agua y los desechos. Finalmente, también pertenece al código 3212 de la UNESCO: Salud Pública.

El desarrollo del proyecto es necesario, más allá de la presente investigación, por las siguientes razones:

- Porque contribuye con la puesta en práctica lo establecido en el artículo 141 del Decreto Supremo N° 057-2004-PCM-Reglamento de la Ley N° 27314: Ley General de Residuos Sólidos, promoviendo el adecuado manejo de residuos sólidos con criterios técnicos, administrativos y legales, en resguardo de la salud pública y los sistemas ambientales, en beneficio prioritario de la población de la ciudad de Huaraz.
- Porque contribuye con la valorización como opción prioritaria antes que la eliminación de los residuos sólidos orgánicos, a través del proceso de compostaje estandarizado, proveyendo abono orgánico higiénico con un alto contenido de nutrientes, beneficiando de la agricultura, la salud de la población y a los sistemas ambientales locales y regionales.
- Porque contribuye con el mejoramiento de los suelos, en sus propiedades físicas, al usar compost higienizado como enmienda orgánica asegurando su fertilidad, evitando su desertización, mejorando su estabilidad estructural, incrementando su permeabilidad y su capacidad de retención hídrica, beneficiando a los suelos altoandinos de las comunidades campesinas y autogestionarias del ámbito regional.

- Porque el compost higienizado contribuirá a mejorar las propiedades químicas de los suelos, incorporando macronutrientes N, P, K y micronutrientes, mejorando su capacidad de intercambio catiónico, proveyendo abono orgánico no contaminante y un producto comercializable para mercados emergentes, beneficiando los cultivos altoandinos y la economía de los campesinos.
- Porque mejorará la salud de las plantas, especialmente de los cultivos altoandinos, incrementando su resistencia a las enfermedades y reduciendo el uso de fitosanitarios, en beneficio de las condiciones socioeconómicas de empresas agrícolas y de comunidades campesinas.
- Porque disminuirá el uso de abonos químicos (NPK y oligoelementos industriales), el consumo de energía y el uso de otros recursos no naturales en la agricultura, beneficiando la calidad de los cultivos orgánicos y la economía de los agricultores.
- Porque facilitará el manejo de estiércoles, debido a que el compostaje reduce el peso, el volumen, el contenido de humedad y la actividad microbiana, mejorando su manejo en almacenes sin problemas de olores o de insectos, pudiendo ser aplicado en cualquier época del año, estabilizando orgánicamente el N y minimizando su pérdida, disminuyendo la relación C/N a niveles aceptables para el suelo, reduciendo la viabilidad de las semillas presentes en el estiércol, beneficiando la economía de los agricultores, y la protección de los sistemas ambientales agrícolas.

El escenario de trabajo de ejecución de la investigación ha sido la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos (PTRS) de la Municipalidad Distrital de Independencia (MDI) de la provincia de Huaraz, que fue propicio para el cumplimiento de los objetivos de la investigación, por las siguientes razones:

- La PTRS, provee la materia prima para el proceso de compostaje, proveniente de la recolección en la ciudad. Además de un área física adecuada disponible para la instalación de la compostera.

- La PTRS, cuenta con recurso humano entrenado para los trabajos logísticos necesarios. Además, con algunos materiales, componentes y herramientas para desarrollar el proceso.
- La vialidad legal establecida a través del convenio interinstitucional aprobado por la UNASAM con la Resolución de Consejo Universitario N° 053-2014-UNASAM del 17 de febrero de 2014, generando compromisos de cooperación técnica con la Municipalidad Distrital de Independencia (MDI).
- Culminado el proyecto, los resultados tecnológicos serán transferidos, entre otros, a la MDI en procura de mejorar el proceso.

Para la construcción, en los predios de la MDI, de la plataforma de la compostera, se adoptaron algunos criterios técnicos, como que, las rumas se constituyan sobre una plataforma ex profesamente preparada en base a liniers para que no estén en contacto directo con el suelo. Debe estar en la sombra, para evitar periodos prolongados de precipitaciones pluviales e insolaciones. Debe haber el espacio suficiente para la realización de un conjunto de maniobras en el manejo de las rumas desde cuando es materia prima hasta su maduración. Se aconseja disponer de un espacio adecuado y suficiente para establecer las rumas (aproximadamente 1.80 de lado por 1.50 m. de alto). También debe estar cerca al laboratorio de análisis de muestras y eventualmente cerca de los predios de cultivo.

La imagen de la compostera puede observarse en la **figura 3**.

Figura 3.

Se muestra la fotografía de la compostera con piso de geomembrana (Ing. Erwin Binner e Ing. Leonor Méndez, 2015).



2.3. Definición de términos básicos

Correlación: la correlación es en esencia una medida normalizada de asociación o covariación lineal entre dos variables. Esta medida o índice de correlación (r) puede variar entre -1 y $+1$, ambos extremos indicando correlaciones perfectas, negativas y positivas respectivamente. (Vinuesa, 2016, p. 1)

Regresión: es un proceso estadístico que permite analizar la relación que existe entre dos o más variables, siendo una de ellas dependiente al resto de variables que estemos empleando en nuestro cálculo matemático.

Permite cuantificar el cambio en el nivel medio de la variable Y conforme cambia la variable X , asumiendo implícitamente que X es la variable explicativa o independiente e Y es la variable respuesta o dependiente. (Laguna, 2016, p. 2)

Compost: es un abono orgánico que resulta de la transformación de la mezcla de residuos orgánicos de origen vegetal y animal que han sido descompuestos bajo condiciones controladas. (Barreros, 2017, p. 17)

Este abono orgánico proviene de un proceso biológico aerobio (resultado de la humificación de la materia orgánica, bajo condiciones controladas y en ausencia de suelo), mediante el cual los microorganismos actúan sobre excrementos de animales y residuos urbanos), permitiendo obtener “compost”, que es un abono que mejora la estructura del suelo y ayuda a la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas.

Compostaje: proceso dirigido y controlado de mineralización y pre-humificación de la materia orgánica, a través de un conjunto de técnicas que permiten el manejo de las variables del proceso; y que tienen como objetivo la obtención de un biofertilizante de características físico-químicas, biológicas y microbiológicas predeterminadas. (Román, et al., 2013, p. 23)

Etapas del compostaje: según la temperatura generada durante el proceso, se reconocen tres etapas principales en un compostaje, además de una etapa

de maduración de duración variable. Ellas, son: mesófila I, termófila o de higienización, enfriamiento o mesófila II, y maduración. (Román, et al., 2013, 23-25)

Macronutrientes: aquellos minerales que la planta requiere en mayor proporción para cubrir sus necesidades fisiológicas y completar su ciclo de vida. Se consideran macronutrientes: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), Magnesio (Mg) y azufre (S). (NADF-020-2011, 2011, p. 72)

Micronutrientes: son elementos requeridos por las plantas en pequeñas proporciones, necesarios para completar su ciclo vital. Son los siguientes: hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn), boro (B), cobre (Cu), molibdeno (Mo), cloro (Cl). (Remehue, 2017, p. 1)

Lixiviado: líquido residual generado por la descomposición biológica de la parte orgánica o biodegradable de los residuos sólidos en condiciones aeróbicas y como resultado de la percolación de agua de la ruma de descomposición. (Decreto 1713, 2002, p. 4)

Metales pesados: son aquellos cuya densidad es por lo menos cinco veces mayor que la del agua. Tienen aplicación directa en numerosos procesos de producción de bienes y servicios. Los más importantes son: Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Estaño (Sn) y Zinc (Zn). (Londoño, et al., 2016, p. 147)

Movilidad de metales: La movilidad natural de los metales pesados en los suelos es consecuencia de la actividad biológica, de las interacciones sólido-líquido y de la acción del agua. (Bourg, 1995, citado por Solano, 2005, p. 148)

Metales pesados totales: son elementos de elevado peso atómico, potencialmente tóxicos, que se emplean en procesos industriales, tales como el cadmio (Cd), el cobre (Cu), el plomo (Pb), el mercurio (Hg) y el níquel (Ni) que, incluso en bajas concentraciones, pueden ser nocivos para las plantas y los animales. Se caracterizan por su persistencia, bioacumulación, biotransformación y elevada toxicidad, motivos por el cual se encuentren en

los ecosistemas por largos periodos, siendo ambientalmente peligrosos. (Rodríguez, 2017, p. 1)

pH: índice que expresa el grado de acidez o alcalinidad de una sustancia. Entre 0-7 la disolución ácida, y de 7-14 es básica. (Vázquez & Rojas, 2016, p. 11)

Ácidos fúlvicos: son la fracción de las sustancias húmicas solubles en medio alcalino y ácido. Por su tamaño pequeño, los ácidos fúlvicos tienen mayores posibilidades de ser absorbidos por las plantas, tanto por las raíces como por las hojas. (Rodríguez, 2015)

Ácidos húmicos: constituyen una serie de compuestos sólidos o semisólidos, amorfos, de color amarillento y naturaleza coloidal, fácilmente dispersables en agua y no precipitables por los ácidos. (Rodríguez, 2015)

Materia orgánica: residuos vegetales, animales y de microorganismos en distintas etapas de descomposición, células y tejidos de organismos del suelo y sustancias sintetizadas por los seres vivos presentes en el suelo. (Román, et al., 2013, p. 12)

Relación carbono/nitrógeno (C/N): Es una relación entre el contenido de carbono y de nitrógeno en una sustancia. Por ejemplo, una C/N de 10:1 significa que hay diez unidades de carbono por cada unidad de nitrógeno en la sustancia. (USDA Natural Resources Conservation Service, 2011, p. 1)

Especiación de metales: es el proceso de identificación y cuantificación de las formas químicas de un mismo elemento en una muestra dada. Para realizar la especiación química, comúnmente se emplea un procedimiento de extracción, simple o secuencial. (Gonzales et al., 2009, p. 16)

Las muestras se analizan mediante el procedimiento de extracción secuencial a través de espectrometría de emisión óptica (ICP OES). La movilidad potencial media de los metales da el siguiente orden: Sn > Cu > Zn > Pb > Cr > As. (Ashraf, et al., 2018, p. 1)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación de tesis se clasifica de la siguiente manera:

Según propósito o aplicación, es una investigación de tipo aplicada, porque se aplicaron conocimientos de química, física, matemática, estadística y otras disciplinas relacionadas con el tema.

Según su naturaleza, profundidad y/o alcance, la investigación fue descriptiva de enfoque cuantitativo, pues se recolectaron datos de distintas fuentes de campo y de pruebas de ensayos de laboratorio de las variables como de las concentraciones de los MPT, pH, materia orgánica, oxígeno, ácidos húmicos, y ácidos fúlvicos del proceso de compostaje y de compost estabilizado.

3.2. Diseño de la investigación

La investigación siendo aplicada, cuantitativa, descriptiva o cualitativa y correlacional, es de corte transversal, debido a que se obtuvieron datos e información en momentos y circunstancias puntuales como fueron el muestreo, los análisis de laboratorio, la interpretación de los reportes del laboratorio, tanto de la materia prima (especiación de MPT en sedimentos de compost) como del proceso de compostaje y del compost estabilizado.

El diseño transversal, para la obtención de datos e información, para correr las correlaciones tuvieron tres momentos:

- A. El rastreo de la concentración de los metales en la materia prima, obtenido a través de la técnica de extracción secuencial para definir las fracciones de los elementos metálicos que se movilizan en el compost, identificando las fracciones biodisponibles y con ello, que podría originar el impacto ambiental negativo en caso los metales se hayan dispersado en los sedimentos. La técnica, también es conocida como especiación de metales pesados y se desarrolla a través de la marcha analítica (Ure, et al,

1993, citado por Rosas, 2001, p. 237). La técnica fue desarrollada en el Laboratorio de Calidad Ambiental de la FCAM-UNASAM (ver anexo A).

- B. El uso de datos e información de las concentraciones de metales, pH, materia orgánica, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos del proceso de compostaje (compost y lixiviados) del **proyecto de investigación** “Determinación de humedad, presencia de patógenos, metales pesados, nutrientes y olores en el compostaje de residuos sólidos urbanos, para la protección de la salud pública, en la ciudad de Huaraz, 2014-2015”. Estas concentraciones, también fueron reportados por el LCA-FCAM-UNASAM (ver anexo B).
- C. El muestreo de compost estabilizado para identificar y determinar las concentraciones de los MPT, pH, materia orgánica, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, reportados por el LCA-FCAM-UNASAM (anexo C).
- D. La determinación de los coeficientes de correlación Pearson y de determinación (coeficiente de ajuste de bondad) de los MPT con las concentraciones de pH, materia orgánica, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, de los tres momentos.

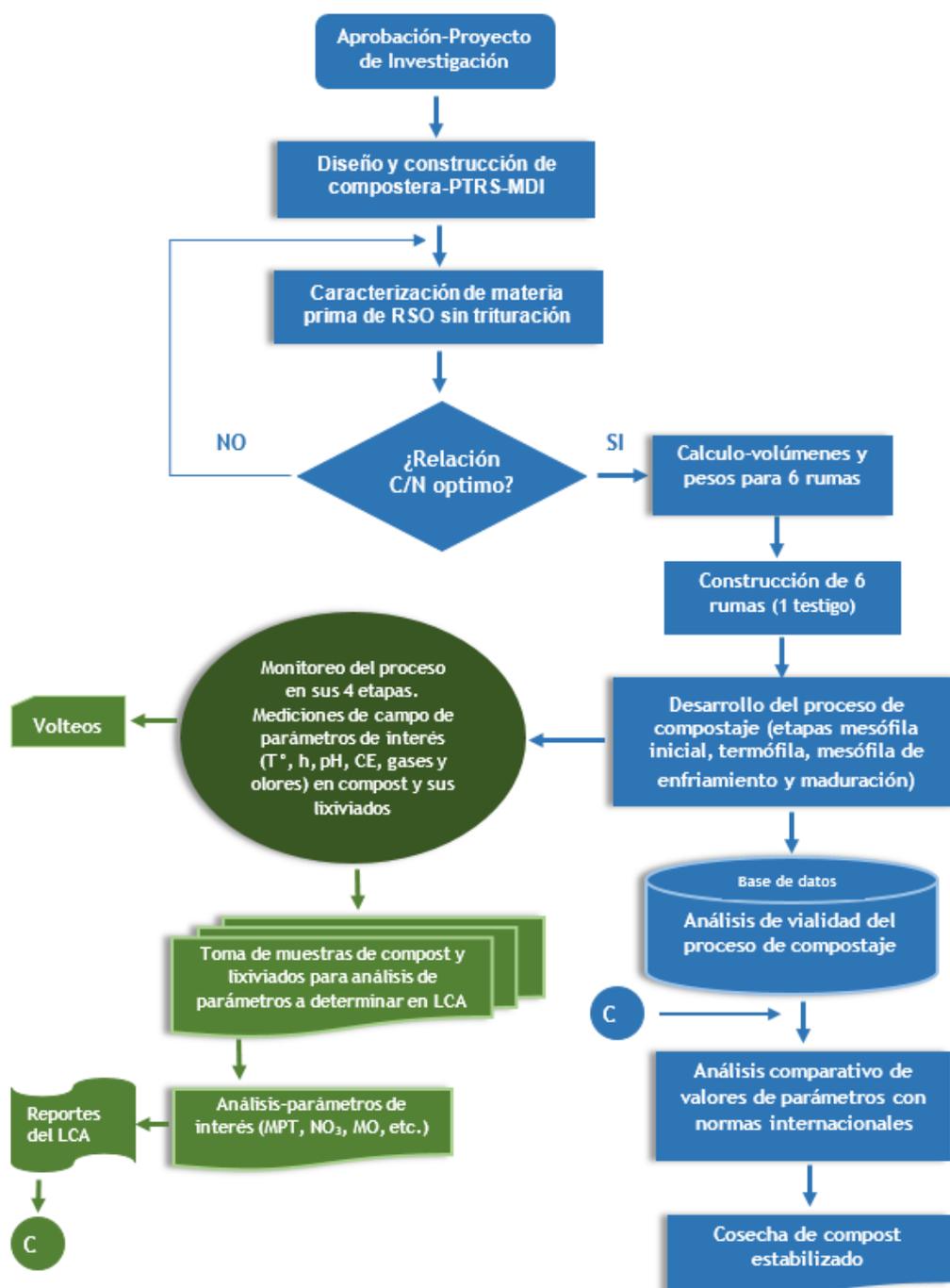
A continuación, según como se observa el diagrama de flujo de la **figura 4**, se describe sucintamente el **diseño del procedimiento** del proceso de compostaje, seguido en el **proyecto de investigación** mencionado. Las etapas principales, fueron:

- Implementación de cámaras composteras.
- Caracterización de la materia prima.
- Estimación de la relación C/N óptimo.
- Calculo de volúmenes y pesos.
- Construcción de las rumas.
- Desarrollo del proceso de compostaje.

- Análisis de viabilidad del proceso de compostaje (incluye datos de campo y LCA).
- Análisis comparativo de valores de parámetros con normas internacionales.
- Cosecha de compost estabilizado.

Figura 4.

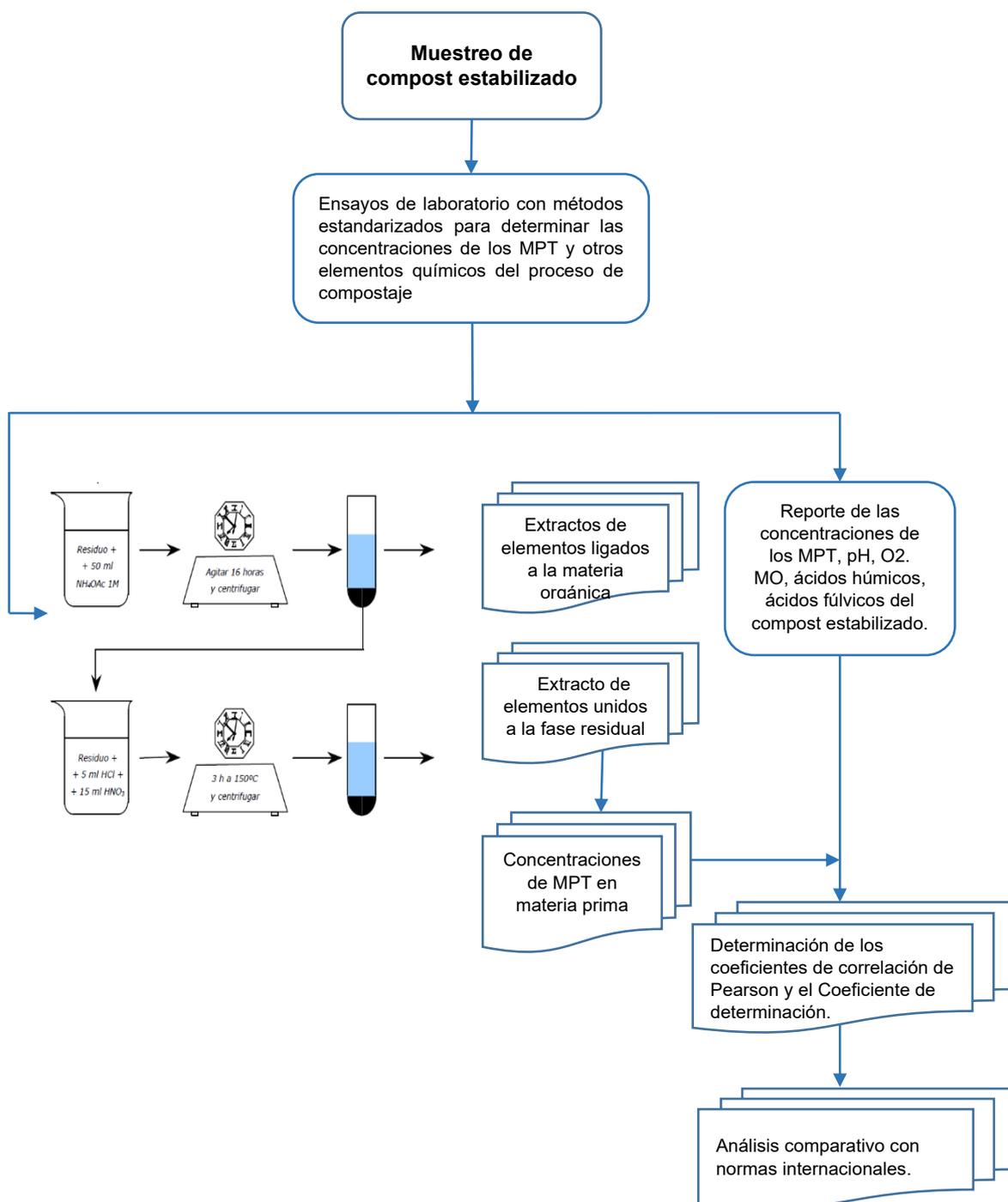
Configuración del diagrama de flujo del proceso de compostaje desarrollado en la etapa 1 del proyecto de investigación.



A continuación, según como se observa el diagrama de flujo de la **figura 5**, se describe sucintamente el **diseño del procedimiento** del proceso de obtención de datos de los metales y los otros elementos químicos a través de los análisis en el LCA-FCAM-UNASAM, tanto con la técnica de especiación de metales pesados para la materia prima como del compost estabilizado.

Figura 5.

Configuración del diagrama de flujo de la obtención de las concentraciones de MPT y otros elementos químicos, en materia prima (especiación de MPT) y en compost estabilizado, adosado al análisis de correlación, regresión y comparativo con normas internacionales.



3.3. Métodos o técnicas

En una mixtura de métodos y técnicas usada para determinar las concentraciones de los MPT, pH, materia orgánica, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, determinar las correlaciones estadísticas y sus interpretaciones, en los tres momentos del diseño de la investigación, fueron los siguientes

- A. Para determinar las concentraciones de los MPT en la materia prima del compost estabilizado, se usó la técnica de extracción secuencial para definir las fracciones de los MPT que se movilizan en el compost, identificando fracciones biodisponibles en sedimentos.

Figura 6.

Muestras de las tres rumas de compost estabilizado, para la especiación de MPT en ensayos de laboratorio.



Especiación de Metales Pesados

Según Rosas (2001), los métodos de extracciones selectivas son los que aportan una información más significativa en la determinación de las principales fases acumulativas de metales pesados en los sedimentos. A través de una serie de extracciones químicas sucesivas, se consigue remover los constituyentes más importantes de los sedimentos: carbonatos, óxidos de hierro-manganeso, materia orgánica y metales asociados a los minerales del sedimento. (p. 236)

En ese contexto, en la presente investigación se empleó el método de extracción química BCR, el cual comprende cuatro fracciones de extracción: Metal en forma de iones intercambiables y carbonatos, metal asociado a los óxidos de hierro y manganeso, metal ligada a la materia orgánica, y fase residual o litogénica.

Materiales y métodos

Los materiales y reactivos empleados para la realización del análisis de especiación fueron los siguientes:

- Plasma de Acoplamiento Inductivo-Espectrómetro de Masas (ICP-MS)
- ELAN 6000 (Perkin Elmer)
- Matraces erlenmeyer de *clase A* de 25, 50 y 100 ml.
- Recipientes de Pyrex con protección de 100 ml.
- Recipientes de polietileno de 100 ml.
- Pipetas automáticas de alta precisión de 10-100 ml y de 100-1000 ml.
- Pipetas aforadas de *clase A* de 5, 10 y 20 ml.
- Tubos de polietileno de 15 ml.
- Balanza de precisión.
- Centrifuga.
- Baño de arena.
- Baño agitador horizontal.
- Patrón interno Rh de calidad ICP.
- Patrones de los elementos de calidad ICP.
- Agua Milli-Q (Millipore)

Además, antes de iniciar con los pasos de extracción secuencial, se procede con el secado de los sedimentos a 105°C durante 24 horas con

la finalidad de eliminar el grado de humedad. Luego, se deja enfriar en un desecador y se pesa.

Reactivos utilizados

Primer extractante: solución de ácido acético (HOAc) 0.11M.

Se prepara una disolución madre de ácido acético 0.44M, a partir de la cual se diluye hasta 0.11M, inmediatamente antes de las extracciones.

Segundo extractante: clorhidrato de hidroxilamina ($\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$) 0.1M.

La disolución de 0.1M de clorhidrato de hidroxilamina se obtiene mezclando 6.95g de cloruro de hidroxilamonio con 900 ml de agua, acidificando la disolución con ácido nítrico hasta $\text{pH}=2$ y enrasado a un litro con agua Milli-Q.

Esta disolución se preparó inmediatamente antes de utilizarla. La acidificación se realiza con ácido nítrico diluido para precisar el pH final, ya que la disolución de clorhidrato de hidroxilamonio presenta hidrólisis ácida y con poca cantidad de nítrico es suficiente.

Peróxido de hidrógeno (H_2O_2) 30%, 8.8M.

Este reactivo se utiliza como lo suministra el fabricante, estabilizado para ácidos a $\text{pH}=2-3$ de grado Suprapur.

Tercer extractante: acetato de amonio (NH_4OAc) 1M.

Para preparar esta disolución, pesamos 77.08 g de acetato de amonio y mezclamos en unos 900 ml de agua, ajustamos la disolución a $\text{pH}=2$ con ácido nítrico y lo enrasamos hasta un litro con agua Milli-Q.

El nítrico es un ácido fuerte y el ión acetato es una base débil por lo que las primeras fracciones de nítrico se invierten en reaccionar con el ión acetato generando ácido acético e ión nitrato, por efecto de hidrólisis. En consecuencia, es necesario añadir suficiente ácido nítrico para desplazar a todo el ion acetato.

Cuarto extractante: ácidos nítrico y clorhídrico (HNO_3 y HCl).

Estos reactivos se utilizan como los suministra el fabricante, concentrados de calidad ICP.

Procedimiento de extracción química sucesiva y análisis

Primera etapa:

Se mezcló en un recipiente de polietileno un gramo de sedimento y 40 ml de disolución de ácido acético 0.11M y se colocó en un baño agitador horizontal durante 16 horas a temperatura ambiente.

Luego, se pasó el contenido del recipiente de polietileno con sumo cuidado, para no perder parte de la mezcla, a un tubo de centrifuga. Este se centrifuga a 3000 r.p.m. durante 40 minutos. A continuación, se extrajo el líquido sobrenadante con una pipeta de 5 ml y se depositó en un tubo de polietileno, posteriormente se guardó en la nevera a 4 °C hasta su análisis.

Se lavó el residuo con 20 ml de agua Milli-Q, centrifugando durante 15 minutos. El agua de lavado se desecha teniendo cuidado de no perder parte del residuo sólido. A continuación, agitamos el residuo centrifugado en un baño de ultrasonidos y pasamos el residuo de nuevo al recipiente de polietileno.

Segunda etapa:

Al residuo de la primera etapa se añadió 40 ml de disolución de clorhidrato de hidroxilamina 0.1M acidificada con ácido nítrico hasta $\text{pH}=2$ y agitamos la mezcla durante 16 horas a temperatura ambiente.

De forma similar que en la primera etapa separamos el extracto del residuo centrifugando. Extraemos el líquido sobrenadante en un tubo de polietileno y guardamos en nevera a 4°C hasta su análisis.

Lavamos y pasamos el residuo del tubo de centrifuga al recipiente de polietileno como se indicó en el primer caso.

Tercera etapa:

Al residuo de la segunda etapa agregamos 10 ml de peróxido de hidrógeno 8.8M. Tapamos el recipiente y digerimos a temperatura ambiente durante una hora, agitando manualmente de forma ocasional para que se produzca un buen ataque.

Se continuó con la digestión durante una hora más en el baño agitador a 85 °C y luego aumentamos la temperatura hasta 99-99.8 °C para reducir el volumen a pocos mililitros.

Posteriormente, se añadió otros 10 ml de peróxido de hidrógeno 8.8M, tapamos de nuevo el recipiente y calentamos el baño agitador a 85°C durante una hora. Al cabo de este tiempo destapamos el recipiente y aumentamos la temperatura para que la muestra se evapore hasta sequedad.

A continuación, se agregó al residuo 50 ml de acetato de amonio 1M y se sometió inmediatamente la mezcla al baño agitador durante 16 horas a temperatura ambiente.

De igual modo a las etapas anteriores, separamos el extracto del residuo centrifugado en un tubo de polietileno y lo guardamos en nevera a 4 °C hasta su análisis.

Cuarta etapa:

Finalmente se pasó el residuo de la tercera etapa a un recipiente de Pyrex teniendo cuidado de no perder parte de la muestra, luego se añadió 5 ml de HCl y 15 ml de HNO₃ y se colocó inmediatamente en un baño de arena a 150°C durante 3 horas. Posteriormente, centrifugamos y separamos el líquido sobrenadante en un tubo de polietileno y se guardó en una nevera a 4°C hasta su análisis.

En la **figura 7** se esquematizan las cuatro etapas de extracción descritas anteriormente.

Figura 7.

Esquema usado en la extracción química sucesiva de metales en sedimentos. (Rosas, 2001, p. 243)

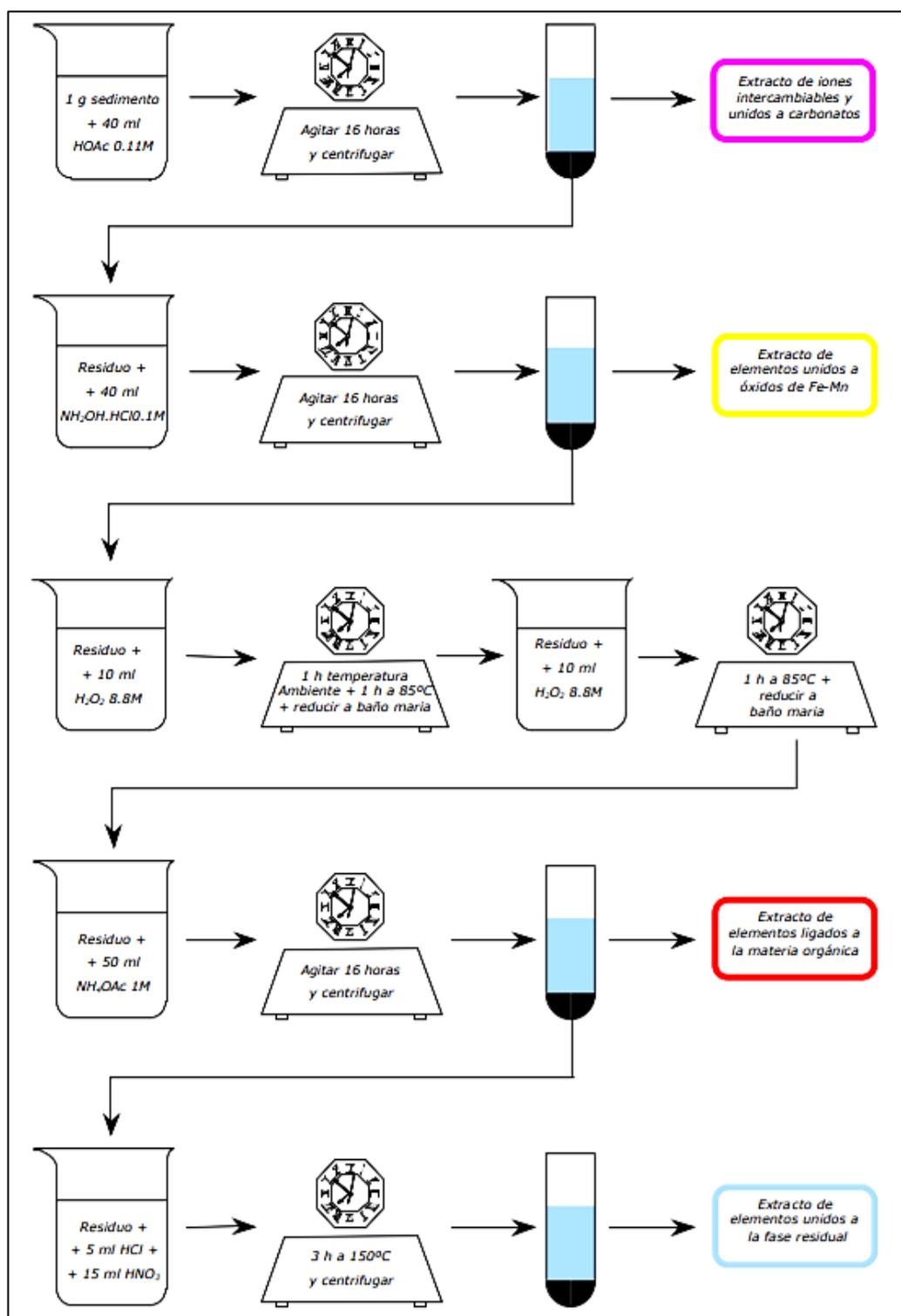
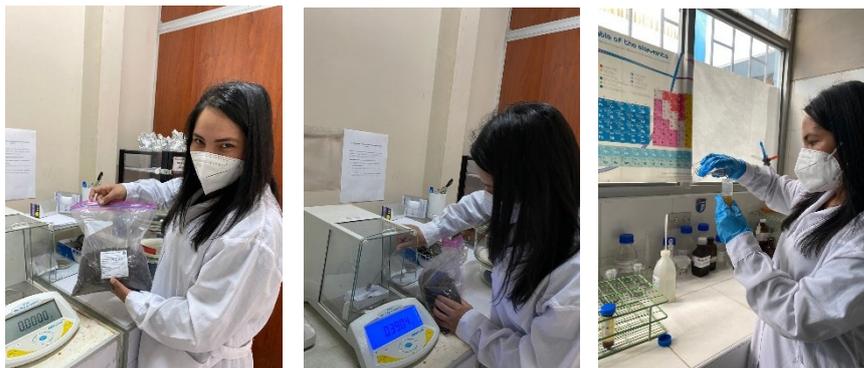
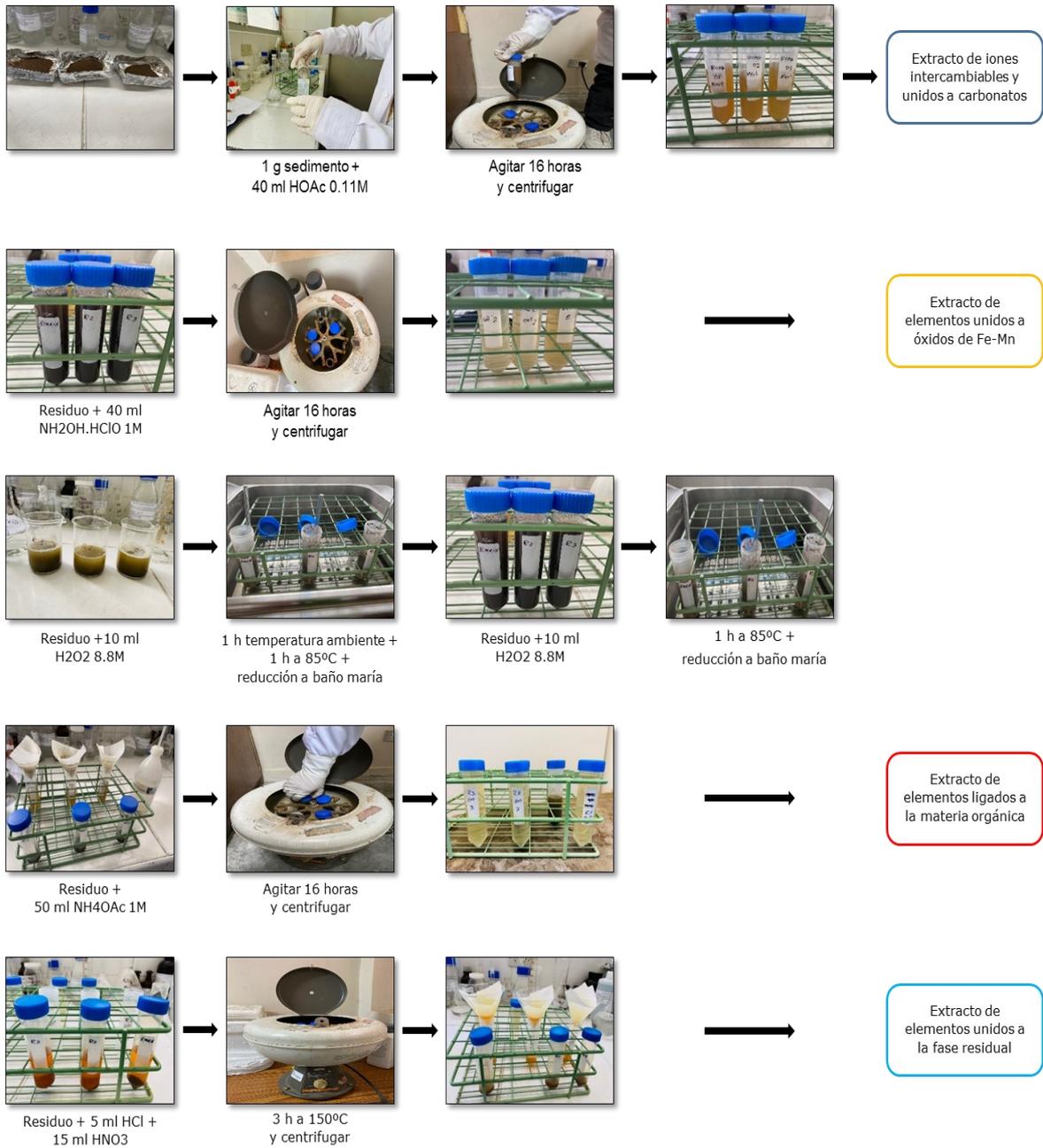


Figura 8.

Esquema del proceso usado en la extracción química sucesiva de metales en sedimentos.



Participación en el proceso de extracción química sucesiva de metales en sedimentos de compost.

- B. Para determinar las concentraciones de MPT, pH, materia orgánica, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos del proceso de compostaje (compost y lixiviados) del **proyecto de investigación** “Determinación de humedad, presencia de patógenos, metales pesados, nutrientes y olores en el compostaje de residuos sólidos urbanos, para la protección de la salud pública, en la ciudad de Huaraz, 2014-2015”, se usaron los siguientes métodos estandarizados:

Cuadro 1.

Métodos estandarizados para determinar las concentraciones de las variables del proceso de compostaje.

N°	Principio y alcance del método o técnica	Parámetros medidos	Unidades de medida
01	Medido a través de Multi Gas Clip Pump Infrared. Part#MGC-IR-PUMP. La bomba MGC usa tecnología infrarroja fotométrica de baja potencia para detectar gases combustibles (LEL) en lugar de la antigua tecnología pellistor. La bomba MGC usa una fuente de infrarrojos que ahorra energía y ayuda a la batería dure.	O ₂	%
02	Método electroquímico. Se fundamenta en el registro potenciométrico de la actividad de los iones hidrogenión por el uso de un electrodo de vidrio y un electrodo de referencia, o un electrodo combinado.	pH	
03	Materia orgánica fue identificada a través del método estandarizado APHA 2540 C.	Materia orgánica	%
04	Método gravimétrico para separación y espectrofotometría IR para la caracterización.	Ácidos húmicos	%
05	Método gravímetro para separación y espectrofotometría IR para la caracterización.	Ácidos fúlvicos	%
06	Método Kjeldahl, se basa en la transformación de todas las formas de nitrógeno a NH ₄ ⁺ con H ₂ SO ₄ y catalizadores. Luego, el NH ₄ ⁺ con álcali reacciona y forma NH ₃ . Finalmente se realiza una titulación ácido-base.	NT	mg/kg
07	N: mediante el método de Koroleff, todas las formas de N pasan a nitratos. Estos nitratos en ácido sulfúrico concentrado, forman con un derivado del ácido benzoico un nitrocompuesto rojo que se determina fotométricamente.	Macronutrientes N	mg/L
08	Ca: en solución hidroalcoholica alcalina los iones calcio forman con glicoxal-bis (2-hidroxianilo) modificado un complejo violeta rojizo, que se determina fotométricamente.	Macronutriente Ca	mg/L
09	P: en solución sulfúrica los iones o-fosfatos forman con los iones molibdato ácido molibdofosfórico; éste, con ácido ascórbico, se reduce a azul de fosfomolibdeno (PMB).	Macronutriente P	mg/L

Continúa...

10	Mg: en solución neutra los iones magnesio forman con purpura de ftaeína un colorante violeta determinado fotométricamente.	Macronutrientes Mg	mg/kg
11	K: El potasio reacciona con el tetrafenilborato sódico en un medio alcalino libre de proteínas formándose una turbidez dispersa de tetrafenilborato de potasio. La turbidez producida es proporcional a la concentración de potasio y puede medirse fotométricamente.	Macronutrientes K	mg/kg
12	Mn: en solución alcalina los iones manganeso (II) forman con una oxima un complejo pardo rojizo.	Micronutrientes Mn	mg/kg (compost) mg/L (lixiviados)
13	Cu: en medio amoniacal los iones cobre (II) forman con cuprizona un complejo azul.	Micronutrientes Cu	mg/kg (compost) mg/L (lixiviados)
14	Zn: en solución alcalina los iones zinc reaccionan con un derivado de piridilazonaftol formando un complejo rojo.	Micronutriente Zn	mg/kg (compost) mg/L (lixiviados)
15	Fe: todos los iones hierro se reducen a hierro (II). Estos en medio amortiguado con tioglicolato, forman con un derivado de la triazina un complejo violeta rojizo.	Micronutriente Fe	mg/kg (compost) mg/L (lixiviados)
16	Al: en solución débilmente ácida amortiguada con acetato los iones aluminio forman con cromazurol S un compuesto violeta azulado.	MPT Al	mg/kg (compost) mg/L (lixiviados)
17	As: en solución acida el As se reduce a hidruro de arsénico con una mezcla de reductores compuesta por Zinc, Cloruro de estaño (II) y yoduro potásico. El hidruro de arsénico reacciona con dietilcarbamato de plata dando un compuesto rojo, que se determina fotométricamente.	MPT As	mg/kg (compost) mg/L (lixiviados)
18	Cd: En solución alcalina los iones cadmio forman con 1-(4-nitrofenil)-3-(4-fenilazofenil) triazeno un complejo rojo.	MPT Cd	mg/kg (compost) mg/L (lixiviados)
19	Cr: en solución débilmente fosfórica los iones cromo (VI) reaccionan con difenil carbazida dando cromo III y difenilcarbazona, que forman un complejo violeta rojizo.	MPT Cr	mg/kg (compost) mg/L (lixiviados)
20	Hg: con la tiocetona de Michler en un medio tamponado con acetato, el mercurio (II) forma un complejo rojo, que es soluble en un medio hidroalcohólico.	MPT Hg	mg/kg (compost) mg/L (lixiviados)
21	Ni: los iones níquel (II) se oxidan con yodo y seguidamente se tratan con una solución amoniacal con dimetilglioxima para dar un complejo pardo rojizo.	MPT Ni	mg/kg (compost) mg/L (lixiviados)
22	Pb: en solución alcalina los iones plomo (II) forman con 4-(2-piridilazo)-resorcina (PAR) un complejo rojo.	MPT Pb	mg/kg (compost) mg/L (lixiviados)

3.4. Población y muestra

Población:

El universo puede ser considerado como el conjunto de objetos sobre los que se refiere un determinado concepto, los cuales incluyen a aquellos que poseyeron, poseen y poseerán las propiedades que el concepto les atribuye (Quartulli, et al., 2019). Para la presente investigación, el universo es todo tipo de compost.

La población es el conjunto total de objetos de estudio, los cuales comparten características comunes y funcionales a la investigación. (Gómez, 2006, p. 109). En ese sentido, para esta investigación son los residuos sólidos biogénicos urbanos transformados a compost estabilizado.

Muestra:

La muestra representativa fue extraída del producto de las cosechas de las tres rumas del proceso de compostaje (las dos primeras controladas y la tercera que fue el testigo o blanco), denominado compost estabilizado del proceso de compostaje del proyecto de investigación “Determinación de humedad, presencia de patógenos, metales pesados, nutrientes y olores en el compostaje de residuos sólidos urbanos, para la protección de la salud pública, en la ciudad de Huaraz, 2014-2015” desarrollado en la UNASAM-FCAM-UNASAM.

3.5. Instrumentos validados de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos usados, debidamente validados, fueron:

Fuentes primaria:

- Muestreo, tiene como objetivo conocer, a partir de una selección de unidades, determinadas características de una población; generando ahorro de dinero, tiempo y trabajo. (López, 2015, p. 6). Además, Hernández, et al. (2014) indica que su importancia radica en que es

necesaria para recolectar datos a fin de responder el planteamiento del problema de investigación. (p. 567)

- Reportes de resultados de especiación de MPT, de acuerdo a Rosas (2001) este proceso consiste en una marcha analítica de 4 pasos:

(1) Determinación de MPT que están en forma de iones intercambiables y asociados a carbonatos [en disolución de ácido acético 0.11M].

(2) Extracción y análisis de MPT unidos a óxidos de hierro y manganeso [En disolución de clorhidrato de hidroxilamina 0.1M y acidificación con ácido nítrico a pH=2].

(3) Análisis de metales ligados a materia orgánica [En solución de peróxido de hidrógeno 8.8M y acetato de amonio 1M]

(4) Análisis de metales en fase residual [En 5ml de HCl y 15 ml de NH_3 , baño de arena a 150°C/ 3 horas].

- Reportes de resultados del LCA, de MPT de compost durante su procesamiento (pH, materia orgánica, oxígeno, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos)
- Reportes de resultados del LCA, de MPT de compost estabilizado (pH, materia orgánica, oxígeno, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos)

Fuentes secundarias:

- Análisis e interpretación de resultados del proceso de compostaje en todo el ciclo del proceso, desde la materia prima hasta la obtención del compost estabilizado. Los datos recolectados deben ser analizados, comparados y presentados de manera que confirmen o rechacen la hipótesis, de ese modo, se elabora la discusión de los resultados en relación a la hipótesis planteada y la teoría explicativa del problema. (Pitarque, 2018, p. 13)
- Análisis documental de información pertinente en diversos documentos libros de autores reconocidos.

- Revisión bibliográfica, preferentemente de tesis desarrollada a nivel local, regional, nacional e internacional, y artículos científicos de investigación, vinculados directa e indirectamente con el tema de investigación.
- Consulta a expertos en procesos de compostaje: Norman Erwin Binner, Ricardo Franci y Leonor Méndez.
- Consultas a través de servicios de INTERNET.
- Análisis comparativos haciendo uso de las normas NCh2880-2004 de Chile y norma ambiental NADF-020-AMBT-2011 de México D.F.
- Interpretación de la calidad del compost estabilizado, desde la perspectiva de la presencia de los MPT, teniendo como referente las normas NCh2880-2004 de Chile y la norma ambiental NADF-020-AMBT-2011 de México D.F.

3.6. Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información

Análisis ANOVA

También conocido como análisis de varianza, es un proceso destinado a examinar la relación de dependencia entre variables cuantitativas en relación a variables cualitativas. (López & Fachelli, 2016, p. 6)

Además, Hernández, et al. (2014) mencionan que esta prueba estadística analiza si más de dos grupos difieren significativamente entre sí en cuanto a sus medias y varianzas. (p. 314)

Finalmente, López & Fachelli (2016) lo definen como un método de análisis estadístico que permite probar hipótesis sobre si existen diferencias significativas de una característica observada, o varias de ellas, medidas con variables cuantitativas, entre los diferentes grupos formados a partir de las categorías de una o de más variables cualitativas. (p. 6)

Análisis de correlación de Pearson

De acuerdo a Hernández, et al. (2014) es una prueba estadística para analizar la relación entre dos variables medidas en un nivel por intervalos o de razón. Se le conoce también como “coeficiente producto-momento” (p. 304).

Es utilizada para medir la cantidad de covarianza entre dos variables. (González, et al., 2017, p. 24)

Determinación del coeficiente de Pearson

El coeficiente de Pearson (r) mide el grado de asociación lineal entre dos variables cuantitativas, el cual puede tomar valores entre -1 y 1; donde, los valores próximos a 1 indican que existe una fuerte asociación lineal positiva; valores próximos a -1, una fuerte asociación lineal negativa; y los valores próximos a 0, que no existe asociación lineal entre variables. (Tomás-Sábado, 2009, p. 94)

Se halla mediante la siguiente ecuación:

$$r_{xy} = \frac{\sum Z_x Z_y}{N}$$

Dónde: “x” es igual a la variable número uno, “y” pertenece a la variable número dos, “Z_x” es la desviación estándar de la variable uno, “Z_y” es la desviación estándar de la variable dos y “N” es el número de datos.

Coefficientes de determinación de Pearson

De acuerdo a González, et al. (2017) el coeficiente de determinación (r^2), mide la proporción de la variabilidad en una variable que puede ser definida de la relación con otra variable (p. 28); es decir, indica la medida en que el comportamiento de la variable “y” puede ser explicado por la variable “x”.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

1. Concentración de MPT en la materia prima del proceso de compostaje

- Resultados de la caracterización de los residuos sólidos urbanos.

De acuerdo al Ministerio de Ambiente (MINAM, 2019) la caracterización de residuos sólidos municipales se realiza a través de un estudio, en el cual se obtienen datos tales como: cantidad, densidad, composición y humedad de los residuos sólidos en un determinado ámbito geográfico. Esta información permite la planificación técnica y operativa del manejo de los residuos sólidos, y la planificación administrativa y financiera del servicio de limpieza pública. (p. 6)

En la presente investigación, este proceso constó de siete pasos, descritos a continuación:

a. Estimación de generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios

Con los datos obtenidos en el pesaje de residuos sólidos, se debe realizar los cálculos correspondientes para obtener la generación per cápita y total de residuos sólidos domiciliarios por cada zona de manera independiente.

b. Validación de la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios

La caracterización busca representar las condiciones normales de generación de residuos sólidos con base en que la población estudiada muestra, en la gran mayoría de los casos, un comportamiento similar. Sin embargo, existen algunos generadores que pueden estar muy por encima o muy por debajo de estas situaciones normales (“valores atípicos”) y deben ser separados del estudio ya que elevarían o

disminuirían erróneamente el promedio alcanzado, generando una información inconsistente. (MINAM, 2019, p. 59)

c. Estimación de generación de residuos sólidos no domiciliarios

Es la suma de los promedios obtenidos en cada una de las diferentes fuentes de generación definida anteriormente en el cálculo de la muestra multiplicados por el total de generadores de cada una ellas.

d. Estimación de la generación total de residuos sólidos domiciliarios

Para el cálculo de la generación total de residuos sólidos municipales se considera la generación total de residuos sólidos domiciliarios, no domiciliarios y especiales. (MINAM, 2019, p. 64)

e. Estimación de la densidad de residuos sólidos

El cálculo de la densidad (peso volumétrico diario) de los residuos sólidos, se obtuvo dividiendo el peso de los residuos sólidos entre el volumen que ocupan los mismos por cada día; para lo cual se aplicó la siguiente ecuación:

$$Densidad (S) = \frac{W}{V_r} = \frac{W}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot (H_f - H_o)}$$

Donde:

S: Densidad de los residuos sólidos (kg/m³)

W: Peso de los residuos sólidos

V_r: Volumen del residuo sólido

D: Diámetro del cilindro

H_f: Altura total del cilindro

H_o: Altura libre del cilindro

p: Constante (3.1416)

f. Estimación de la composición de residuos sólidos

Se hizo uso de la Matriz de Composición Porcentual de residuos sólidos, la cual expresa la composición física de los residuos sólidos en porcentajes de peso, para lo cual se promedian los pesos de cada componente durante el periodo de muestreo, esto se puede llevar a cabo para los residuos sólidos domiciliarios, no domiciliarios y especiales independientemente.

g. Estimación de la humedad de residuos sólidos

Para determinar la humedad, se consideró lo siguiente: datos del pesaje total de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos correspondiente a todas las muestras recolectadas del día, luego se calculó la fracción porcentual que representan los residuos sólidos orgánicos; una vez obtenida los resultados de la humedad del laboratorio referencial se completaron los cálculos y se determinó finalmente la humedad en base al total de residuos sólidos orgánicos. (MINAM, 2019, p. 68)

Tabla 8.

Información requerida para la estimación de la humedad de residuos sólidos.

Peso de residuos sólidos orgánicos	Peso de residuos sólidos inorgánicos	Fracción de residuos orgánicos	Humedad (en base a residuos orgánicos)	Humedad (en base a peso total de residuos sólidos)
(A)	(B)	$r = \frac{(A)}{(A + B)}$	(H)	$H_t = (H)x(r)$
kg	Kg	%	%	%

Fuente: Tabla extraída de la “Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales” (MINAM, 2019, p. 68)

Donde:

A: Peso de residuos sólidos orgánicos

B: Peso de residuos sólidos inorgánicos

r: Fracción de residuos orgánicos

H: Humedad de residuos sólidos determinados en laboratorio

H_t: Humedad en base al peso total de residuos sólidos de A+B

- **Resultados de la determinación de la materia prima en función a la relación C/N**

A continuación, se muestra el cálculo de la relación **C/N** en las tres rumas del proceso de compostaje:

Cuadro 4.

Caracterización de la materia prima, residuos sólidos orgánicos

N°	Tipos de residuos orgánicos	Caracterización de residuos sólidos orgánicos								Total	Promedio	Composición porcentual (%)	
		Ju-06.10.16	Vi-07.10.16	Lu-10-10.16	Vi-14.10.16	Lu-17-10-16	Ma-25-10-16	Mi-26-10-16	Sa-29-10-16				
		Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7				
		Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.				
1	Acelga					0.146		0.318	0.050	0.514	0.171	0.03	
2	Achira	0.424	0.130					3.456	0.326	0.110	4.446	0.889	0.25
3	Ají amarillo	0.744		0.026	0.032	0.062	1.182	2.876	1.114		6.036	0.862	0.34
4	Ajos			0.116		0.034	0.022	0.206			0.378	0.095	0.02
5	Albaca					0.582	0.040	0.404			1.026	0.342	0.06
6	Alverja (cáscara)	1.472	0.728	0.870	0.038	1.588	1.116	0.572	0.200		6.584	0.823	0.38
7	Animales muertos (cuy)-restos pollo	0.690			0.008	0.176	1.706	0.050			2.630	0.526	0.15
8	Apio	1.356	0.416	0.104	0.010	0.384	3.282	0.728	0.054		6.334	0.792	0.36
9	Betarraga					0.130	0.044	0.042			0.216	0.072	0.01
10	Brócoli	2.320	0.258		0.468	1.434		1.206	0.336		6.022	1.004	0.34
11	Caigua		0.054			0.066					0.120	0.060	0.01
12	Calabaza (cáscaras)				0.008	3.294			0.736		4.038	1.346	0.23
13	Camote				0.138	0.064	0.212	0.518	0.096		1.028	0.206	0.06
14	Cangrejo y Choros (restos)			0.014		0.036			0.036		0.086	0.029	0.00
15	Caña de Azúcar						0.748	0.316	0.328		1.392	0.464	0.08

Continúa...



16	Carambola						0.264		0.050	0.314	0.157	0.02
17	Cebolla china	2.188	1.650	0.572	0.652	0.724	2.498	0.034	0.422	8.740	1.093	0.50
18	Cebolla de papa	3.106	0.642		1.552	0.690	3.682	0.736	3.462	13.870	1.981	0.79
19	Coco								0.306	0.306	0.306	0.02
20	Col china	1.406	0.454		0.090	1.210		0.378		3.538	0.708	0.20
21	Coliflor	2.694	2.394			0.216	1.802	0.050		7.156	1.431	0.41
22	Coronta	0.906				1.166	3.918	0.454	1.676	8.120	1.624	0.46
23	Culantro		1.146			0.368	1.714	0.136	0.164	3.528	0.706	0.20
24	Espinaca	1.846	0.208		0.158	0.594		0.540	0.228	3.574	0.596	0.20
25	Estiércol (predomina de Cuy)	180.076	117.424	59.976	52.262	154.770	225.270	112.292	208.222	1110.292	138.787	63.33
26	Flor	16.268	2.108		5.130	5.200	10.412	10.186	5.244	54.548	7.793	3.11
27	Granadilla (cáscara)		0.004			0.024		0.018	0.014	0.060	0.015	0.00
28	Habas (cáscara)	1.068	1.338	0.224	1.148	0.576	0.580	0.104	0.196	5.234	0.654	0.30
29	Hierbas diversas	0.138	0.714				0.158	0.238		1.248	0.312	0.07
30	Huacatay		0.236		0.088	0.098	0.402	0.168		0.992	0.198	0.06
31	Hueso	0.780	0.572	0.118		0.186	0.816	0.168	0.156	2.796	0.399	0.16
32	Huevo (cáscara)			0.012	0.001	0.042	0.042	0.050	0.138	0.285	0.048	0.02
33	Kion			0.046		0.018			0.050	0.114	0.038	0.01
34	Lechuga	0.828	0.490			1.150	1.768	0.294	0.230	4.760	0.793	0.27
35	Lima (cáscara)							0.404	0.050	0.454	0.227	0.03
36	Limón (> cáscara)	3.412		0.112	0.990	1.398	5.908	0.938	1.534	14.292	2.042	0.82
37	Madera				0.106	0.072	0.066	0.050	0.120	0.414	0.083	0.02
38	Mandarina (cáscara)					0.274	3.084		0.050	3.408	1.136	0.19
39	Mango		0.280		0.036		0.210		0.150	0.676	0.169	0.04

Continúa...



40	Manzana		0.138			0.226	0.294	0.050		0.708	0.177	0.04
41	Manzanilla					0.050			0.262	0.312	0.156	0.02
42	Maracuyá	0.264		0.034	0.714		0.314	0.664	0.240	2.230	0.372	0.13
43	Mashua			0.126					0.050	0.176	0.088	0.01
44	Melocotón								0.190	0.190	0.190	0.01
45	Nabo	0.678		0.050		0.022	13.528			14.278	3.570	0.81
46	Naranja (cáscara)	19.466	4.048	4.414	12.312	8.954	6.222	1.952	2.146	59.514	7.439	3.39
47	Oca								0.590	0.590	0.590	0.03
48	Olluco		0.380			0.046			0.040	0.466	0.155	0.03
49	Pacae (cáscara)	1.608	4.144	0.356	0.634	0.396	2.826	1.058	0.838	11.860	1.483	0.68
50	Palta						0.082		0.042	0.124	0.062	0.01
51	Pan		0.152	0.134	0.148	0.080	0.792	0.324		1.630	0.272	0.09
52	Panca de choclo	2.000	3.518	0.964	0.922	5.920	5.098	1.048	2.926	22.396	2.800	1.28
53	Papa y cáscara de papa	7.682	4.526	2.674	0.668	7.256	10.806	4.974	0.980	39.566	4.946	2.26
54	Papaya					0.060	0.714		0.005	0.779	0.260	0.04
55	Pepinillo			0.230	0.208	0.280			0.024	0.742	0.186	0.04
56	Perejil			0.240	0.180	0.086		0.066		0.572	0.143	0.03
57	Pimentón	0.378				0.006	0.936			1.320	0.440	0.08
58	Piña (cáscara)	0.710	0.356		0.100	0.178	5.046	0.428	0.368	7.186	1.027	0.41
59	Plátano (cáscara)	0.578	0.718	0.076	0.352	0.224	1.158	0.134	0.328	3.568	0.446	0.20
60	Poro	0.520	0.044			0.162	0.022			0.748	0.187	0.04
61	Rabanito				0.030				0.298	0.328	0.164	0.02
62	Rastrojo (alfalfa-hierbas)	52.350	39.482	13.428	13.368	37.242	46.968	18.540	43.378	264.756	33.095	15.10
63	Repollo		0.614	0.498	1.317	1.906		1.548	0.172	6.055	1.009	0.35

Continúa...



64	Rocoto		0.016		0.008				0.005	0.029	0.010	0.00
65	Ruda	0.166	0.446		0.264	0.342	0.528	0.354	0.568	2.668	0.381	0.15
66	Sandía					0.192	0.368	0.542	0.898	2.000	0.500	0.11
67	Tomate	0.290	0.102			0.084	0.042	0.050		0.568	0.114	0.03
68	Toronja					0.116			0.050	0.166	0.083	0.01
69	Tuna		0.040	0.564		0.060				0.664	0.221	0.04
70	Vainita				0.016	0.022			0.050	0.088	0.029	0.01
71	Yuca	0.472	5.088		1.266	0.104	0.100	0.050	0.768	7.848	1.121	0.45
72	Zanahoria	1.322	0.548	0.748	0.090	0.326	1.246	0.022	1.712	6.014	0.752	0.34
73	Zapallo	1.500	0.428		0.044	0.176	0.918	0.090	0.306	3.462	0.495	0.20
Total(Kg.)		311.706	196.034	86.726	95.556	241.288	372.410	166.694	282.756	1753.170	219.146	100.0
Volumen Total (m ³)		4.22	2.73	1.82	2.515	3.144	5.55	2.8	4.324	27.103	3.388	100.0
1/4 de Volumen (m ³)		1.055	0.683	0.454	0.629	0.786	1.388	0.7	1.081	6.776	0.847	25.00
Densidad (Kg/m ³)		295.46	287.23	190.61	151.98	306.98	268.40	238.13	261.57			
Densidad promedio (Kg/m ³)		250.04										

Cuadro 7.

Relación C/N = 35, materia prima para construir la ruma 1.

N°	Tipo de residuo orgánico	Peso húmedo (Kg.)	CA (%) Humedad (MH)	Masa Seca (MS) (Kg.)	C (%)	N (%)	C (Kg.)	N (Kg.)	C/N	Peso húmedo (Kg)*CA (%) Humedad	Peso húmedo (Kg.) para 4.5 m ³
1	Ají amarillo (incluye pepas)	0.862	76.75	0.200	28.16	0.53	0.056	0.001	53.132	66.159	4.796
2	Alverja (> cáscara)	0.823	81.68	0.151	9.12	0.64	0.014	0.001	14.250	67.223	4.579
3	Apio	0.792	88.78	0.089	47.52	0.70	0.042	0.001	67.886	70.314	4.406
4	Brócoli	1.004	92.00	0.080	51.63	4.90	0.041	0.004	10.537	92.368	5.586
5	Cebolla china	1.093	85.59	0.158	29.41	0.99	0.046	0.002	29.707	93.550	6.081
6	Cebolla de papa	1.981	89.67	0.205	54.65	2.30	0.112	0.005	23.761	177.636	11.021
7	Coliflor	1.431	87.89	0.173	50.94	3.30	0.088	0.006	15.436	125.771	7.961
8	Coronta	1.624	66.06	0.551	39.14	0.19	0.216	0.001	206.000	107.281	9.035
9	Estiércol (> de Cuy)	100	48.61	51.390	42.13	0.8	21.651	0.391	55.434	4861.000	556.328
10	Flor	15	70.25	4.463	24.32	1.9	1.085	0.083	13.005	1053.750	83.449
11	Haba (cáscara)	0.654	68.62	0.205	51.47	0.6	0.106	0.001	85.783	44.877	3.638
12	Hueso	0.399	47.49	0.210	31.31	3.70	0.066	0.008	8.462	18.949	2.220
13	Huevo (cáscara)	0.048	4.42	0.046	48.19	1.10	0.022	0.001	43.809	0.212	0.267
14	Limón (> cáscara)	2.042	77.45	0.460	9.86	0.9	0.045	0.004	10.835	158.153	11.360
15	Madera	0.083	27.15	0.060	69.40	0.09	0.042	0.000	771.111	2.253	0.462
16	Nabo	3.57	85.67	0.512	50.13	2.9	0.256	0.015	17.286	305.842	19.861
17	Naranja (> cáscara)	7.439	72.44	2.050	50.22	0.6	1.030	0.012	83.700	538.881	41.385
18	Pacae (cáscara)	1.483	69.46	0.453	52.79	0.6	0.239	0.003	87.983	103.009	8.250

Continúa...



19	Pan	0.272	18.23	0.222	36.10	0.51	0.080	0.001	70.784	4.959	1.513
20	Panca de choclo	2.8	74.06	0.726	51.17	0.5	0.372	0.004	102.340	207.368	15.577
21	Papa y cáscara	4.946	66.82	1.641	12.11	1.07	0.199	0.018	11.318	330.492	27.516
22	Piña (cáscara)	1.027	91.95	0.083	51.52	0.42	0.043	0.000	122.667	94.433	5.713
23	Rastrojo (alfalfa-hierbas)	50	63.77	18.115	23.12	1.6	4.188	0.293	14.272	3188.500	278.164
24	Repollo	1.009	89.15	0.109	55.42	2.0	0.061	0.002	27.710	89.952	5.613
25	Yuca (+ cáscara)	1.121	69.61	0.341	50.89	0.6	0.173	0.002	84.817	78.033	6.236
26	Zanahoria	0.752	88.12	0.089	53.43	0.6	0.048	0.001	89.050	66.266	4.184
Total		202.255					30.321	0.858	81.580	11947.23	1125.20
								Relación C/N =	35.334	% Humedad =	59.070
Densidad promedio (Kg/m ³)		250.04									
Peso húmedo requerido para volumen 4.5 m ³		1125.20									
Factor K		5.56									

- Los valores del peso húmedo en Kg. son los pesos promedio de las 26 fracciones de residuos sólidos caracterizados durante 8 días, representan el 96%.
- La ruma 1, se trabajó con 4.5 m³. Sin embargo, se modificaron los pesos de estiércol 200 Kg menos (356 Kg) y rastrojo 100 Kg menos (178 Kg), debido a la carencia de rastrojo. El volumen final aproximado de la ruma fue de 3.3 m³.
- Con los datos anteriores, el peso final de materia orgánica fresca de la R1 (constituida el 27.11.16), aproximadamente fue de 825.20 Kg.
- El peso final del compost estabilizado es de 421.13 Kg. obtenido el 03.04.17.

Cuadro 10.

Relación C/N = 30, materia prima para construir la ruma 2.

N°	Tipo de residuo orgánico	Peso húmedo (Kg.)	CA (%) Humedad (MH)	Masa Seca (MS) (Kg.)	C (%)	N (%)	C (Kg.)	N (Kg.)	C/N	Peso húmedo (Kg)*CA (%) Humedad	Peso húmedo (Kg.) Para 4 m ³
1	Ají amarillo (incluye pepas)	0.862	76.75	0.200	28.16	0.53	0.056	0.001	53.132	66.159	4.160
2	Alverja (> cáscara)	0.823	81.68	0.151	9.12	0.64	0.014	0.001	14.250	67.223	3.972
3	Apio	0.792	88.78	0.089	47.52	0.70	0.042	0.001	67.886	70.314	3.822
4	Brócoli	1.004	92.00	0.080	51.63	4.90	0.041	0.004	10.537	92.368	4.845
5	Cebolla china	1.093	85.59	0.158	29.41	0.99	0.046	0.002	29.707	93.550	5.275
6	Cebolla de papa	1.981	89.67	0.205	54.65	2.30	0.112	0.005	23.761	177.636	9.560
7	Coliflor	1.431	87.89	0.173	50.94	3.30	0.088	0.006	15.436	125.771	6.906
8	Coronta	1.624	66.06	0.551	39.14	0.19	0.216	0.001	206.000	107.281	7.837
9	Estiércol (> de Cuy)	80	48.61	41.112	42.13	0.8	17.320	0.312	55.434	3888.800	386.067
10	Flor	20	70.25	5.950	24.32	1.9	1.447	0.111	13.005	1405.000	96.517
11	Haba (cáscara)	0.654	68.62	0.205	51.47	0.6	0.106	0.001	85.783	44.877	3.156
12	Hueso	0.399	47.49	0.210	31.31	3.70	0.066	0.008	8.462	18.949	1.926
13	Huevo (cáscara)	0.048	4.42	0.046	48.19	1.10	0.022	0.001	43.809	0.212	0.232
14	Limón (> cáscara)	2.042	77.45	0.460	9.86	0.9	0.045	0.004	10.835	158.153	9.854
15	Madera	0.083	27.15	0.060	69.40	0.09	0.042	0.000	771.111	2.253	0.401
16	Nabo	3.57	85.67	0.512	50.13	2.9	0.256	0.015	17.286	305.842	17.228
17	Naranja (> cáscara)	7.439	72.44	2.050	50.22	0.6	1.030	0.012	83.700	538.881	35.899
18	Pacae (cáscara)	1.483	69.46	0.453	52.79	0.6	0.239	0.003	87.983	103.009	7.157

Continúa...



19	Pan	0.272	18.23	0.222	36.10	0.51	0.080	0.001	70.784	4.959	1.313
20	Panca de choclo	2.8	74.06	0.726	51.17	0.5	0.372	0.004	102.340	207.368	13.512
21	Papa y cáscara	4.946	66.82	1.641	12.11	1.07	0.199	0.018	11.318	330.492	23.869
22	Piña (cáscara)	1.027	91.95	0.083	51.52	0.42	0.043	0.000	122.667	94.433	4.956
23	Rastrojo (alfalfa-hierbas)	70	63.77	25.361	23.12	1.6	5.863	0.411	14.272	4463.900	337.809
24	Repollo	1.009	89.15	0.109	55.42	2.0	0.061	0.002	27.710	89.952	4.869
25	Yuca (+ cáscara)	1.121	69.61	0.341	50.89	0.6	0.173	0.002	84.817	78.033	5.410
26	Zanahoria	0.752	88.12	0.089	53.43	0.6	0.048	0.001	89.050	66.266	3.629
Total		207.255					28.028	0.925	81.580	12601.680	1000.18
								Relación C/N =	30.294	% Humedad =	60.803
Densidad promedio (Kg/m ³)		250.04									
Peso húmedo requerido para volumen 4 m ³		1000.18									
FactorK		4.83									

- Los valores de Peso Húmedo en Kg. son los pesos promedio de las 26 fracciones de residuos sólidos caracterizados durante 8 días, representan el 96%.
- El volumen original hallado en la PTRS-MDI fue de 4 m³. Luego por carencia de rastrojo, se modificaron los valores aproximados de estiércol a 230 Kg, de flores a 85 Kg y del propio rastrojo disminuyó a 190 Kg. El volumen final aproximado de la ruma 2 (R2) fue de 2.74 m³.
- Con los datos anteriores, el peso final de materia orgánica fresca de la R1 (constituida el 30.11.16), aproximadamente fue de 684.79 Kg.
- El peso final del compost estabilizado es de 304.57 Kg. obtenido el 10.03.17

Cuadro 13.

Relación C/N = 42, materia prima para construir la ruma 3 (testigo o blanco).

N°	Tipo de residuo orgánico	Peso húmedo (Kg.)	CA (%) Humedad (MH)	Masa Seca (MS) (Kg.)	C (%)	N (%)	C (Kg.)	N (Kg.)	C/N	Peso húmedo (Kg)*CA (%) Humedad	Peso húmedo (Kg.) Para 4 m ³
1	AjÍ amarillo (incluye pepas)	0.862	76.75	0.200	28.16	0.53	0.056	0.001	53.132	66.159	3.974
2	Alverja (> cáscara)	0.823	81.68	0.151	9.12	0.64	0.014	0.001	14.250	67.223	3.795
3	Apio	0.792	88.78	0.089	47.52	0.70	0.042	0.001	67.886	70.314	3.652
4	Brócoli	1.004	92.00	0.080	51.63	4.90	0.041	0.004	10.537	92.368	4.629
5	Cebolla china	1.093	85.59	0.158	29.41	0.99	0.046	0.002	29.707	93.550	5.039
6	Cebolla de papa	1.981	89.67	0.205	54.65	2.30	0.112	0.005	23.761	177.636	9.134
7	Coliflor	1.431	87.89	0.173	50.94	3.30	0.088	0.006	15.436	125.771	6.598
8	Coronta	1.624	66.06	0.551	39.14	0.19	0.216	0.001	206.000	107.281	7.488
9	Estiércol (> de Cuy)	138.787	48.61	71.323	42.13	0.8	30.048	0.542	55.434	6746.436	639.893
10	Flor	7.793	70.25	2.318	24.32	1.9	0.564	0.043	13.005	547.458	35.930
11	Haba (cáscara)	0.654	68.62	0.205	51.47	0.6	0.106	0.001	85.783	44.877	3.015
12	Hueso	0.399	47.49	0.210	31.31	3.70	0.066	0.008	8.462	18.949	1.840
13	Huevo (cáscara)	0.048	4.42	0.046	48.19	1.10	0.022	0.001	43.809	0.212	0.221
14	Limón (> cáscara)	2.042	77.45	0.460	9.86	0.9	0.045	0.004	10.835	158.153	9.415
15	Madera	0.083	27.15	0.060	69.40	0.09	0.042	0.000	771.111	2.253	0.383
16	Nabo	3.57	85.67	0.512	50.13	2.9	0.256	0.015	17.286	305.842	16.460
17	Naranja (> cáscara)	7.439	72.44	2.050	50.22	0.6	1.030	0.012	83.700	538.881	34.298
18	Pacae (cáscara)	1.483	69.46	0.453	52.79	0.6	0.239	0.003	87.983	103.009	6.838
19	Pan	0.272	18.23	0.222	36.10	0.51	0.080	0.001	70.784	4.959	1.254

Continúa...



20	Panca de choclo	2.8	74.06	0.726	51.17	0.5	0.372	0.004	102.340	207.368	12.910
21	Papa y cáscara	4.946	66.82	1.641	12.11	1.07	0.199	0.018	11.318	330.492	22.804
22	Piña (cáscara)	1.027	91.95	0.083	51.52	0.42	0.043	0.000	122.667	94.433	4.735
23	Rastrojo (alfalfa-hierbas)	33.095	63.77	11.990	23.12	1.6	2.772	0.194	14.272	2110.468	152.588
24	Repollo	1.009	89.15	0.109	55.42	2.0	0.061	0.002	27.710	89.952	4.652
25	Yuca (+ cáscara)	1.121	69.61	0.341	50.89	0.6	0.173	0.002	84.817	78.033	5.168
26	Zanahoria	0.752	88.12	0.089	53.43	0.6	0.048	0.001	89.050	66.266	3.467
Total		216.93					36.781	0.870	81.580	12248.343	1000.179
							Relación C/N =	42.263	% Humedad =	56.462	
Densidad promedio (Kg/m ³)		250.04									
Peso requerido para volumen 4 m ³		1000.18									
Factor K		4.611									

- Los valores de Peso Húmedo en Kg. son los pesos promedio de las 26 fracciones de residuos sólidos caracterizados durante 8 días, representan el 96%.
- El volumen real final de la ruma 3 (R3) fue de 4.7 m³.

- **Resultados de la especiación de MPT en sedimentos de compost estabilizado**

Son los resultados del rastreo de la materia prima a través del método de la especiación de metales pesados en sedimento de compost estabilizado.

A continuación, en los cuadros siguientes, se muestran los resultados de la especiación de MPT de la **ruma 1**.

Cuadro 16.

Resultados de las extracciones de metales en la ruma 1 en mg/L.

Extracciones	Metales Totales (mg/L.)					
	Al	Fe	Cu	Pb	Mn	Zn
Extracción 1	0.11	0.24	0.11	0.39	0.31	0.86
Extracción 2	0.23	0.70	0.04	0.96	0.70	0.07
Extracción 3	1.48	2.11	0.12	2.93	2.17	1.22
Extracción 4	0.24	0.16	0.08	0.19	0.22	0.09

Cuadro 19.

Resultados de las extracciones de metales en la ruma 1 en mg/kg.

Muestra	Extracciones	Metales Totales (mg/kg.)					
		Al	Fe	Cu	Pb	Mn	Zn
Ruma - 01	Extracción 1	55	120	55	195	155	430
	Extracción 2	115	350	20	480	350	35
	Extracción 3	740	1055	60	1465	1085	610
	Extracción 4	120	80	40	95	110	45
Total		1030	1605	175	2235	1700	1120

Cuadro 22.

Porcentaje de los MPT resultados de las extracciones en la ruma 1.

EXTRACCIONES	Metales Totales %					
	Al	Fe	Cu	Pb	Mn	Zn
Extracción 1	5	7	31	9	9	38
Extracción 2	11	22	11	21	21	3
Extracción 3	72	66	34	66	64	54
Extracción 4	12	5	23	4	6	4
Total	100	100	100	100	100	100

Figura 10.

Porcentaje de las cuatro extracciones de Al en la ruma 1.

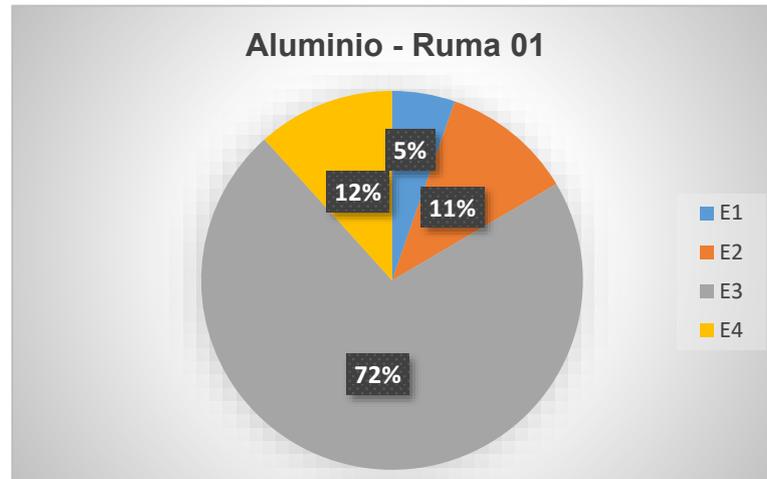


Figura 13.

Porcentaje de las cuatro extracciones de Fe en la ruma 1.

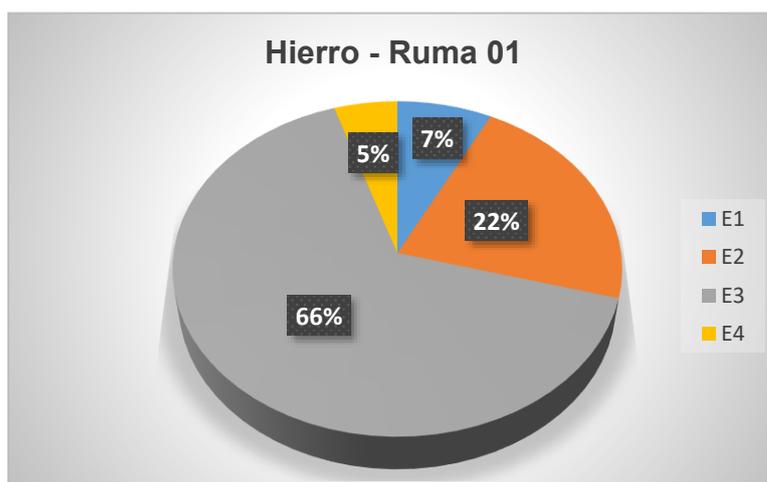


Figura 16.

Porcentaje de las cuatro extracciones de Cu en la ruma 1.

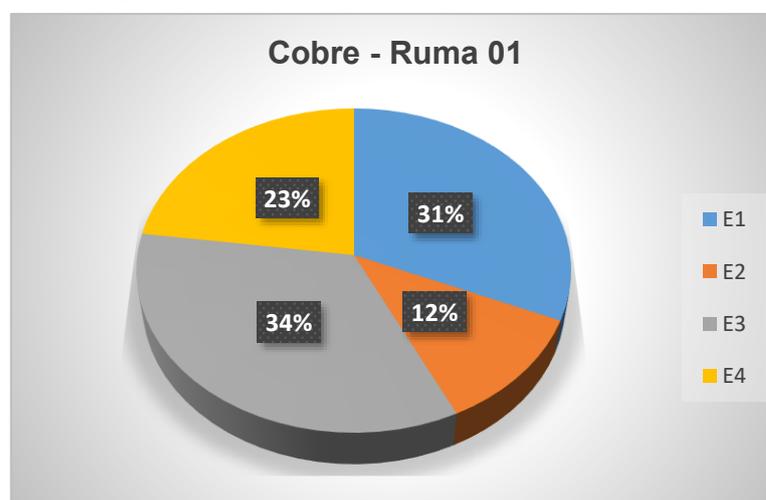


Figura 19.

Porcentaje de las cuatro extracciones de Pb en la ruma 1.

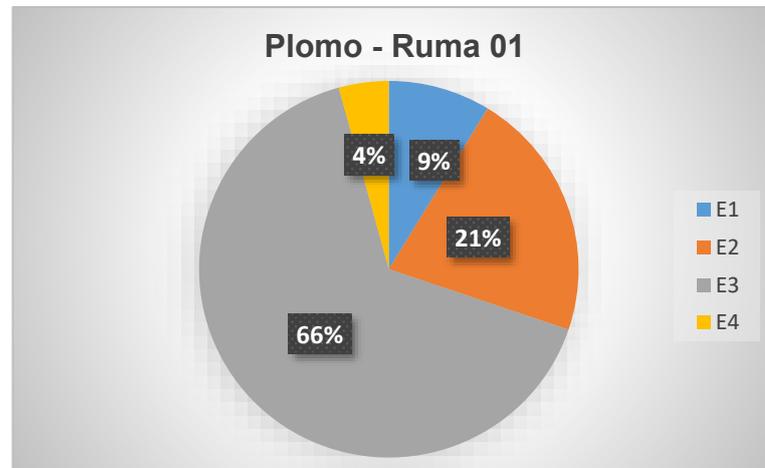


Figura 22.

Porcentaje de las cuatro extracciones de Mn en la ruma 1.

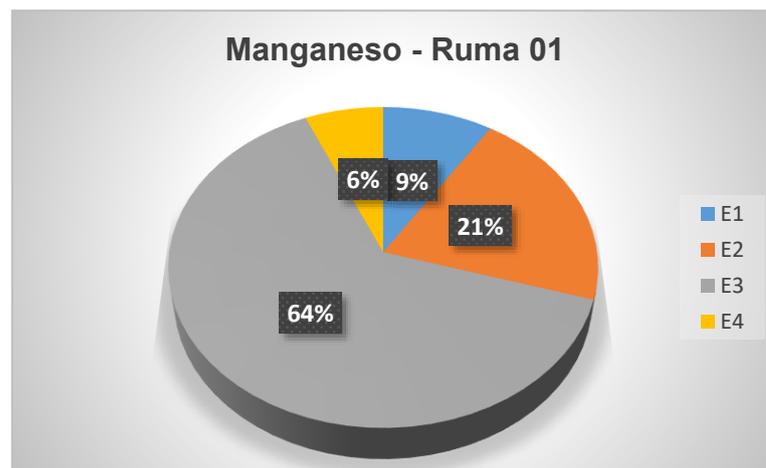
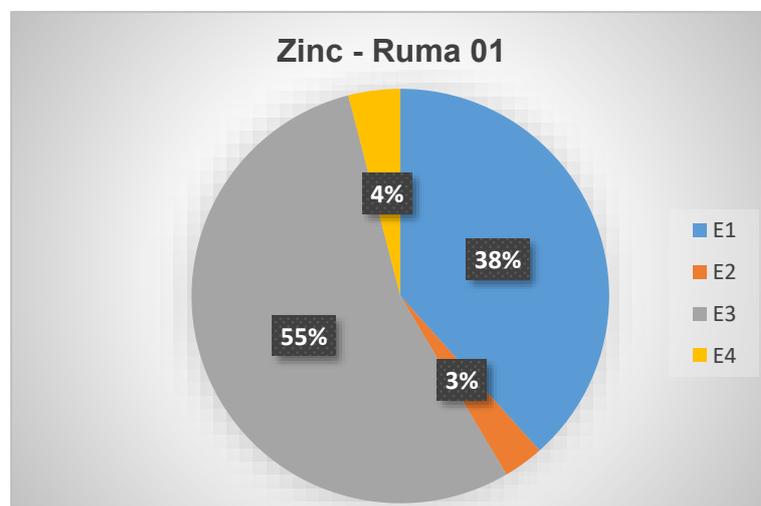


Figura 25.

Porcentaje de las cuatro extracciones de Zn en la ruma 1.



Del mismo modo, se muestran los resultados de la especiación de MPT de la ruma 2.

Cuadro 25.

Resultados de las extracciones de metales en la ruma 2 en mg/L.

Extracciones	Metales Totales (mg/L)					
	Al	Fe	Cu	Pb	Mn	Zn
Extracción 1	0.17	0.30	0.1	0.24	0.21	0.44
Extracción 2	0.08	0.59	0.12	0.81	0.35	0.51
Extracción 3	0.41	1.96	0.26	1.18	0.92	1.02
Extracción 4	0.13	0.21	0.11	0.19	0.14	0.39

Cuadro 28.

Resultados de las extracciones de metales en la ruma 2 en mg/kg.

Muestra	Extracciones	Metales Totales (mg/kg.)					
		Al	Fe	Cu	Pb	Mn	Zn
Ruma - 02	Extracción 1	85	150	50	120	105	220
	Extracción 2	40	295	60	405	175	255
	Extracción 3	205	980	130	590	460	510
	Extracción 4	65	105	55	95	70	195
Total		395	1530	295	1210	810	1180

Cuadro 31.

Porcentaje de los resultados de las extracciones de metales en la ruma 2.

Extracciones	Metales Totales %					
	Al	Fe	Cu	Pb	Mn	Zn
Extracción 1	22	10	17	10	13	19
Extracción 2	10	19	20	33	22	22
Extracción 3	52	64	44	49	57	43
Extracción 4	16	7	19	8	9	17
Total	100	100	100	100	100	100

Figura 28.

Porcentaje de las cuatro extracciones de Al en la ruma 2.

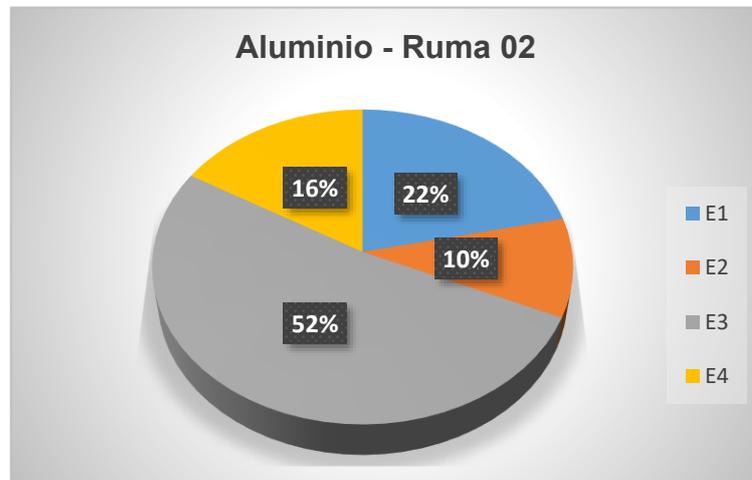


Figura 31.

Porcentaje de las cuatro extracciones de Fe en la ruma 2.

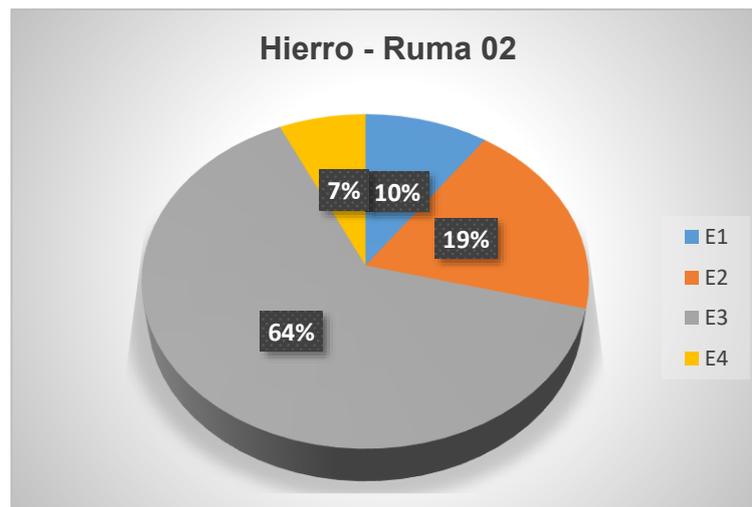


Figura 34.

Porcentaje de las cuatro extracciones de Cu en la ruma 2.

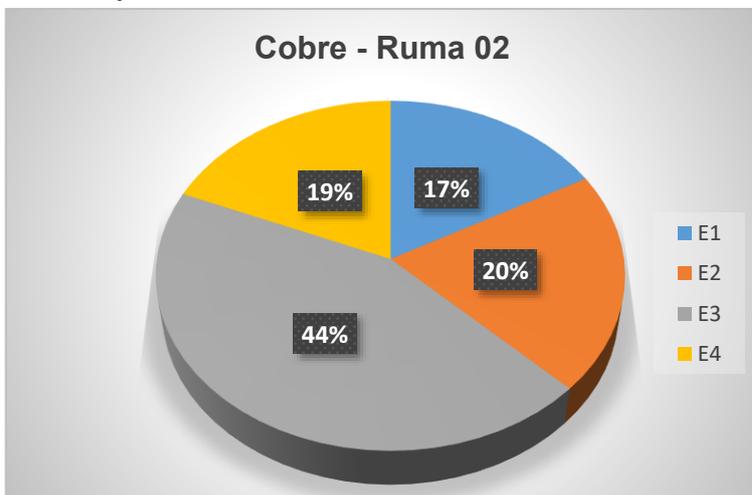


Figura 37.

Porcentaje de las cuatro extracciones de Pb en la ruma 2.

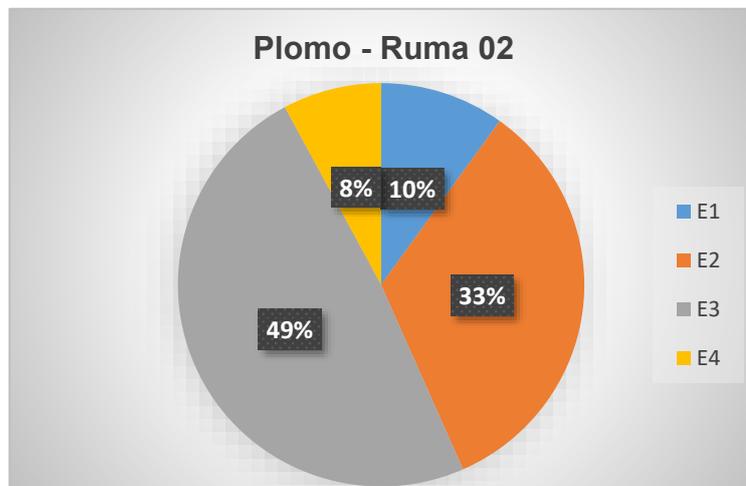


Figura 40.

Porcentaje de las cuatro extracciones de Mn en la ruma 2.

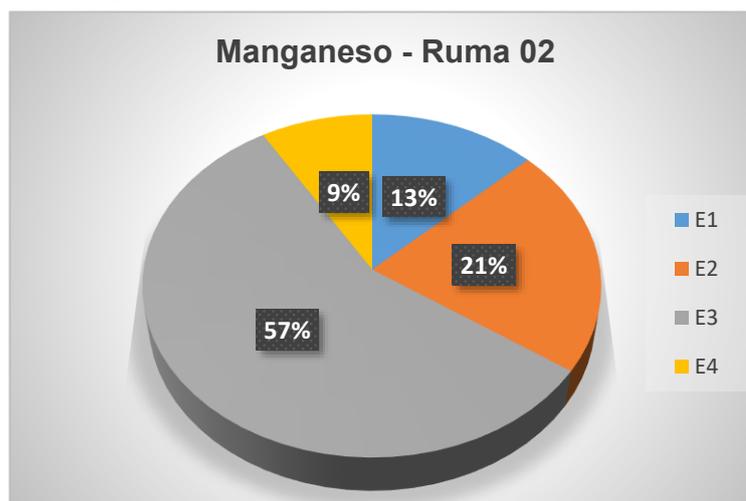
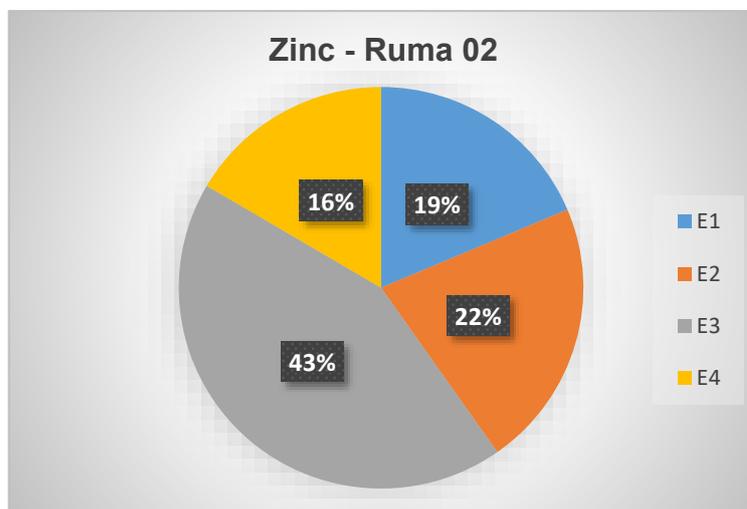


Figura 43.

Porcentaje de las cuatro extracciones de Zn en la ruma 2.



Finalmente, en los cuadros y gráficos siguientes, se muestran los resultados de la especiación de MPT de la **ruma 3**.

Cuadro 34.

Resultados de las extracciones de metales en la ruma 3 en mg/L.

Extracciones	Metales Totales (mg/L)					
	Al	Fe	Cu	Pb	Mn	Zn
Extracción 1	0.16	0.18	0.14	0.46	0.11	0.23
Extracción 2	0.39	0.07	0.25	0.27	0.56	0.22
Extracción 3	1.20	2.85	0.62	1.82	2.68	0.83
Extracción 4	0.11	0.19	0.1	0.15	0.25	0.2

Cuadro 37.

Resultados de las extracciones de metales en la ruma 3 en mg/kg.

Muestra	Extracciones	Metales Totales (mg/kg.)					
		Al	Fe	Cu	Pb	Mn	Zn
Ruma - 03	Extracción 1	80	90	70	230	55	115
	Extracción 2	195	35	125	135	280	110
	Extracción 3	600	1425	310	910	1340	415
	Extracción 4	55	95	50	75	125	100
TOTAL		930	1645	555	1350	1800	740

Cuadro 40.

Porcentaje de los resultados de las extracciones de metales en la ruma 3.

EXTRACCIONES	Metales Totales %					
	Al	Fe	Cu	Pb	Mn	Zn
Extracción 1	9	5	13	17	3	16
Extracción 2	21	2	23	10	16	15
Extracción 3	65	87	56	67	74	56
Extracción 4	6	6	9	6	7	14
Total	100	100	100	100	100	100

Figura 46.

Porcentaje de las cuatro extracciones de Al en la ruma 3.

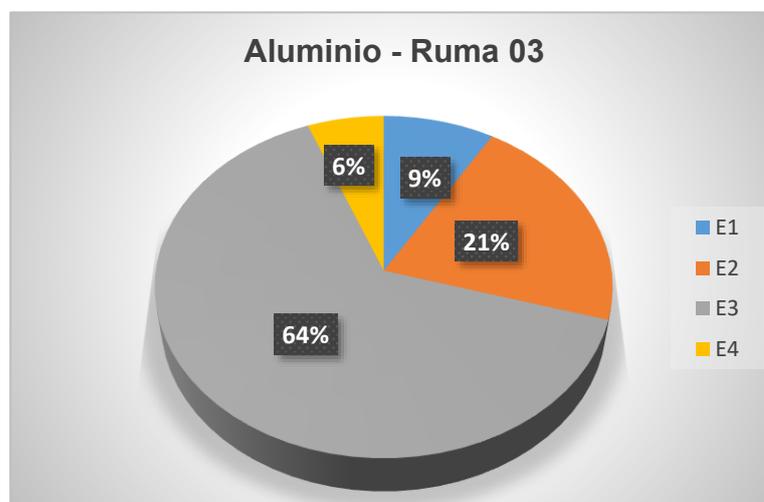


Figura 49.

Porcentaje de las cuatro extracciones de Fe en la ruma 3.

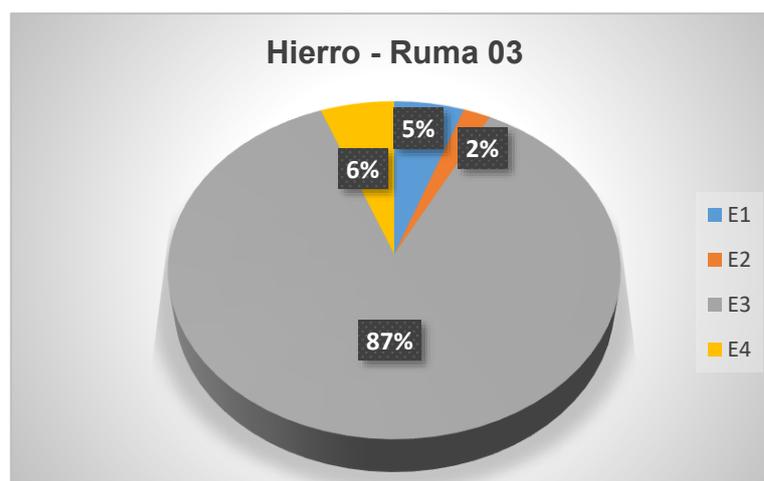


Figura 52.

Porcentaje de las cuatro extracciones de Cu en la ruma 3.

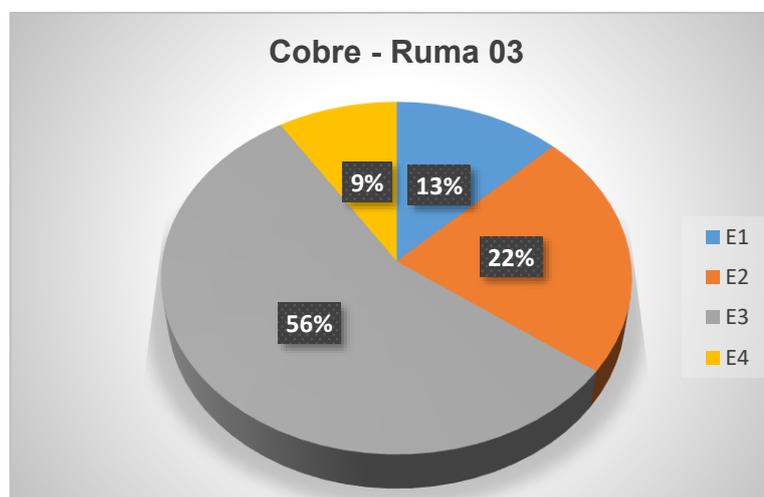


Figura 55.

Porcentaje de las cuatro extracciones de Pb en la ruma 3.

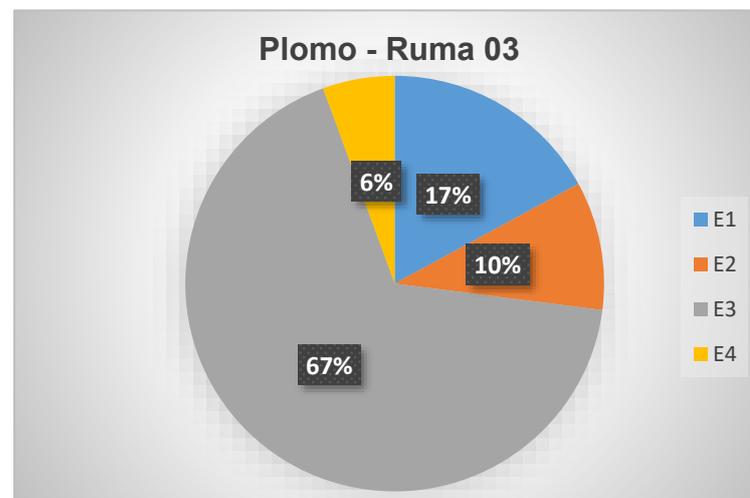


Figura 58.

Porcentaje de las cuatro extracciones de Mn en la ruma 3.

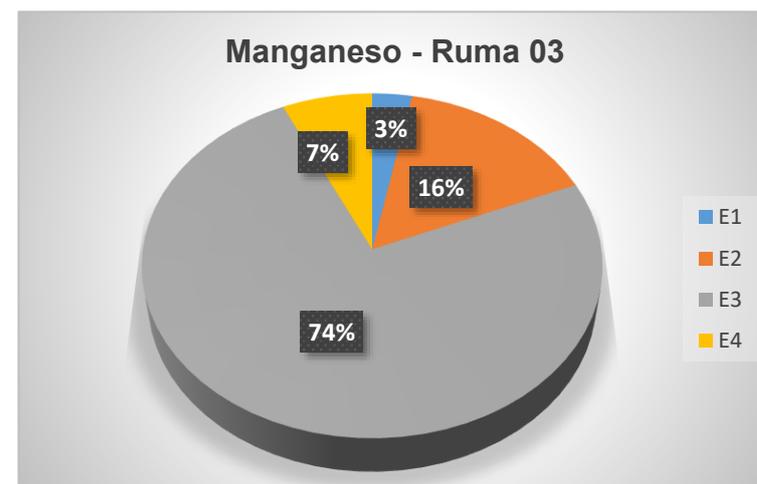
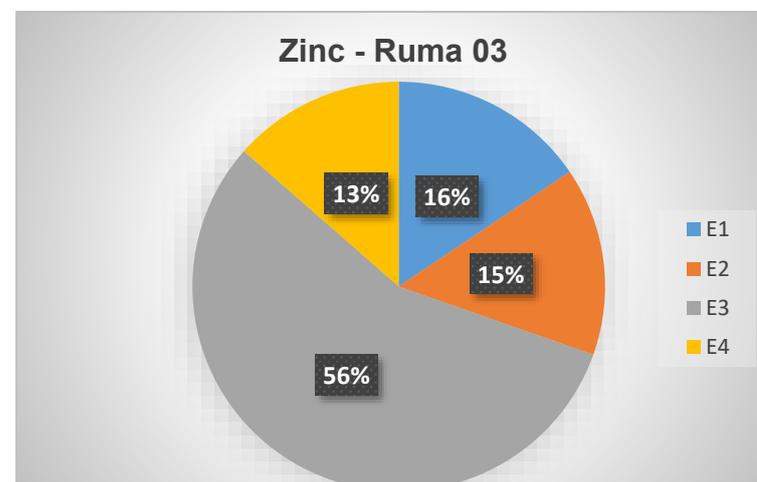


Figura 61.

Porcentaje de las cuatro extracciones de Zn en la ruma 3.



2. Resultados de las concentraciones de los metales en el proceso de compostaje, tanto en compost como en sus lixiviados.

- Resultados de las concentraciones de metales-compost.

COMPOST - RUMA 1

A continuación, se presentan los resultados de las concentraciones de macronutrientes, micronutrientes y MPT presentes en la **ruma 1**.

Cuadro 43.

Resultados de las concentraciones de macronutrientes en compost de la ruma 1.

Registro	N (mg/Kg)	Ca (mg/Kg)	P (mg/Kg)	K (mg/Kg)
1	13741.10	95712.42	15718.35	20999.01
2	13750.60	96709.87	14257.23	20937.19
3	13791.30	95427.43	795.23	55566.60
4	10974.10	92170.47	7839.44	45094.15
5	14090.90	455896.93	4558.97	52824.58
6	24350.80	178926.44	8500.00	82504.97
7	20007.90	835820.90	4075.55	70149.25
8	27869.40		3283.58	
9	26089.50			

Cuadro 46.

Resultados de las concentraciones de micronutrientes en compost de la ruma 1.

Registro	Cu (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
1	0.00	224.37	7.74	178.92
2	0.00	255.11	19.20	216.15
3	0.00	471.73	44.83	623.78
4	0.00	501.49	25.92	568.29
5	0.00	445.33	59.97	288.27
6	0.00	426.16	32.45	356.79
7	0.00	74.85	144.71	708.58
8	0.00	112.66	136.59	638.09
9	0.00	414.27	30.72	277.50
10	0.00	421.47	45.73	417.50
11	0.00	412.52	37.77	377.73
12	0.00	370.15	42.79	238.80

Cuadro 49.

Resultados de las concentraciones de MPT tóxicos en compost de la ruma 1.

Registro	Al (mg/Kg)	As (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Hg (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)
1	488.39	< 0.1	4.45	<4	< 0.10	19.34	437.14
2	392.81	< 0.1	3.48	<4	< 0.10	22.05	398.01
3	653.02	< 0.1	2.41	< 4	< 0.10	29.24	385.61
4	1076.77	< 0.1	18.54	< 4	< 0.10	24.69	231.57
5	775.35	< 0.1	18.59	< 4	< 0.10	49.70	673.96
6	6243.81	< 0.1	44.90	< 4	< 0.10	19.82	388.50
7	2295.41	< 0.1	54.29	< 4	< 0.10	179.64	647.70
8	7278.17	< 0.1	3.39	< 4	< 0.10	189.43	369.89
9	5649.16	<0.1	24.78	<4	< 0.10	39.64	534.19
10	4970.18	<0.1	0.01	< 4	< 0.10	39.76	727.63
11	556.66	<0.1	4.57	< 4	< 0.10	20.09	716.70
12	3184.08	<0.1	0.01	< 4	< 0.10	15.74	534.33

COMPOST - RUMA 2

En los cuadros siguientes se presentan los resultados de las concentraciones de macronutrientes, micronutrientes y MPT tóxicos presentes en la **ruma 2**.

Cuadro 52.

Resultados de las concentraciones de macronutrientes en compost de la ruma 2.

Registro	N (mg/Kg)	Ca (mg/Kg)	P (mg/Kg)	K (mg/Kg)
1	13458.7	93522.81	16691.44	21243.51
2	13736.6	85545.72	6735.50	51622.42
3	11616.0	76976.91	7497.75	32290.31
4	22475.1	86053.41	6330.36	42433.23
5	19722.6	178217.82	1520.48	52970.30
6	23618.7	306930.69	1950.05	51980.20
7	23160.8	69790.63	5383.85	53240.28
8	21473.1	768463.07	2165.67	54890.22
9		338645.42	7868.53	71713.15

Cuadro 55.

Resultados de las concentraciones de micronutrientes en compost de la ruma 2.

Registro	Cu (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
1	0.00	2510.88	22.74	280.60
2	48.23	475.13	51.23	301.03
3	0.00	417.13	67.89	297.31
4	0.00	491.51	54.94	519.48
5	41.32	426.57	39.96	439.56
6	78.66	404.13	53.23	294.98
7	59.98	430.87	48.23	289.91
8	98.91	401.58	46.71	286.84
9	0.00	100.99	135.64	623.76
10	0.00	130.00	135.00	460.00
11	0.00	439.68	29.91	298.13
12	0.00	420.16	31.94	399.20
13	0.00	297.81	9.87	338.65

Cuadro 58.

Resultados de las concentraciones de MPT tóxicos en compost de la ruma 2.

Registro	Al (mg/Kg)	As (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Hg (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)
1	1693.27	< 0.10	3.77	<4	< 0.10	14.51	270.44
2	901.28	< 0.10	18.69	< 4	< 0.10	27.50	423.42
3	885.77	< 0.10	0.01	<4	< 0.10	23.30	454.68
4	5994.00	< 0.10	0.01	< 4	< 0.10	19.98	351.29
5	999.00	< 0.10	0.01	< 4	< 0.10	17.3	348.23
6	1101.28	< 0.10	0.01	< 4	< 0.10	29.50	433.63
7	1329.60	< 0.10	0.01	< 4	< 0.10	16.8	603.82
8	860.53	< 0.10	29.28	< 4	< 0.10	18.7	378.83
9	3762.38	< 0.10	38.32	< 4	< 0.10	17.82	624.75
10	8200.00	< 0.10	0.01	<4	< 0.10	21.00	453.00
11	3290.13	< 0.10	32.40	< 4	< 0.10	23.54	574.28
12	2295.41	< 0.10	31.54	< 4	< 0.10	29.94	443.11
13	1693.23	< 0.10	25.10	< 4	< 0.10	17.36	692.23

COMPOST - RUMA 3

Finalmente, los resultados de las concentraciones de macronutrientes, micronutrientes y MPT tóxicos presentes en la **ruma 3**.

Cuadro 61.

Resultados de las concentraciones de macronutrientes en compost de la ruma 3.

Registro	N (mg/Kg)	Ca (mg/Kg)	P (mg/Kg)	K (mg/Kg)
1	13191.5	127952.76	7677.16	7578.74
2	11453.6	71428.57	583.99	3249.07
3	13987.9	82669.32	7539.84	4671.15
4	18979.3	84000.00	4690.00	3330.00
5	9924.7	109780.44	10279.44	5000.00
6	17064.2	27101.00	6586.83	6200.00
7	14138.9	29301.00	5100.00	7410.00
8	33616.6	26547	5043.00	7234.21
9	12787.2		5384.00	
10	31924.2		5478.00	

Cuadro 64.

Resultados de las concentraciones de micronutrientes en compost de la ruma 3.

Registro	Cu (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
1	0.00	239.28	25.34	155.94
2	0.00	238.14	25.34	156.00
3	0.00	461.32	40.07	521.90
4	0.00	376.97	12.36	462.60
5	0.00	565.12	39.05	528.44
6	0.00	375.00	44.00	290.00
7	0.00	129.00	105.00	540.00
8	0.00	127.34	130.31	937.81
9	0.00	336.99	66.80	249.25
10	0.00	423.15	34.93	359.28
11	0.00	382.85	52.84	368.89
12	0.00	434.00	49.00	460.00
13	0.00	384.69	24.85	467.20
14	0.00	329.35	77.61	258.71
15	0.00	424.57	76.92	349.65
16	0.00	380.48	54.10	295.47

Cuadro 67.

Resultados de las concentraciones de MPT tóxicos en compost de la ruma 3.

Registro	Al (mg/Kg)	As (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Hg (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)
1	229.04	< 0.10	15.11	< 4	< 0.10	18.42	339.18
2	229.07	< 0.10	15.12	< 4	< 0.10	19.36	339.11
3	5312.21	< 0.10	0.01	< 4	< 0.10	27.96	331.75
4	1023.62	< 0.10	0.01	<4	< 0.10	29.53	321.13
5	1011.32	< 0.10	0.01	< 4	< 0.10	18.62	310.11
6	410.00	< 0.10	12.00	< 4	< 0.10	50.00	495.00
7	18000.00	< 0.10	34.90	< 4	< 0.10	23.00	216.00
8	7699.90	< 0.10	6.022	<4	< 0.10	27.69	370.19
9	957.13	< 0.10	8.37	< 4	< 0.10	17.84	731.80
10	3592.81	< 0.10	28.64	<4	< 0.10	29.94	661.68
11	2592.22	< 0.10	0.01	< 4	< 0.10	29.82	902.29
12	4700.00	< 0.10	23.30	< 4	< 0.10	17.45	615.00
13	5666.00	< 0.10	29.32	< 4	< 0.10	18.66	773.36
14	5174.13	< 0.10	0.01	< 4	< 0.10	19.62	555.22
15	3496.50	< 0.10	9.19	< 4	< 0.10	29.97	685.31
16	3254.40	< 0.10	0.01	< 4	< 0.10	24.25	610.28

- Resultados de las concentraciones de MPT – Lixiviados

LIXIVIADOS - RUMA 1

En los siguientes cuadros se presentan los resultados de las concentraciones de micronutrientes y MPT tóxicos en lixiviados presentes en la **ruma 1**.

Cuadro 70.

Resultados de las concentraciones de micronutrientes en lixiviados de la ruma 1.

Registro	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Zn (mg/L)
1	0.02	0.44	0.05	0.31
2	1.14	2.85	0.09	0.33
3	2.48	1.08	0.04	0.09

Cuadro 73.

Resultados de las concentraciones de MPT tóxicos en lixiviados de la ruma 1.

Registro	Al (mg/L)	As (mg/L)	Cd (mg/L)	Cr (mg/L)	Hg (mg/L)	Ni (mg/L)	Pb (mg/L)
1	0.22	< 0.010	0.08	0.16	< 0.025	0.04	1.33
2	0.34	< 0.010	0.30	0.35	< 0.025	0.09	1.48
3	0.23	< 0.010	0.15	0.10	< 0.025	3.29	1.15

LIXIVIADOS - RUMA 2

Resultados de las concentraciones de micronutrientes y MPT tóxicos en lixiviados presentes en la ruma 2.

Cuadro 76.

Resultados de las concentraciones de micronutrientes en lixiviados de la ruma 2.

Registro	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Zn (mg/L)
1	0.11	5.02	0.05	0.15
2	1.69	4.18	0.03	0.16
3	3.15	4.25	0.17	0.37
4	5.37	15.80	0.09	0.70
5	5.10	3.75	0.07	0.09
6	5.60	8.00	0.16	0.11
7	1.71	4.61	0.80	0.32
8	1.61	4.33	0.48	0.21
9	2.96	2.59	0.04	0.19
10	0.05	7.90	0.06	0.52

Cuadro 79.

Resultados de las concentraciones de MPT tóxicos en lixiviados de la ruma 2.

Registro	Al (mg/L)	As (mg/L)	Cd (mg/L)	Cr (mg/L)	Hg (mg/L)	Ni (mg/L)	Pb (mg/L)
1	0.04	< 0.010	0.00	0.19	< 0.025	0.07	1.40
2	1.16	< 0.010	0.04	0.06	< 0.025	0.00	1.12
3	0.17	< 0.010	0.05	0.38	< 0.025	0.08	1.54
4	0.05	< 0.010	0.11	0.39	< 0.025	0.08	1.54
5	0.31	< 0.010	0.18	0.25	< 0.025	0.30	2.07
6	0.29	< 0.010	0.15	0.32	< 0.025	0.60	3.00
7	0.24	< 0.010	0.13	0.22	< 0.025	0.20	2.19
8	0.11	< 0.010	0.12	0.12	< 0.025	4.18	1.43
9	0.26	< 0.010	0.10	0.13	< 0.025	0.04	1.61
10	0.29	< 0.010	0.03	0.12	< 0.025	0.08	0.85

Finalmente, los resultados de las concentraciones de micronutrientes y MPT tóxicos en lixiviados presentes en la **ruma 3**.

LIXIVIADOS - RUMA 3

Cuadro 82.

Resultados de las concentraciones de micronutrientes en lixiviados de la ruma 3.

Registro	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Zn (mg/L)
1	5.64	4.39	0.06	0.39
2	2.51	4.45	0.02	0.63
3	0.00	0.45	0.01	0.08
4	0.00	0.32	0.01	0.09
5	0.22	2.11	0.07	0.63
6	0.02	0.21	0.05	0.45
7	0.04	0.32	0.06	0.89
8	0.34	22.40	12.90	0.31
9	0.17	20.30	11.60	0.73
10	0.02	2.32	0.11	0.56

Cuadro 85.

Resultados de las concentraciones de MPT tóxicos en lixiviados de la ruma 3.

Registro	Al (mg/L)	As (mg/L)	Cd (mg/L)	Cr (mg/L)	Hg (mg/L)	Ni (mg/L)	Pb (mg/L)
1	16.40	< 0.010	0.16	0.06	< 0.025	0.20	1.22
2	0.31	< 0.010	0.05	0.01	< 0.025	0.05	1.45
3	0.16	< 0.010	0.00	0.03	< 0.025	0.02	0.97
4	0.48	< 0.010	0.03	0.05	< 0.025	0.07	0.40
5	0.70	< 0.010	0.15	0.15	< 0.025	0.09	1.14
6	0.80	< 0.010	0.09	0.04	< 0.025	0.06	1.45
7	5.40	< 0.010	0.02	0.05	< 0.025	0.07	1.24
8	0.18	< 0.010	0.27	0.20	< 0.025	0.13	2.95
9	0.20	< 0.010	0.27	0.16	< 0.025	0.09	2.98
10	4.68	< 0.010	0.24	0.26	< 0.025	0.08	1.62

Comportamiento de macronutrientes, micronutrientes y metales pesados totales del proceso de compostaje

En esta sección, se presentan los resultados de la presencia de macronutrientes, micronutrientes y metales pesados tóxicos, en el proceso de compostaje.

Teóricamente, entre los **macronutrientes**, se distinguen elementos primarios: N, P y K y secundarios: Ca, Mg y S (Schachtschabel et al., 1992, citado en Plaster, 2000). Con la salvedad de que, en esta investigación no se logró identificar en compost los siguientes macronutrientes: S, Cl y Na; y en lixiviados: N, Ca, P, Mg, K, S, Cl y Na.

Entre los micronutrientes, están incluidos Cu, Mn y Zn, imprescindibles para las plantas y para los animales en bajas concentraciones, pudiendo tornarse tóxicos en mayores niveles. La excepción es el Fe, que es un micronutriente, pero no estrictamente un elemento traza (White, 2000). En esta etapa, no se identificaron en compost los siguientes micronutrientes: Co, F y Se; y en lixiviados: Co, F y Se.

En el proceso de compostaje, también están presentes algunos metales pesados tóxicos, en este caso, tanto en compost como en sus lixiviados se identificaron los mismos siguientes metales pesados tóxicos: Al, As, Cd, Cr, Hg, Ni y Pb. Presentan como característica común el poseer una densidad superior a 6 g/cm^3 cuando se encuentran en su forma elemental, o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo los metales alcalinos y alcalino térreos).

A continuación, se presenta en compost la descripción y análisis del comportamiento de las concentraciones de los macronutrientes N, Ca, P, Mg, K, de los micronutrientes Mn, Cu, Zn, Fe y de los metales pesados tóxicos Al, As, Cd, Cr, Hg, Ni y Pb.

Macronutrientes

Nitrógeno (N) en compost

En el **cuadro 30**, se presentan valores promedio de concentraciones del **macronutriente Nitrógeno (N) total** en cada una de las tres rumas, siendo la ruma 3 la testigo. El menor valor individual 9924.7 mg/kg, el mayor valor individual 33616.6 mg/kg y el más alto valor al final del proceso 31924.2 mg/kg, estuvieron en la ruma 3.

Cuadro 88.

Concentraciones de N (mg/kg) en el proceso de compostaje.

R1	R2	R3	Promedio
13741.10	13458.70	13191.50	13463.70
13750.60	13736.60	11453.60	12980.20
13791.30	11616.00	13987.90	13131.70
10974.10	22475.10	18979.30	17476.10
14090.90	19722.60	9924.70	14579.40
24350.80	23618.70	17064.20	21677.90
20007.90	23160.80	14138.90	19102.50
27869.40	21473.10	33616.60	27653.00
26089.50		12787.20	19438.30
		31924.20	31924.20

En el **cuadro 31**, mostrado en la página siguiente, se describen los parámetros estadísticos de las concentraciones de **N**. El menor valor de la media estuvo en la ruma 1 y el de mayor valor en la ruma 2. La ruma 3 de control (blanco) presentó el valor de 17706.81 mg/kg, por debajo de los valores en las rumas tratadas. Las medianas se encuentran en el rango de 14090.90 a 20597.85 mg/kg, y la ruma testigo 14063.40 mg/kg por debajo del valor de la ruma 1. Las desviaciones estándar obtenidas muestran que existen una amplia dispersión de datos con respecto a la media, considerando que las concentraciones halladas relativamente altas.

La curtosis resulta ser negativa ($C_k < 0$, platicúrtica) en las rumas 1 y 2 configurando una ligera distribución de datos hacia los extremos. La ruma

testigo 3, presentó un valor positivo ($C_k > 0$, leptocúrtica), con una distribución normal con un pico leve.

Cuadro 91.

Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de N en compost y en cada ruma del proceso de compostaje.

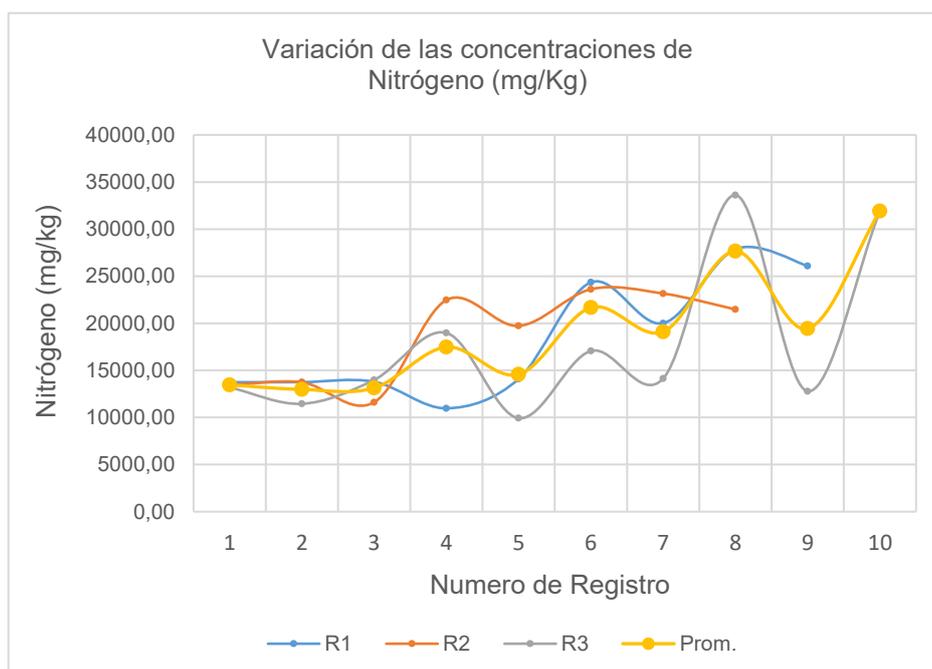
Parámetro	R1	R2	R3	Promedio
Media	18296.18	18657.70	17706.81	19142.74
Mediana	14090.90	20597.85	14063.40	18289.35
Desviación estándar (S)	6373.51	4918.69	8353.99	6431.41
Varianza de la muestra (S^2)	40621627.13	24193546.81	69789167.37	41363045.10
Curtosis (C_k)	-1.67	-1.93	0.66	0.28
Coefficiente de asimetría (A)	0.52	-0.51	1.40	1.04
Rango	16895.30	12002.70	23691.90	18943.93
Mínimo	10974.10	11616.00	9924.70	12980.27
Máximo	27869.40	23618.70	33616.60	31924.20
Cuenta	9.00	8.00	10.00	10.00

El coeficiente de simetría resultó positivo ($A > 0$) para las rumas 1 y 3, revelando una ligera acumulación de valores por encima de la media y configurando una cola de distribución hacia la derecha. La asimetría en la ruma 2 fue negativo ($A < 0$), visibilizando una distribución de datos por debajo y alejado de la media, configurando la cola de distribución hacia la izquierda. Los valores mínimos fluctúan entre 10974.10 y 11616.00 mg/kg, aunque el menor valor la consignó la ruma testigo con 9924.70 mg/kg. Los valores máximos están en el rango de 23618.70 a 27869.40 mg/Kg, aunque el mayor valor estuvo en la ruma 3 (testigo) con 33616.60 mg/kg. Al final del proceso, las rumas 1 y 2 presentaron los valores más altos de concentración de N y la ruma 3 el menor valor. Al finalizar el proceso, se observó que la ruma 3 (testigo) presentó el valor más alto de concentración de N (31924.20 mg/kg); entre las controladas, el mayor valor estuvo en la ruma 1 (26089.50 mg/kg).

Los gráficos de la **figura 27**, muestran la variación temporal de las concentraciones de N en las tres rumas. La de la ruma 1, atraviesa de registro en registro con trayectoria oscilante, pero con tendencia creciente alcanzando su máximo valor en el registro 8 con 27869.40 mg/kg para culminar en el registro 9 con el valor más alto del proceso en las rumas controladas con 26089.50 mg/kg. La ruma 2, también tiene una trayectoria oscilante pero menos cimbreante y con valores inferiores a la de la ruma 1, culminado en el registro 8 con 21473.10 mg/kg. En la ruma 3, la concentración de N se dibuja también oscilante, pero con mayor elocuencia en los registros 8 donde alcanza el mayor valor del proceso con 33616.60 mg/kg para culminar con 31924.20 mg/kg en el registro 9, que es al final el valor que cuenta para el análisis comparativo.

Figura 64.

Gráficos de las concentraciones de N (mg/kg) en todas las rumas del proceso de compostaje.



En general, se observa que, a partir del cuarto registro los procesos microbiológicos se intensifican por ello la tendencia se nota que es creciente hasta la finalización del proceso. Experimentalmente, se sabe que, para que haya crecimiento de la actividad microbiana relativamente optima, se requiere una relación entre 20 y 30 átomos de **C** por cada uno de **N**. El N predomina en

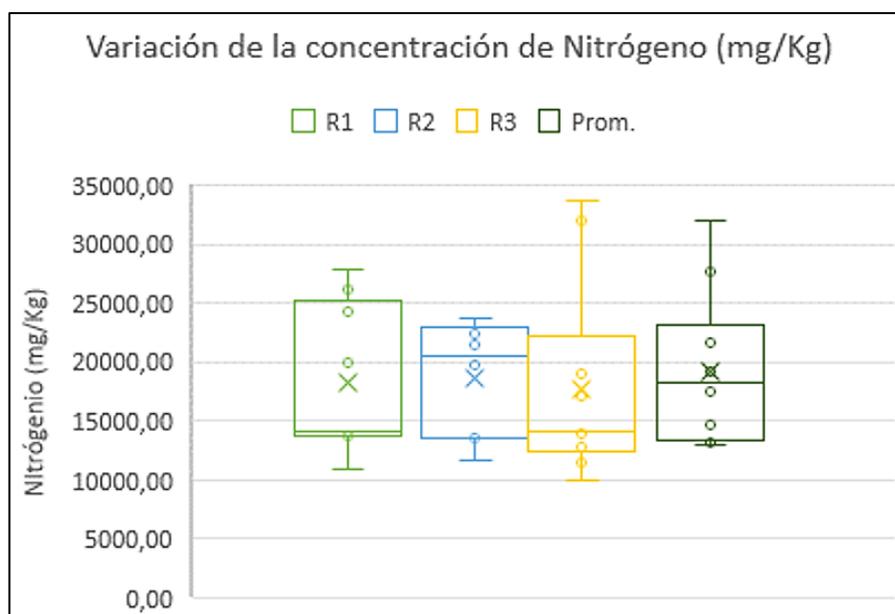
los restos verdes de plantas, restos de comida, excrementos de animales, césped verde, rastrojos vegetales y en general en los residuos con humedad.

Así, los residuos orgánicos verdes, cáscaras de huevos, otros residuos con humedad, contribuyen con N, mientras que, los residuos de color marrón o tendencia oscura aportan C, como ramas, hojas secas, virutas, cartón, periódicos, aserrín de carpintería, etc. Así, las materias primas ricas en N son: estiércol de aves y otros animales, césped diverso, restos de café, restos de frutas y verduras, rastrojos agrícolas, restos de flores, hojas de hierbas, hojas de árboles frutales y de arbustos, entre los más recurrentes.

El gráfico de la **figura 28**, de cajas y bigotes, muestra el comportamiento de la distribución de los valores de la concentración de N (mg/kg) y los estadísticos de tendencia central y dispersión en todas las rumas. Las rumas 1 y 2 presentaron valores de concentración más homogéneos durante el proceso, siendo evidente la menor dispersión de datos en la ruma 2, cuya mediana (20597.85 mg/kg) al ser mayor, muestra valores más altos durante el proceso, el cual es sostenido hasta finalizar el proceso. En la ruma 3, se observa un valor alto (outlier), que es mayor a 1.5 veces el valor del rango intercuartil más allá de los cuartiles.

Figura 67.

Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de N (mg/kg) en compost.



Estas variaciones relativas pueden deberse a diferentes relaciones de C/N de la materia prima y del grado (eficacia y eficiencia) de degradación de las mismas influenciado por el manejo del proceso.

En el **cuadro 32**, se muestra el resultado del análisis de varianza (ANOVA unifactorial) que determina las diferencias significativas entre las medias de los resultados de la concentración de **N** respecto al conjunto de procesos en las rumas y el manejo en cada una de ellas, los cuales influyeron en la presencia y comportamiento de este macronutriente.

Cuadro 94.

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) – concentración de N.

Análisis de varianza						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad p-valor	Valor crítico para F
Entre grupos	553545.81	1.00	553545.81	0.02	0.90	4.54
Dentro de los grupos	494327844.70	15.00	32955189.65			
Total	494881390.51	16.00				

El análisis fue realizado a un nivel de confianza de 95%, el p-valor obtenido es mayor a 0.05, por tanto, no se rechaza la H_0 ($\mu_1=\mu_2=\mu_3=\mu_4=\mu_5$); es decir, es altamente probable que no hayan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **N** en el manejo de las 3 rumas. Se ha probado la hipótesis de que, las medias de las concentraciones de N (mg/kg) son iguales.

Calcio (Ca) en compost

En el **cuadro 33**, se presentan valores promedio de concentraciones del **macronutriente Calcio (Ca) total** en cada una de las tres rumas, siendo la ruma 3 la testigo. Entre las rumas controladas el menor valor individual 69790.63 mg/kg estuvo en la ruma 2, y el mayor valor individual 835820.90 mg/kg estuvo en la ruma 1, y a la postre también sería el más alto valor al final del proceso. Los valores de las concentraciones extremas de Ca en la ruma testigo estuvieron dentro del intervalo de las rumas controladas.

Cuadro 95.

Concentraciones de Ca (mg/kg) en el proceso de compostaje.

R1	R2	R3	Promedio
95712.42	93522.81	127952.76	105729.33
96709.87	85545.72	71428.57	84561.38
95427.43	76976.91	82669.32	85024.55
92170.47	86053.41	84000.00	87407.96
455896.93	178217.82	109780.44	247965.06
178926.44	306930.69	27101.00	170986.04
835820.90	69790.63	29301.00	311637.51
	768463.07	26547.00	397505.03
	338645.42		338645.42

En el **cuadro 34**, presentado en la siguiente página, se describen los parámetros estadísticos de las concentraciones de **Ca**. Entre las rumas controladas, el menor valor de la media estuvo en la ruma 2 y el de mayor valor en la ruma 1, aunque la ruma 3 de control (blanco) presentó el menor valor entre todos con 69847.51 mg/kg. Las medianas se encuentran en el rango de 93522.81 a 96709.87 mg/kg, y la ruma testigo 77048.95 mg/kg por debajo del valor de las rumas controladas. Las desviaciones estándar obtenidas muestran que hubo una amplia dispersión de datos en torno a la media, considerando que las concentraciones halladas son altas.

La medida estadística curtosis mostró valores positivos en las rumas controladas ($C_k > 0$, leptocúrtica), con una distribución normal con un pico leve. La curtosis de la ruma testigo resultó ser negativa ($C_k < 0$, platicúrtica) configurando una ligera distribución de datos hacia los extremos.

El coeficiente de simetría resultó positivo ($A > 0$) para todas las rumas, incluyendo la testigo, revelando una ligera acumulación de valores por encima de la media y configurando una cola de distribución hacia la derecha. Los

valores mínimos fluctúan entre 69790,63 y 92170,47 mg/kg, aunque el menor valor la consignó la ruma testigo con 26547.00 mg/kg. Los valores máximos están en el rango de 768463.07 a 835820.90 mg/Kg, aunque el mayor valor estuvo en la ruma 3 (testigo) con 127952.76 mg/kg. Al final del proceso, las rumas 1 y 2 presentaron los valores más altos de concentración de Ca y la ruma 3 el menor valor. Al finalizar el proceso, se observó que la ruma 1 presentó el valor más alto de concentración de **Ca** (835820.90 mg/kg).

Cuadro 96.

Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Ca en compost y en cada ruma del proceso de compostaje.

Parámetro	R1	R2	R3	Promedio
Media	264380.64	222682.94	69847.51	203273.59
Mediana	96709.87	93522.81	77048.95	170986.04
Desviación estándar (S)	284396.69	228899.81	39068.20	123414.49
Varianza de la muestra (S ²)	8*10 ¹⁰ .49	5*10 ¹⁰ .71	1*10 ⁹ .31	1*10 ¹⁰ .96
Curtosis (Ck)	2.54	4.30	-1.43	-1.61
Coefficiente de asimetría (A)	1.76	2.02	0.12	0.46
Rango	743650.43	698672.44	101405.76	312943.65
Mínimo	92170.47	69790.63	26547.00	84561.39
Máximo	835820.90	768463.07	127952.76	397505.04
Cuenta	7.00	9.00	8.00	9.00

Los gráficos de la **figura 29**, muestran la variación temporal de las concentraciones de **Ca** en las tres rumas. Hasta los cuatro primeros registros, todas las rumas (incluido el testigo) tienen comportamiento casi constante. Hacia el quinto registro la ruma 1 asciende hasta 455896.93 mg/kg para luego en el sexto descender, luego tomó un impulso en tránsito hacia el séptimo en la que registro el valor más alto del proceso de compostaje con 835820.90 mg/kg. La ruma 2, del cuarto hacia el sexto registro ascendió moderadamente para luego descender hasta el valor más bajo de su performance en el séptimo registro, después volvería a dar un gran salto de ascenso hacia el octavo registro para finalmente descender en el noveno registro. En la ruma testigo, la

presencia de éste macronutriente fue muy pobre o escaso, denotando que la actividad microbiana fue mucho menor que en las controladas debido al deficiente manejo del proceso en lo que consumida más de lo que producía este macronutriente, culminando el proceso con el mísero valor de 26547.00 mg/kg.

Figura 70.

Gráficos de las concentraciones de Ca (mg/kg) en todas las rumas del proceso de compostaje

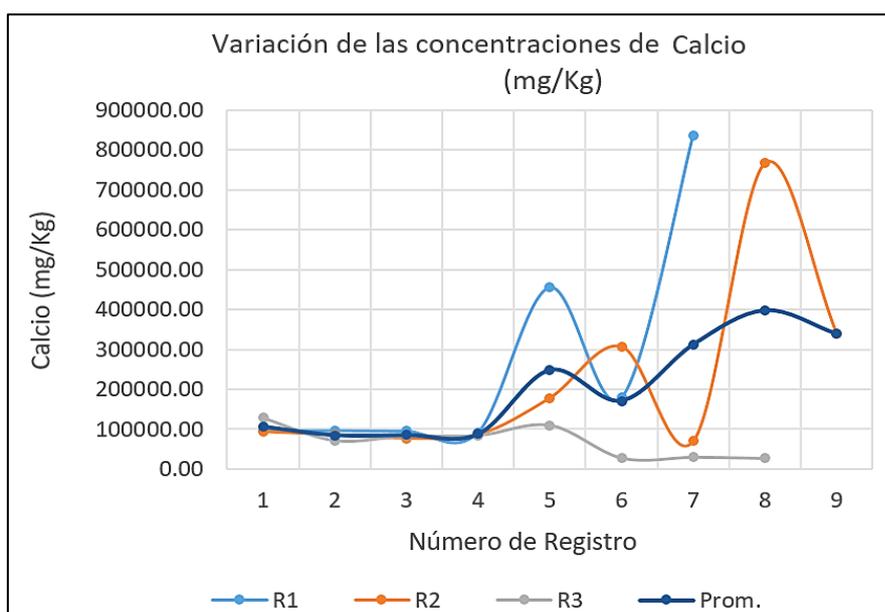
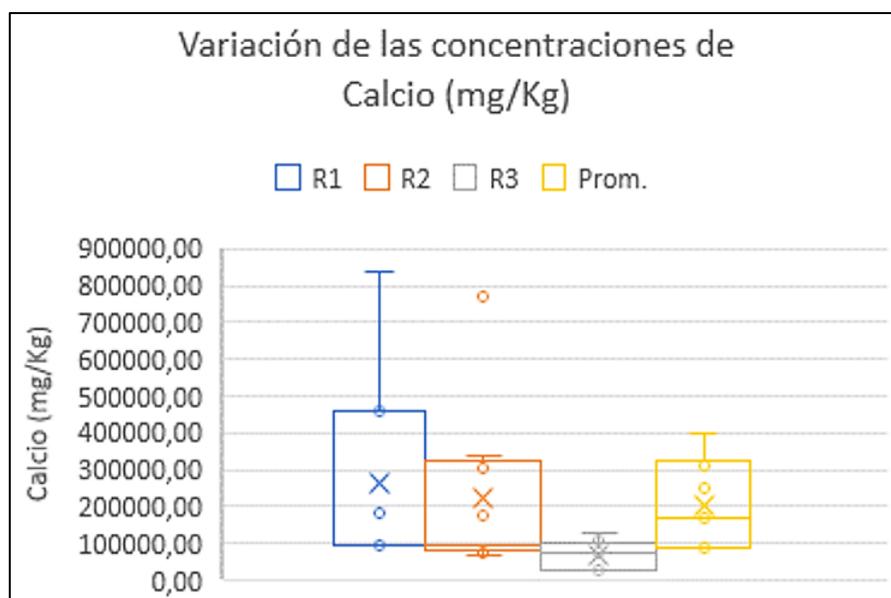


Figura 73.

Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Ca (mg/kg) en compost.



El gráfico de la **figura 30**, de cajas y bigotes, muestra el comportamiento de la distribución de los valores de la concentración de **Ca** (mg/kg) y los estadísticos de tendencia central y dispersión en todas las rumas. Se observa en la ruma 2 un valor alto (outlier), que es mayor a 1.5 veces el valor del rango intercuartil más allá de los cuartiles. Las rumas 1 y 2 presentaron valores de concentración con una alta dispersión de datos que se encuentran por encima de la mediana. La ruma testigo muestra valores de menor dispersión de datos, acumulados por debajo de las concentraciones presentadas en las rumas controladas.

En el **cuadro 35**, se muestra el resultado del análisis de varianza (ANOVA unifactorial) que determina las diferencias significativas entre las medias de los resultados de la concentración de **Ca** respecto al conjunto de procesos en las rumas y el manejo en cada una de ellas, los cuales influyeron en la presencia y comportamiento de este macronutriente.

Cuadro 99.

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) – concentración de Ca.

Análisis de varianza						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad p-valor	Valor crítico para F
Entre grupos	6846122436.67	1.00	6846122436.67	0.11	0.75	4.60
Dentro de los grupos	904449833494.67	14.00	64603559535.33			
Total	911295955931.35	15.00				

El análisis fue realizado a un nivel de confianza de 95%, el p-valor obtenido es mayor a 0.05, por tanto, no se rechaza la H_0 ($\mu_1=\mu_2=\mu_3$); es decir, es altamente probable que no hayan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **Ca** en el manejo de las 3 rumas. Se ha probado la hipótesis de que, las medias de las concentraciones de **Ca** (mg/kg) son iguales.

Fósforo (P) en compost

En el **cuadro 36**, se presentan valores promedio de concentraciones del **macronutriente Fósforo (P) total** en cada una de las tres rumas, siendo la ruma 3 la testigo. Entre las rumas controladas el menor valor individual 795.23

mg/kg estuvo en la ruma 1, y el mayor valor individual 16691.44 mg/kg estuvo en la ruma 2, y a la postre también sería el más alto valor al final del proceso. Los valores de las concentraciones extremas de **P** en la ruma testigo estuvieron dentro del intervalo de las rumas controladas.

Cuadro 102.

Concentraciones de P (mg/kg) en el proceso de compostaje.

R1	R2	R3	Promedio
15718.35	16691.44	7677.16	13362.32
14257.23	6735.50	583.99	7192.24
795.23	7497.75	7539.84	5277.61
7839.44	6330.36	4690.00	6286.60
4558.97	1520.48	10279.44	5452.96
8500.00	1950.05	6586.83	5678.96
4075.55	5383.85	5100.00	4853.13
3283.58	2165.67	5043.00	3497.42
	7868.53	5384.00	6626.27
		5478.00	

En el **cuadro 37**, presentado en la página siguiente, se describen los parámetros estadísticos de las concentraciones de **P**. Entre las rumas controladas, el menor valor de la media estuvo en la ruma 2 y el de mayor valor en la ruma 1, aunque en la ruma 3 control (blanco) estuvo el menor valor entre todos con 5836.23 mg/kg. Las medianas se encuentran en el rango de 6199.21 a 6330.36 mg/kg, y la ruma testigo 5431.00 mg/kg por debajo del valor de las rumas controladas. Las desviaciones estándar obtenidas muestran que hubo una amplia dispersión de datos en torno a la media, considerando que las concentraciones halladas son altas. Este parámetro tiene menor en la ruma 3.

La medida estadística curtosis de la ruma 1 resultó ser negativa ($C_k < 0$, platicúrtica) configurando una ligera distribución de datos hacia los extremos. La curtosis de la ruma 1 y de la ruma testigo fueron positivas ($C_k > 0$, leptocúrtica), con una distribución normal con un pico leve.

Cuadro 105.

Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de P en compost y en cada ruma del proceso de compostaje.

Parámetro	R1	R2	R3	Promedio
Media	7378.54	6238.18	5836.23	6469.72
Mediana	6199.21	6330.36	5431.00	5678.96
Desviación estándar (S)	5309.12	4633.18	2516.63	2797.68
Varianza de la muestra (S ²)	28186756.31	21466374.54	6333420.35	7827016.56
Curtosis (Ck)	-0.83	3.02	2.05	5.68
Coefficiente de asimetría (A)	0.63	1.45	-0.42	2.16
Rango	14923.12	15170.96	9695.45	9864.90
Mínimo	795.23	1520.48	583.99	3497.42
Máximo	15718.35	16691.44	10279.44	13362.32
Cuenta	8.00	9.00	10.00	9.00

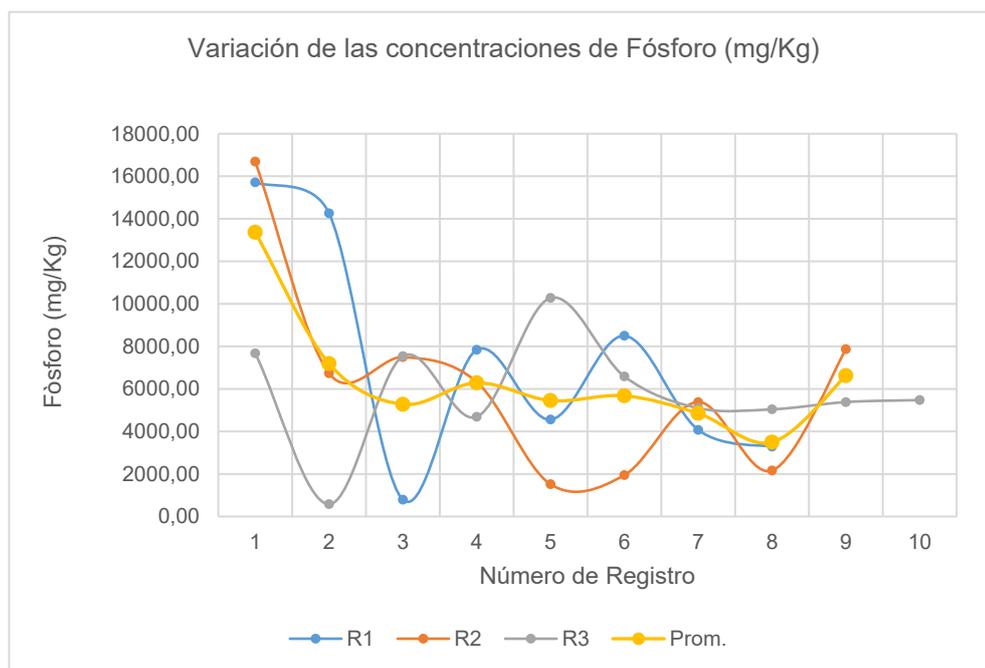
El coeficiente de simetría resultó positivo ($A > 0$) para ambas rumas controladas, revelando una ligera acumulación de valores por encima de la media y configurando una cola de distribución hacia la derecha. La ruma testigo presentó una asimetría negativa ($A < 0$); es decir, los valores se encontraron alejados y por debajo de la media, configurando una cola de distribución hacia la izquierda. Los valores mínimos fluctúan entre 795.23 y 1520.48 mg/kg, aunque el menor valor lo consignó la ruma testigo con 583.99 mg/kg. Los valores máximos están en el rango de 15718.35 a 16691.44; la ruma testigo tuvo el valor máximo de 10279.44 mg/kg. Al final del proceso, la ruma 2 presentó el valor más alto con 7868.53 mg/kg, seguido por los valores de las rumas 3 y 1.

Los gráficos de la **figura 31**, muestran la variación temporal de las concentraciones de P en las tres rumas. En las tres rumas el primer registro fue el más alto, así en la 1, del primer al tercer registro se nota que la concentración de P tiene un descenso brusco hasta el valor de 795.23 mg/kg que entre las rumas controladas fue el más bajo del proceso, aunque el más bajo del proceso

estuvo en la ruma 3 con 583.99 mg/kg., luego la ruma 1, según se observa su trayectoria gráfica ascendió y descendió en dos ocasiones en el transito del tercer registro al octavo registro en el que culminó con el menor valor en todo el proceso con 3283.58 mg/kg.

Figura 76.

Gráficos de las concentraciones de P (mg/kg) en todas las rumas del proceso de compostaje.



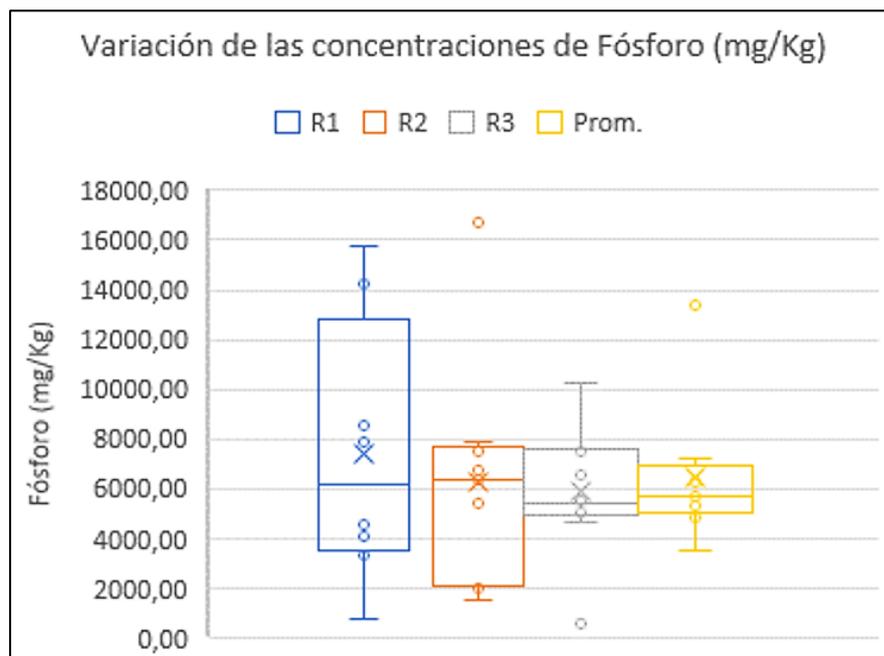
La ruma 2, tuvo un descenso del mayor valor al inicio del proceso en el primer registro, descendió progresivamente hasta el nivel más bajo en el quinto registro con 1520.48 mg/kg para luego ascender y descender, y culminar el proceso comparativamente, con el mayor valor entre todas las rumas con 7868.53 mg/kg. El comportamiento de la ruma testigo, de similar manera que en las controladas fue decreciente desde el primer registro. Desde el tercer registro sus oscilaciones fueron regulares hasta finalizar el proceso, diseñando un comportamiento estable desde el séptimo registro.

El gráfico de la **figura 32**, de cajas y bigotes, muestra el comportamiento de la distribución de los valores de la concentración de **P** (mg/kg) y los estadísticos de tendencia central y dispersión en todas las rumas. Se observa en la ruma 2 un valor atípico extremo (outlier), que es mayor a 1.5 veces el valor del rango intercuartil más allá de los cuartiles. Las rumas 2 y 3 presentaron valores de

concentración relativamente homogéneos durante el proceso, en la que se nota mucha menor dispersión en la ruma testigo. También se notó que, en la ruma 1 hubo la mayor dispersión de datos, cerca al 50% con valores superiores a los de las rumas 2 y 3.

Figura 79.

Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de P (mg/kg) en compost.



En el **cuadro 38**, se muestra el resultado del análisis de varianza (ANOVA unifactorial) que determina las diferencias significativas entre las medias de los resultados de la concentración de **P** respecto al conjunto de procesos en las rumas y el manejo en cada una de ellas, los cuales influyeron en la presencia y comportamiento de este macronutriente.

Cuadro 108.

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) – concentración de P.

Análisis de varianza						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad p-valor	Valor crítico para F
Entre grupos	5507690.60	1.00	5507690.60	0.22	0.64	4.54
Dentro de los grupos	369038290.48	15.00	24602552.70			
Total	374545981.09	16.00				

El análisis fue realizado a un nivel de confianza de 95%, el p-valor obtenido es mayor a 0.05, por tanto, no se rechaza la H_0 ($u_1=u_2=u_3$); es decir, es altamente probable que no hayan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **P** en el manejo de las 3 rumas. Se ha probado la hipótesis de que, las medias de las concentraciones de **P** (mg/kg) son iguales.

Potasio (K) en compost

En el **cuadro 39**, se presentan valores promedio de concentraciones del **macronutriente Potasio (K) total** en cada una de las tres rumas, siendo la ruma 3 la testigo. Entre las rumas controladas el mayor valor individual **71713.15 mg/kg** estuvo en la ruma 2, constituyéndose en el valor más alto al final de todo el proceso; y el menor valor 20937.19 mg/kg, estuvo en la ruma 1, en el segundo registro. Los valores de las concentraciones extremas de **K** en la ruma testigo fueron notablemente más bajas que en las rumas controladas.

Cuadro 111.

Concentraciones de K (mg/kg) en el proceso de compostaje.

R1	R2	R3	Promedio
20999.01	21243.51	7578.74	16607.09
20937.19	51622.42	3249.07	25269.56
55566.60	32290.31	4671.15	30842.69
45094.15	42433.23	3330.00	30285.79
52824.58	52970.30	5000.00	36931.63
82504.97	51980.20	6200.00	46895.06
70149.25	53240.28	7410.00	43599.84
	54890.22	7234.21	31062.22
	71713.15		71713.15

En el **cuadro 40**, se describen los parámetros estadísticos de las concentraciones de **K**. Entre las rumas controladas, el menor valor de la media estuvo en la ruma 2 y el de mayor valor 49725.11 mg/kg en la ruma 1. El menor valor absoluto y de lejos estuvo en la ruma testigo con solo 5584.15 mg/kg.

Cuadro 114.

Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de K en compost y en cada ruma del proceso de compostaje.

Parámetro	R1	R2	R3	Promedio
Media	49725.11	48042.62	5584.15	37023.00
Mediana	52824.58	51980.20	5600.00	31062.22
Desviación estándar (S)	23132.85	14511.18	1777.75	15883.16
Varianza de la muestra (S ²)	535128897.62	210574205.44	3160382.54	252274660.08
Curtosis (Ck)	-1.00	0.84	-1.78	2.40
Coefficiente de asimetría (A)	-0.07	-0.49	-0.22	1.29
Rango	61567.78	50469.64	4329.67	55106.06
Mínimo	20937.19	21243.51	3249.07	16607.09
Máximo	82504.97	71713.15	7578.74	71713.15
Cuenta	7.00	9.00	8.00	9.00

Las medianas se encuentran en el rango de 51980.20 a 52824.58 mg/kg, y la ruma testigo 5600.00 mg/kg muy por debajo del valor de las rumas controladas. Las desviaciones estándar obtenidas muestran que hubo una amplia dispersión de datos en torno a la media, considerando que las concentraciones halladas son altas. Este parámetro tiene el mayor valor en la ruma 1.

La medida estadística curtosis de la ruma 1 resultó ser negativa ($Ck < 0$, platicúrtica) configurando una ligera distribución normal de datos hacia los extremos. Igual configuración tuvo las concentraciones de K en la ruma 3. La curtosis de la ruma 2 fue positivo ($Ck > 0$, leptocúrtica), con una distribución normal con un pico leve.

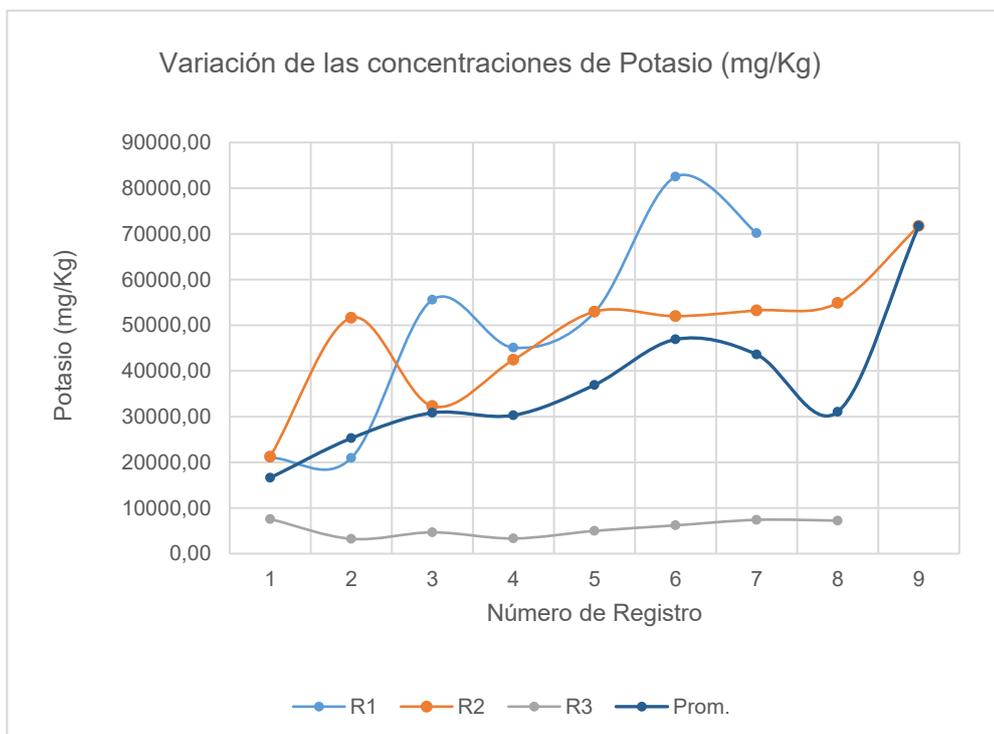
El indicador estadístico simetría, en las tres rumas resultó ser con asimetría negativa ($A < 0$); es decir, los valores se encontraron alejados y por debajo de la media, configurando una cola de distribución hacia la izquierda. Los valores mínimos fluctuaron entre 20937.19 y 21243.51 mg/kg, aunque el menor valor absoluto la consignó la ruma testigo con 3249.07 mg/kg. Los valores máximos se movilizaron en el rango de 71713.15 a 82504.97 mg/Kg, notándose que la

ruma 3 en este parámetro también tuvo el menor valor de solo 7578.74 mg/kg. Al final del proceso, la ruma 2 presentó el valor más alto con 71713.15 mg/kg, seguido por los valores de las rumas 1 y 3.

Los gráficos de la **figura 33**, muestran la variación temporal de las concentraciones de **K** en las tres rumas. En las dos rumas controladas se observa que pese a los altibajos oscilantes de las concentraciones de K éstas tienen tendencia creciente. En la ruma 1 existen dos picos de crecimiento en el tercer y sexto registro, terminado el proceso en el séptimo registro con 70149.25 mg/kg.

Figura 82.

Gráficos de las concentraciones de K (mg/kg) en todas las rumas del proceso de compostaje

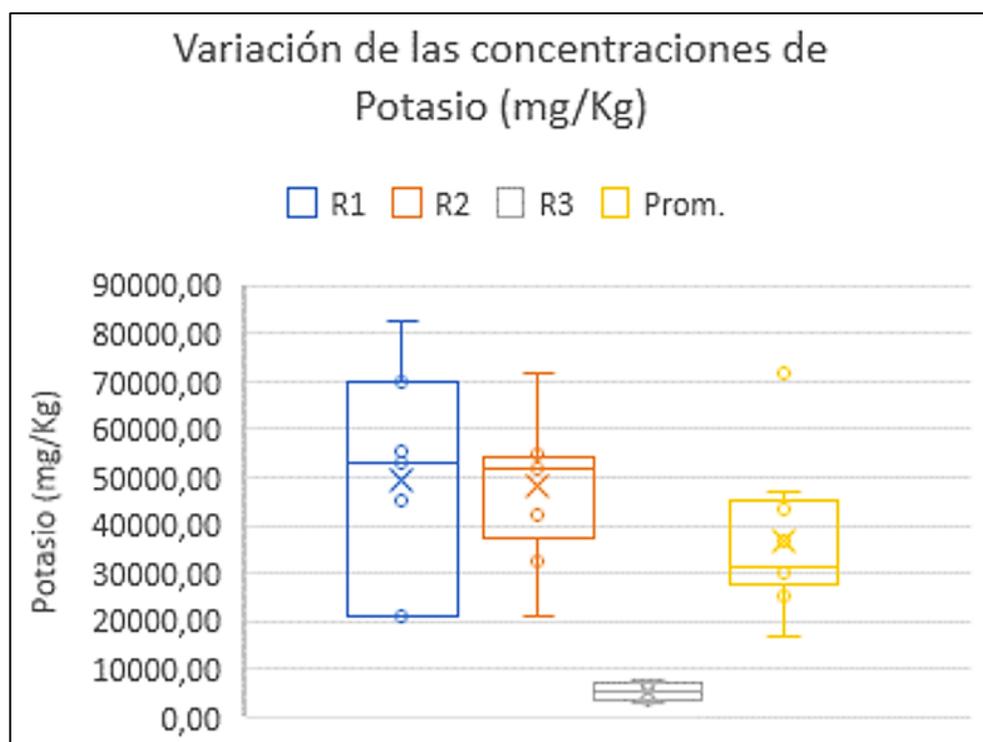


La ruma 2, presenta también dos picos pero moderados en el segundo y quinto registro, luego hasta el octavo dibuja una trayectoria regular para finalmente dar un salto en el noveno y terminar con el valor más alto de todo el proceso 71713.15 mg/kg. En las dos rumas controladas se notó una mejor actividad microbiana al descomponer y mineralizar los residuos sólidos orgánicos. En la ruma testigo, la presencia del K fue mucho menor y con regularidad en todo el proceso, siendo su valor más alto en el registro 1 con 7578.74 mg/kg.

El gráfico de la **figura 34**, de cajas y bigotes, muestra el comportamiento de la distribución de los valores de la concentración de **K** (mg/kg) y los estadísticos de tendencia central y dispersión en todas las rumas. Se observa en la ruma 1 la mayor dispersión de datos, los cuales se distribuyen en su mayoría, dentro del 50% inferior a la mediana. La ruma 2 muestra comparativamente los valores con más homogeneidad y menor dispersión entre las rumas controladas, aunque de similar manera que en la ruma 1 los datos se distribuyeron en su mayoría dentro del 50% inferior a la mediana. Las menores concentraciones de **K** tanto en distribución como en dispersión estuvieron en la ruma testigo, pero con valores muy bajos.

Figura 85.

Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de K (mg/kg) en compost.



En el **cuadro 41**, se muestra el resultado del análisis de varianza (ANOVA unifactorial) que determina las diferencias significativas entre las medias de los resultados de la concentración de **K** respecto al conjunto de procesos en las rumas y el manejo en cada una de ellas, los cuales influyeron en la presencia y comportamiento de este macronutriente.

Cuadro 117.

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) – concentración de K.

Análisis de varianza						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad p-valor	Valor crítico para F
Entre grupos	11146070.37	1.00	11146070.37	0.03	0.86	4.60
Dentro de los grupos	4895367029.21	14.00	349669073.52			
Total	4906513099.58	15.00				

El análisis fue realizado a un nivel de confianza de 95%, el p-valor obtenido es mayor a 0.05, por tanto, no se rechaza la H_0 ($\mu_1=\mu_2=\mu_3$); es decir, es altamente probable que no hayan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **K** en el manejo de las 3 rumas. Se ha probado la hipótesis de que, las medias de las concentraciones de **K** (mg/kg) son iguales.

Al final de esta sección de macronutrientes, se infiere que, la mejor y determinante tendencia es que, las concentraciones de **N, Ca, P, y K** fueron mayores y mejores en las dos rumas controladas.

Micronutrientes

Manganeso (Mn) en compost

En el **cuadro 42**, se presentan valores promedio de concentraciones del **micronutriente Manganeso (Mn) total** en cada una de las tres rumas, incluyendo la ruma 3 (testigo). En las rumas controladas, los mayores valores de concentración de Mn estuvieron en la ruma 1 con 144.71 y 136.59 mg/kg respectivamente; y el menor valor estuvo en la ruma 1 con solo 7.74 mg/kg. La ruma testigo presentó los equivalentes valores extremos dentro de los valores del intervalo de las rumas controladas. También, se reveló que, al final del proceso el valor más alto estuvo en la ruma 1 con 42.79 mg/kg; mientras que en la ruma testigo su proceso terminó con el más alto valor absoluto 54.10 mg/kg.

Cuadro 120.

Concentraciones de Mn (mg/kg) en el proceso de compostaje.

R1	R2	R3	Promedio
7.74	22.74	25.34	18.61
19.20	51.23	25.34	31.92
44.83	67.89	40.07	50.93
25.92	54.94	12.36	31.07
59.97	39.96	39.05	46.33
32.45	53.23	44.00	43.23
144.71	48.23	105.00	99.31
136.59	46.71	130.31	104.54
30.72	135.64	66.80	77.72
45.73	135.00	34.93	71.89
37.77	29.91	52.84	40.17
42.79	31.94	49.00	41.24
	9.87	24.85	17.36
		77.61	77.61
		76.92	76.92
		54.10	54.10

En el **cuadro 43**, observado en la página siguiente, se describen los parámetros estadísticos de las concentraciones de **Mn**. El menor valor de la media estuvo en la ruma 1 y el de mayor valor en la ruma 2. La ruma 3 de control (blanco) presentó el valor de 53.66 mg/kg, por debajo del valor más alto el de las rumas tratadas. Las medianas se encuentran en el rango de 40.28 a 48.23 mg/kg, y la ruma testigo tiene la mediana de 46.50 mg/kg por debajo del valor de la ruma 2 y por encima de la ruma 1.

Las desviaciones estándar obtenidas muestran que existe una amplia dispersión de datos con respecto a la media, siendo mayor en la ruma 1, seguida de la ruma 2 y de la ruma 3. El valor de la curtosis en las tres rumas fue positivo ($C_k > 0$, leptocúrtica), generando una distribución normal con ligeros picos. El coeficiente de simetría, tanto en las rumas controladas como en la testigo fue positivo ($A > 0$), revelando una ligera acumulación de valores cercana y por encima de la media, configurando una cola de distribución hacia la derecha. Los valores mínimos estuvieron en el intervalo entre 7.74 y 9.87

mg/Kg, notándose que el mínimo de la ruma testigo estuvo fuera del intervalo anterior, siendo el más alto con 12.36 mg/kg. Los valores máximos se movilizaron en el rango de 135.64 a 144.71 mg/Kg. Al finalizar el proceso, se observó que la ruma 3 presentó el valor más alto en concentración de **Mn** (54.10 mg/kg), seguido del valor de la ruma 1 con 42.79 mg/kg. Es importante considerar que, el tiempo de duración del proceso de compostaje puede influenciar en las variaciones de concentración de los micronutrientes y por consiguiente en su disponibilidad.

Cuadro 123.

Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Mn en compost y en cada ruma del proceso de compostaje.

Parámetro	R1	R2	R3	Promedio
Media	52.37	55.95	53.66	55.18
Mediana	40.28	48.23	46.50	48.63
Desviación estándar (S)	43.42	38.36	31.41	26.70
Varianza de la muestra (S ²)	1885.50	1471.18	986.86	713.11
Curtosis (Ck)	1.69	1.55	1.12	-0.75
Coefficiente de asimetría (A)	1.62	1.45	1.13	0.42
Rango	136.97	125.77	117.95	87.18
Mínimo	7.74	9.87	12.36	17.36
Máximo	144.71	135.64	130.31	104.54
Cuenta	12.00	13.00	16.00	16.00

Los gráficos de la **figura 35**, muestran la variación temporal de las concentraciones de **Mn** en las tres rumas. Las rumas 1 y 3, con ligeras diferencias oscilantes tuvieron una trayectoria parecida, habiendo alcanzado a contener la mayor concentración de Mn entre el sexto y octavo registro, entre los cuales se produjo el mayor valor de todo el proceso en la ruma 1 con 144.71 mg/kg en el séptimo registro, que no debe confundirse con los valores registrados al final del proceso. En la ruma 2, también la concentración de Mn tuvo un recorrido similar, aunque poco después, habiendo registrado su máximo valor de 135.64 mg/kg en el noveno registro. Al final del proceso, la ruma 3 fue la que contuvo la mayor cantidad de Mn con 54.10 mg/kg.

Figura 88.

Gráficos de las concentraciones de Mn (mg/kg) en todas las rumas del proceso de compostaje

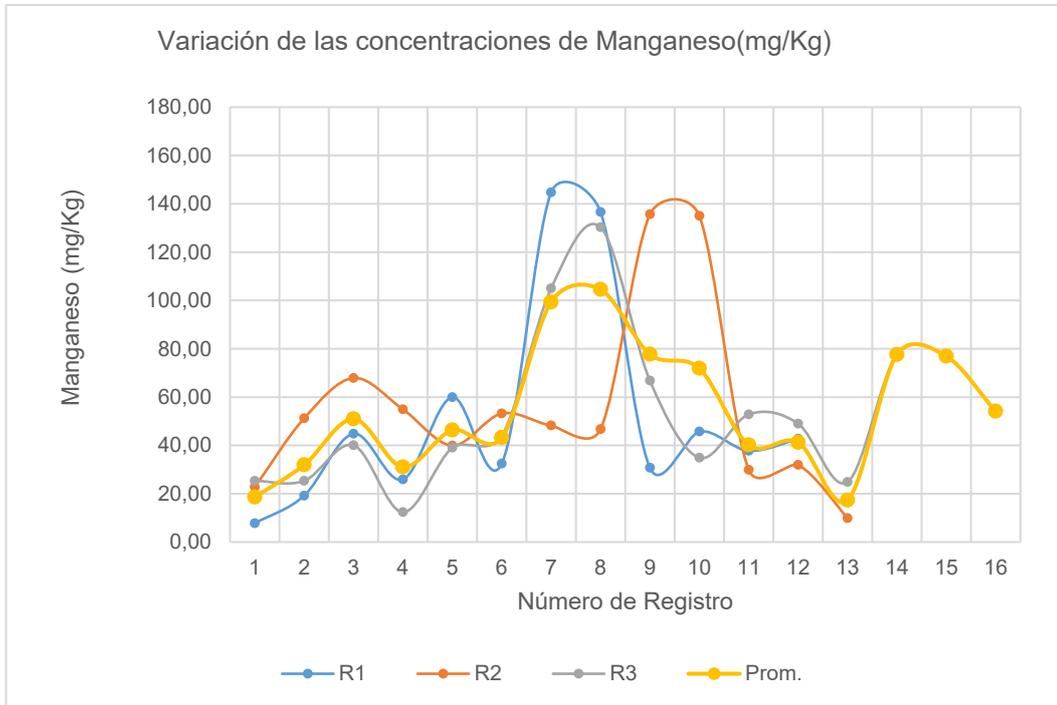
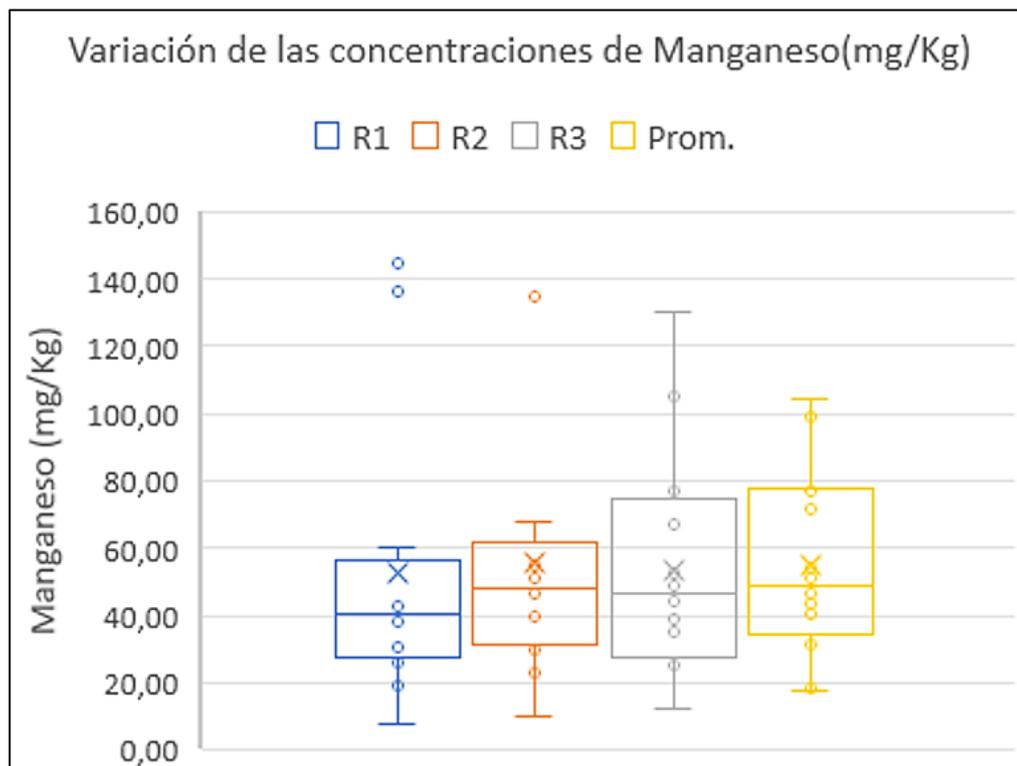


Figura 91.

Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Mn (mg/kg) en compost.



El gráfico de la **figura 36**, de cajas y bigotes, muestra el comportamiento de la distribución de los valores de la concentración de **Mn** (mg/kg) y los estadísticos de tendencia central y dispersión en todas las rumas. Se observaron en las rumas 1 y 2 valores atípicos extremos (outliers: valores excepcionalmente lejanos de la media, que, en la mayoría de los casos, tienen influencia solo en la media, pero no en la mediana o la moda). La ruma 2 mostró comparativamente mayor concentración de datos que la ruma testigo y esta última mostró la mayor dispersión.

En el **cuadro 44**, se muestra el resultado del análisis de varianza (ANOVA unifactorial) que determina las diferencias significativas entre las medias de los resultados de la concentración de **Mn** respecto al conjunto de procesos en las rumas y el manejo en cada una de ellas, los cuales influyeron en la presencia y comportamiento de este micronutriente.

Cuadro 126.

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) – concentración de Mn.

Análisis de varianza						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad p-valor	Valor crítico para F
Entre grupos	79.84	1.00	79.84	0.05	0.83	4.28
Dentro de los grupos	38394.69	23.00	1669.33			
Total	38474.53	24.00				

El análisis fue realizado a un nivel de confianza de 95%, el p-valor obtenido es mayor a 0.05, por tanto, no se rechaza la H_0 ($\mu_1=\mu_2=\mu_3$); es decir, es altamente probable que no hayan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **Mn** en el manejo de las 3 rumas. Se ha probado la hipótesis de que, las medias de las concentraciones de **Mn** (mg/kg) son iguales.

Cobre (Cu) en compost

En el **cuadro 45**, se presentan valores promedio de concentraciones del **micronutriente Cobre (Cu) total** en cada una de las tres rumas, incluyendo la ruma 3 (testigo). En este caso particular, no se detectaron valores de la

concentración de **Cu** en las rumas 1 y 3 (testigo). La ruma 2, en el quinto registro consignó el valor individual más bajo con 41.32 mg/kg y en el octavo el valor individual más alto con 98.91 mg/kg, aunque al final del proceso de igual que en las otras rumas el valor final de la concentración de Cu fue cero (00.00 mg/kg).

Cuadro 129.

Concentraciones de Cu (mg/kg) en el proceso de compostaje.

R1	R2	R3	Promedio
0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	48.23	0.00	16.08
0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	41.32	0.00	13.77
0.00	78.66	0.00	26.22
0.00	59.98	0.00	19.99
0.00	98.91	0.00	32.97
0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00
		0.00	0.00
		0.00	0.00

En el **cuadro 46**, mostrado en la página siguiente, se describen los parámetros estadísticos de las concentraciones de **Cu**. El análisis se limitó solo a los valores de la ruma 2. Ésta mostró para la media el valor de 25.16 mg/kg. En las rumas 1 y 3 las concentraciones de **Cu** casi fueron imperceptibles o sea por debajo del límite de detección del método de análisis. La mediana de la ruma 2 fue 0.00 mg/Kg. La desviación estándar obtenida mostró que existió una amplia dispersión de los datos respecto a la media.

Cuadro 132.

Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Cu en compost y en cada ruma del proceso de compostaje.

Parámetro	R1	R2	R3	Promedio
Media	0.00	25.16	0.00	6.81
Mediana	0.00	0.00	0.00	0.00
Desviación estándar (S)	0.00	35.79	0.00	11.19
Varianza de la muestra (S ²)	0.00	1280.94	0.00	125.29
Curtosis (Ck)	ND	-0.33	ND	0.57
Coefficiente de asimetría (A)	ND	1.04	ND	1.37
Rango	0.00	98.91	0.00	32.97
Mínimo	0.00	0.00	0.00	0.00
Máximo	0.00	98.91	0.00	32.97
Cuenta	12.00	13.00	16.00	16.00

El valor de la curtosis fue negativo ($Ck < 0$, platicúrtica), generando una distribución platicúrtica con menor concentración de datos en torno a la media o sea distribuyendo los datos más hacia los extremos. El coeficiente de simetría fue positivo ($A > 0$), revelando una ligera acumulación de valores cercana y por encima de la media, configurando una cola de distribución hacia la derecha. El valor mínimo fue 0.00 mg/Kg y el valor máximo 98.91 mg/kg. Al finalizar el proceso, se observó que en ninguna de las rumas (incluido la testigo) se detectaron concentraciones medibles de **Cu** (00.0 mg/kg).

Los gráficos de la **figura 37**, muestran la variación temporal de las concentraciones de **Cu** en la ruma 2. Se observan hasta tres picos, el primero muy pronto en el registro 2, luego en el sexto registro y finalmente en el octavo, estas concentraciones no fueron consistentes ni sostenidas en el tiempo, porque al llegar al final del proceso tales valores descendieron hasta niveles por debajo de detección del método. Estas variaciones pudieron ser efectos del desarrollo del proceso con exceso de lixiviados o por los procedimientos usados en los muestreos; ello, se deduce porque si hubo una tendencia de incremento entre el cuarto y octavo registro ¿qué sucedió al final?

Figura 94.

Gráficos de las concentraciones de Cu (mg/kg) en todas las rumas del proceso de compostaje.

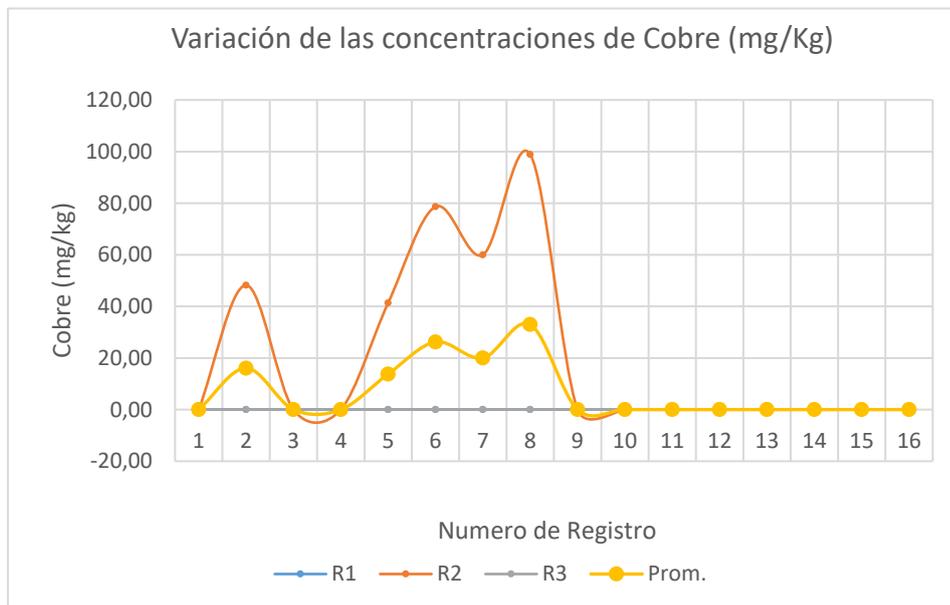
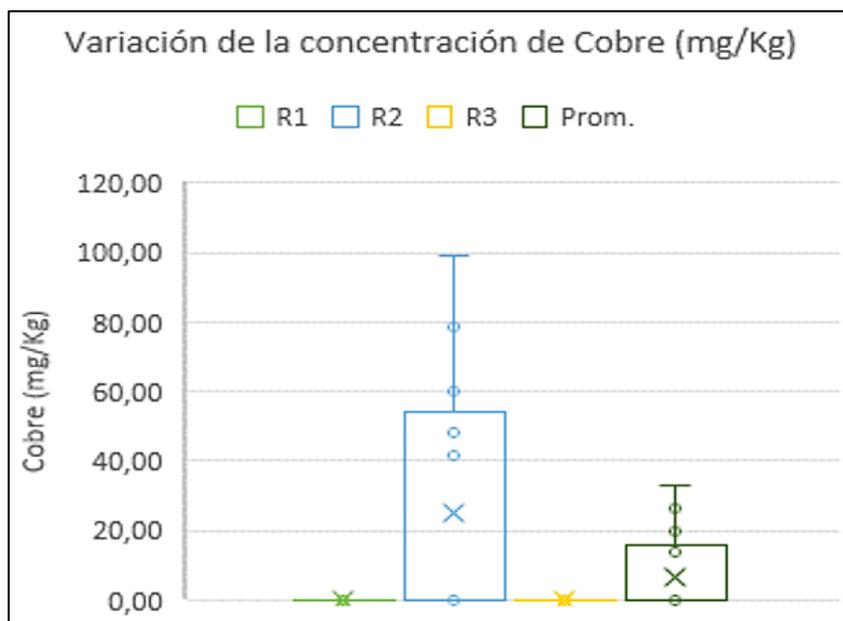


Figura 97.

Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Cu (mg/kg) en compost.



El gráfico de la **figura 38**, de cajas y bigotes, muestra el comportamiento de la distribución de los valores de la concentración de **Cu** (mg/kg) y los estadísticos de tendencia central y dispersión en todas las rumas.

Se observó que, la dispersión de los datos de la concentración de **Cu** en la ruma 2, tiene como referente el valor cero para la mediana, indicando que el 50 % de los datos es 0.00 mg/Kg, y que los datos restantes son diferentes de cero pero poseen una amplia dispersión.

En el **cuadro 47**, se muestra el resultado del análisis de varianza (ANOVA unifactorial) que determina las diferencias significativas entre las medias de los resultados de la concentración de **Cu** respecto al conjunto de procesos en las rumas y el manejo en cada una de ellas, los cuales influyeron en la presencia y comportamiento de este micronutriente.

Cuadro 135.

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) – concentración de Cu.

Análisis de varianza						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F Calculado	Probabilidad p-valor	Valor crítico para F
Entre grupos	3950.56	1.00	3950.56	5.91	0.02	4.28
Dentro de los grupos	15371.32	23.00	668.32			
Total	19321.88	24.00				

En el análisis realizado a un nivel de confianza de 95%, el p-valor obtenido es menor a 0.05. En la prueba de hipótesis, entre los grupos de rumas, el F calculado es mayor que el F crítico ($5.91 > 4.28$). Por tanto, se rechaza la H_0 ($\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$); es decir, es altamente probable que existan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **Cu** debido a los tratamientos realizados. Se ha probado la hipótesis de que, las medias de las concentraciones de **Cu** (mg/kg) no son iguales.

Hierro (Fe) en compost

En el **cuadro 48**, se presentan valores promedio de concentraciones del **micronutriente Hierro (Fe) total** en cada una de las tres rumas, incluyendo la ruma 3 (testigo). Entre las rumas controladas, el mayor valor de concentración de **Fe** estuvo en la ruma 1, en el cuarto registro con 501.49 mg/kg y el de menor

valor también estuvo en la misma ruma en el séptimo registro con 74.85 mg/kg. En la ruma testigo estuvo el máximo extremo superior del proceso con 565 mg/kg, siendo su valor más bajo 127.34 mg/kg. Al final del proceso, entre las controladas, en la ruma 1 también fue registrado el máximo valor con 370 mg/kg. Aunque, el más alto valor absoluto estuvo en la ruma testigo con 380.48 mg/kg.

Cuadro 138.

Concentraciones de Fe (mg/kg) en el proceso de compostaje.

R1	R2	R3	Promedio
224.37	2510.88	239.28	991.51
255.11	475.13	238.14	322.79
471.73	417.13	461.32	450.06
501.49	491.51	376.97	456.66
445.33	426.57	565.12	479.01
426.16	404.13	375.00	401.76
74.85	430.87	129.00	211.57
112.66	401.58	127.34	213.86
414.27	100.99	336.99	284.08
421.47	130.00	423.15	324.87
412.52	439.68	382.85	411.68
370.15	420.16	434.00	408.10
	297.81	384.69	341.25
		329.35	329.35
		424.57	424.57
		380.48	380.48

En el **cuadro 49**, presentado en la siguiente página, se describen los parámetros estadísticos de las concentraciones de **Fe**. Entre las rumas controladas, el menor valor de la media estuvo en la ruma 1 y el mayor valor en la ruma 2, aunque el valor más alto estuvo en la ruma control con 350.52 mg/kg. Las medianas se encuentran en el rango de 413.40 a 420.16 mg/kg, y la ruma testigo tuvo la mediana de 378.73 mg/kg por debajo del valor de las rumas controladas. Las desviaciones estándar obtenidas muestran que existe una

amplia dispersión de datos con respecto a la media, siendo mayor en la ruma 2, seguida de la ruma 1.

Cuadro 141.

Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Fe en compost y en cada ruma del proceso de compostaje.

Parámetro	R1	R2	R3	Promedio
Media	344.18	534.34	350.52	401.98
Mediana	413.40	420.16	378.73	391.12
Desviación estándar (S)	142.26	606.35	116.90	176.37
Varianza de la muestra (S ²)	20238.79	367659.68	13665.45	31107.13
Curtosis (Ck)	-0.37	11.71	0.34	9.03
Coefficiente de asimetría (A)	-0.97	3.34	-0.57	2.62
Rango	426.64	2409.89	437.78	779.94
Mínimo	74.85	100.99	127.34	211.57
Máximo	501.49	2510.88	565.12	991.51
Cuenta	12.00	13.00	16.00	16.00

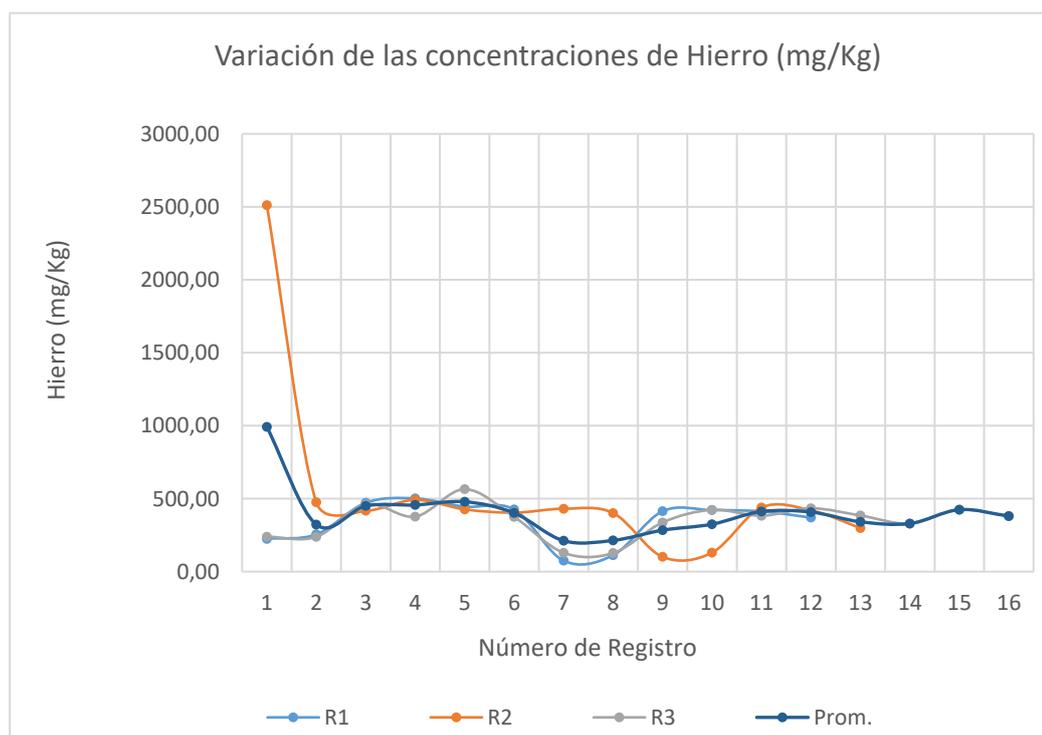
El valor de la curtosis en la ruma 1 fue negativo ($Ck < 0$, platicúrtica), generando una distribución platicúrtica con menor concentración de datos en torno a la media o sea distribuyendo los datos más hacia los extremos. El valor de la curtosis en la ruma 2 y 3 fueron positivos ($Ck > 0$, leptocúrtica), generando una distribución normal con ligeros picos. El coeficiente de simetría, tanto en las rumas 1 y 3 fue negativa ($A < 0$); es decir, los valores se encentraron alejados y por debajo de la media, configurando una cola de distribución hacia la izquierda; mientras que, en la ruma 2, la asimetría fue positivo ($A > 0$), revelando una ligera acumulación de valores cercana y por encima de la media, configurando una cola de distribución hacia la derecha. Los valores mínimos estuvieron entre 74.85 y 100.99 mg/Kg, notándose que el mínimo de la ruma testigo estuvo fuera del intervalo anterior, siendo su valor más alto con 127.34 mg/kg. Los valores máximos se movilizaron en el rango de 501.49 a 2510.88 mg/Kg., estando el valor de la ruma 3 en ese intervalo.

Al finalizar el proceso, se observó que la ruma 3 (testigo) presentó el valor más alto en concentración de **Fe** (380.48 mg/kg), seguido del valor de la ruma 1 con 370.15 mg/kg. Es importante considerar que, el tiempo de duración del proceso de compostaje puede influenciar en las variaciones de concentración de los micronutrientes y por consiguiente en su disponibilidad.

Los gráficos de la **figura 39**, muestran la variación temporal de las concentraciones de **Fe** en las tres rumas. En las rumas 1 y 3 (testigo) la concentración de Fe tiene una tendencia similar casi con las mismas oscilaciones aun en los registros 7 y 8, en los que ambos mostraron un descenso marcado, para culminar en tiempos diferentes, la 1 en el registro 12 y la 3 en el registro 16, y ambos con los valores más altos del proceso, siendo el absoluto el valor de la 3 con 380.48 mm/kg seguido de la 1. En la ruma 2 la presencia del **Fe** fue elevada y luego hacia el segundo registro tuvo un decremento notable, para luego, transitar de manera oscilante, teniendo un descenso moderado entre los registros noveno y décimo, para culminar en el registro 13 con un valor de concentración para el **Fe** de 297.81 mg/kg.

Figura 100.

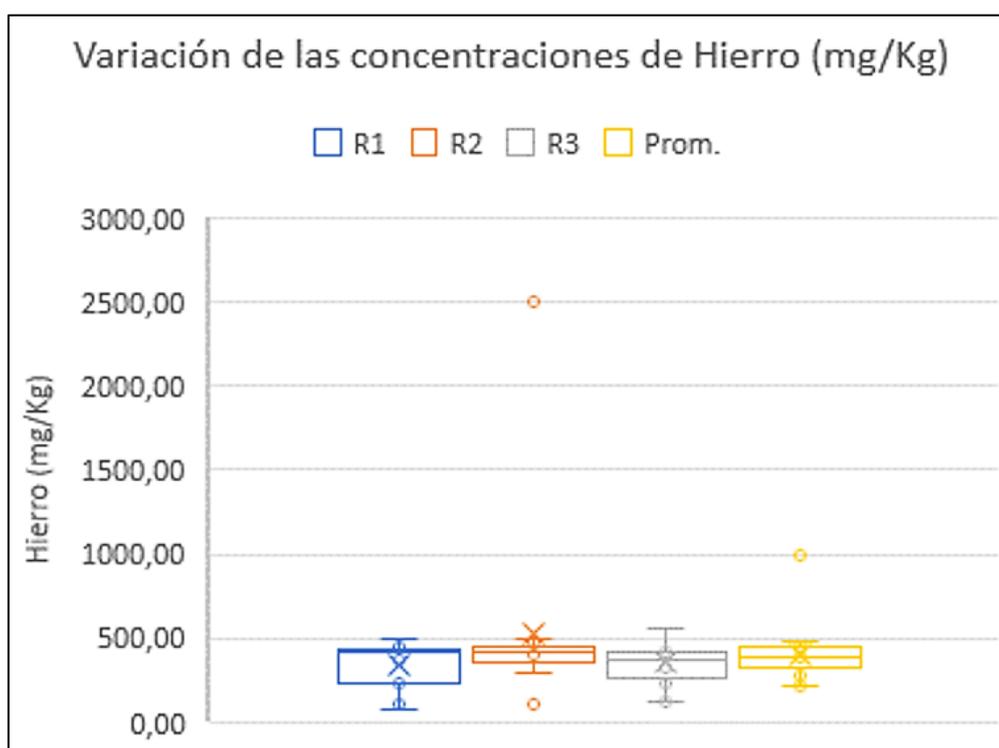
Gráficos de las concentraciones de Fe (mg/kg) en todas las rumas del proceso de compostaje



El gráfico de la **figura 40**, de cajas y bigotes, muestra el comportamiento de la distribución de los valores de la concentración de **Fe** (mg/kg) y los estadísticos de tendencia central y dispersión en todas las rumas. Se observa en la ruma 1 la mayor dispersión de datos, los cuales se distribuyen en su mayoría, dentro del 50% inferior a la mediana. Se observaron en la ruma 2 un valor atípico extremo outlier, valor excepcionalmente lejano de la media, que, en la mayoría de los casos, tienen influencia solo en la media, pero no en la mediana o la moda. En general, la distribución de los datos se encuentra cercana a los 500.00 mg/Kg.

Figura 103.

Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Fe (mg/kg) en compost.



En el **cuadro 50**, se muestra el resultado del análisis de varianza (ANOVA unifactorial) que determina las diferencias significativas entre las medias de los resultados de la concentración de **Fe** respecto al conjunto de procesos en las rumas y el manejo en cada una de ellas, los cuales influyeron en la presencia y comportamiento de este macronutriente.

Cuadro 144.

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) – concentración de Fe.

Análisis de varianza						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad p-valor	Valor crítico para F
Entre grupos	225657.09	1.00	225657.09	1.12	0.30	4.28
Dentro de los grupos	4634542.84	23.00	201501.86			
Total	4860199.93	24.00				

El análisis fue realizado a un nivel de confianza de 95%, el p-valor obtenido es mayor a 0.05, por tanto, no se rechaza la H_0 ($\mu_1=\mu_2=\mu_3$); es decir, es altamente probable que no hayan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **Fe** en el manejo de las 3 rumas. Se ha probado la hipótesis de que, las medias de las concentraciones de **Fe** (mg/kg) son iguales.

Zinc (Zn) en compost

En el **cuadro 51**, mostrado en la página siguiente, se presentan valores promedio de concentraciones del **micronutriente Zinc (Zn) total** en cada una de las tres rumas, incluyendo la ruma 3 (testigo). Entre las rumas controladas, el mayor valor de concentración de **Zn** estuvo en la ruma 1, en el séptimo registro con 708.58 mg/kg y el de menor valor también estuvo en la misma ruma en el primer registro con 178.92 mg/kg. En la ruma testigo el mayor valor de la concentración de **Zn** estuvo en el octavo registro con 937.81 mg/kg siendo también de todo el proceso, y el de menor valor estuvo en el primer registro con 155.94 mg/kg. Al final del proceso, entre las controladas, el mayor valor estuvo en la ruma 2 con 338.65 mg/kg, seguido del valor de la ruma testigo con 295.47 mg/kg.

En el **cuadro 52**, observado dos páginas adelante, se describen los parámetros estadísticos de las concentraciones de **Zn**. Entre las rumas controladas, el menor valor de la media estuvo en la ruma 2 y el mayor valor en la ruma 1. La ruma control registró el valor de 400.07 mg/kg, superior al valor de la ruma 2 pero inferior a la de la 1. Las medianas se encuentran en el rango de 301.03 a

367.26 mg/kg, y la ruma testigo tuvo la mediana de 364.09 mg/kg escasamente menor que el valor de la ruma 1. Las desviaciones estándar obtenidas muestran que existe una amplia dispersión de datos con respecto a la media, siendo mayor en la ruma 1, seguida de la ruma 2, aunque la de mayor dispersión absoluta estuvo en la ruma testigo.

Cuadro 147.

Concentraciones de Zn (mg/kg) en el proceso de compostaje.

R1	R2	R3	Promedio
178.92	280.60	155.94	205.15
216.15	301.03	156.00	224.39
623.78	297.31	521.90	481.00
568.29	519.48	462.60	516.79
288.27	439.56	528.44	418.76
356.79	294.98	290.00	313.92
708.58	289.91	540.00	512.83
638.09	286.84	937.81	620.91
277.50	623.76	249.25	383.50
417.50	460.00	359.28	412.26
377.73	298.13	368.89	348.25
238.80	399.20	460.00	366.00
	338.65	467.20	402.93
		258.71	258.71
		349.65	349.65
		295.47	295.47

El valor de la curtosis en la ruma 1 fue negativo ($C_k < 0$, platicúrtica), generando una distribución platicúrtica con menor concentración de datos en torno a la media o sea distribuyendo los datos más hacia los extremos. El valor de la curtosis en las rumas 2 y 3 fueron positivos ($C_k > 0$, leptocúrtica), generando una distribución normal con ligeros picos. El coeficiente de simetría de las tres rumas fue positivo ($A > 0$), revelando una ligera acumulación de valores cercana y por encima de la media, configurando una cola de distribución hacia la derecha. Los valores mínimos estuvieron entre 178.92 y 280.60 mg/Kg, notándose que el mínimo de la ruma testigo estuvo dentro del intervalo anterior,

siendo su valor 155.94 mg/kg. Los valores máximos se movilizaron en el rango de 623.76 a 708.58 mg/Kg., estando el valor de la ruma 3 fuera de ese intervalo con 937.81 mg/kg.

Cuadro 150.

Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Zn en compost y en cada ruma del proceso de compostaje.

Parámetro	R1	R2	R3	Promedio
Media	407.53	371.50	400.07	381.91
Mediana	367.26	301.03	364.09	374.75
Desviación estándar (S)	183.02	109.41	190.12	112.77
Varianza de la muestra (S ²)	33495.29	11969.98	36147.19	12716.66
Curtosis (Ck)	-1.33	0.78	3.37	-0.08
Coefficiente de asimetría (A)	0.46	1.26	1.38	0.38
Rango	529.66	343.16	781.87	415.76
Mínimo	178.92	280.60	155.94	205.15
Máximo	708.58	623.76	937.81	620.91
Cuenta	12.00	13.00	16.00	16.00

Al finalizar el proceso, se observó que la ruma 2 presentó el valor más alto en concentración de **Zn** (338.65 mg/kg), seguido del valor de la ruma 3 (testigo) con 295.47 mg/kg. El más bajo estuvo en la ruma 1.

Los gráficos de la **figura 41**, muestran la variación temporal de las concentraciones de **Zn** en las tres rumas. Todas las rumas tuvieron movimientos oscilantes muy dinámicos. Así, se observan que en las rumas 1 y 3 (testigo) la concentración de **Zn** tuvo una tendencia sinuosa pero casi con las mismas oscilaciones. La uno tuvo tres crestas en los registros 3, 7 y 10 respectivamente para terminar el proceso con el menor valor. La tres, tuvo cuatro crestas en los registros 3, 5, 8 y 13 respectivamente, para luego terminar con el segundo valor más alto. Finalmente, la ruma dos, generó una trayectoria con tres crestas claras en los registros 4, 9 y 12, siendo la extrema en la novena, para luego culminar el proceso con el valor más alto 338.65 mg/kg.

Figura 106.

Gráficos de las concentraciones de Zn (mg/kg) en todas las rumas del proceso de compostaje.

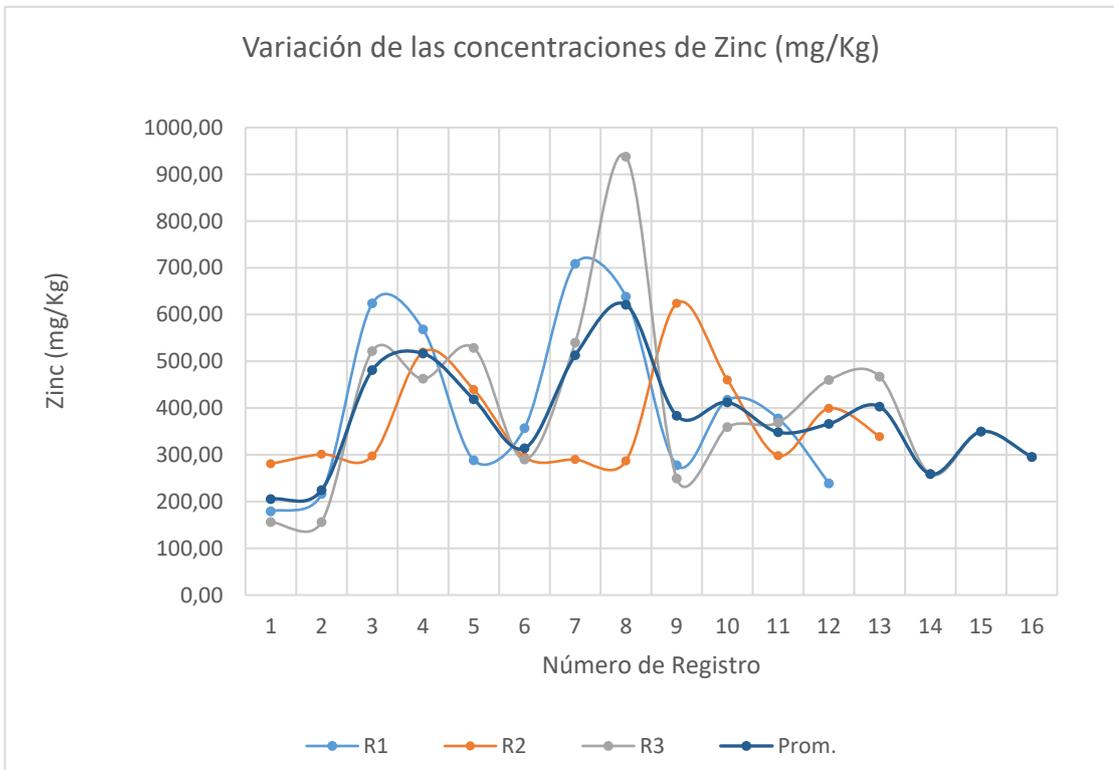
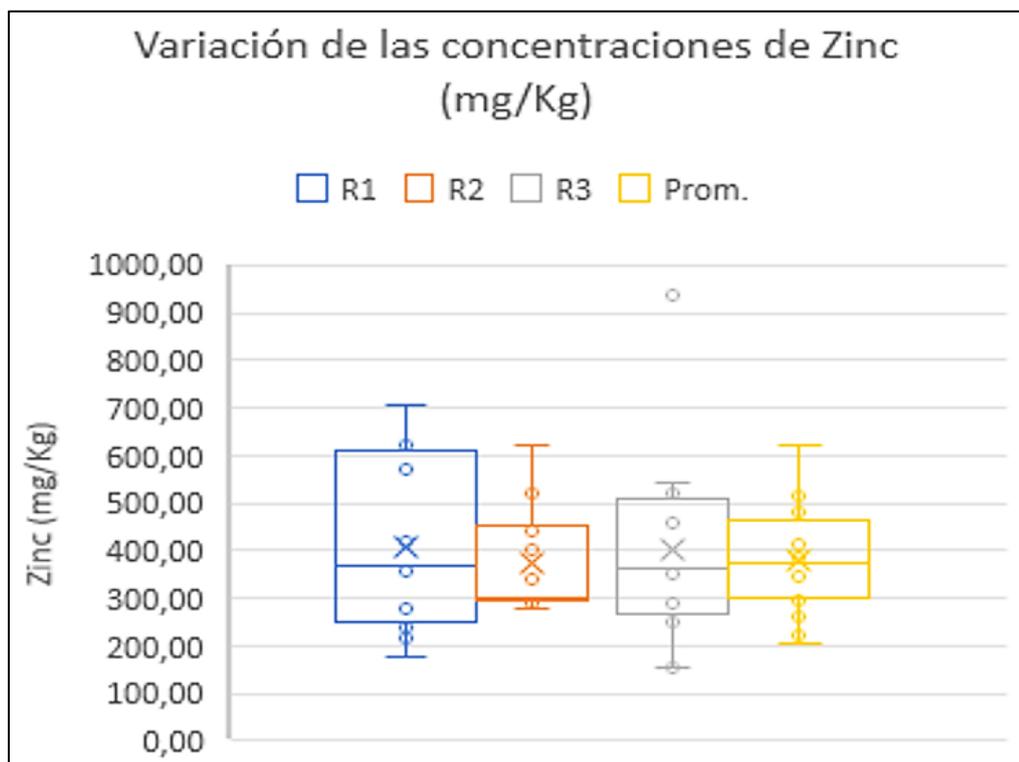


Figura 109.

Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Zn (mg/kg) en compost.



El gráfico de la **figura 42**, de cajas y bigotes, muestra el comportamiento de la distribución de los valores de la concentración de **Zn** (mg/kg) y los estadísticos de tendencia central y dispersión en todas las rumas. Se observa en la ruma 1 la mayor dispersión de datos, los cuales se distribuyen en su mayoría dentro del 50% superior a la mediana (Q3). La ruma 2 mostró una mayor concentración de datos, denotando un comportamiento más uniforme con menores valores extremos. La ruma 3 (testigo) presentó un valor atípico extremo outlier.

En el **cuadro 53**, se muestra el resultado del análisis de varianza (ANOVA unifactorial) que determina las diferencias significativas entre las medias de los resultados de la concentración de **Zn** respecto al conjunto de procesos en las rumas y el manejo en cada una de ellas, los cuales influyeron en la presencia y comportamiento de este macronutriente.

Cuadro 153.

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) – concentración de Zn.

Análisis de varianza						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad p-valor	Valor crítico para F
Entre grupos	8103.75	1.00	8103.75	0.36	0.55	4.28
Dentro de los grupos	512087.95	23.00	22264.69			
Total	520191.71	24.00				

El análisis fue realizado a un nivel de confianza de 95%, el p-valor obtenido es mayor a 0.05, por tanto, no se rechaza la H_0 ($\mu_1=\mu_2=\mu_3$); es decir, es altamente probable que no hayan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **Zn** en el manejo de las 3 rumas. Se ha probado la hipótesis de que, las medias de las concentraciones de **Zn** (mg/kg) son iguales.

Metales pesados tóxicos

Aluminio (Al) en compost

En el **cuadro 54**, se presentan valores promedio de concentraciones del **metal pesado tóxico (Al) total** en cada una de las tres rumas, incluyendo la ruma 3

(testigo). En las rumas controladas, la mayor concentración de **Al** estuvo en la ruma 2 con 8200 mg/kg y la menor en la ruma 1 con 392.81 mg/kg. La ruma testigo presento valores de concentración de **Al** más extremos, el menor con 229.04 y el mayor con 18000 mg/kg. También, se reveló que, al final del proceso el valor más alto entre las controladas estuvo en la ruma 1 con 3184.08 mg/kg, aunque el mayor valor absoluto estuvo en la ruma testigo con 3254.40 mg/kg.

Cuadro 156.

Concentraciones de Al (mg/kg) en el proceso de compostaje.

R1	R2	R3	Promedio
488.39	1693.27	229.04	803.57
392.81	901.28	229.07	507.72
653.02	885.77	5312.21	2283.67
1076.77	5994.00	1023.62	2698.13
775.35	999.00	1011.32	928.56
6243.81	1101.28	410.00	2585.03
2295.41	1329.60	18000.00	7208.34
7278.17	860.53	7699.90	5279.53
5649.16	3762.38	957.13	3456.22
4970.18	8200.00	3592.81	5587.66
556.66	3290.13	2592.22	2146.34
3184.08	2295.41	4700.00	3393.16
	1693.23	5666.00	3679.62
		5174.13	5174.13
		3496.50	3496.50
		3254.40	3254.40

En el **cuadro 55**, mostrado en la página siguiente, se describen los parámetros estadísticos de las concentraciones de **Al**. El menor valor de la media estuvo en la ruma 2 y el de mayor valor en la ruma 1. La ruma 3 de control (blanco) presentó el valor de 3959.27 mg/kg, muy superior a los valores que presentan las rumas controladas. Las medianas se encuentran en el rango de 1686.09 a 1693.23 mg/kg, teniendo la ruma testigo el más alto valor entre las medianas con 3323.78 mg/kg. La desviación estándar obtenida muestra que existe una amplia dispersión de los datos respecto a la media, asociada a las altas

concentraciones obtenidas y las constantes variaciones en el tiempo, consecuentemente siendo mucho mayor en la ruma testigo.

Cuadro 159.

Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de AI en compost y en cada ruma del proceso de compostaje.

Parámetro	R1	R2	R3	Promedio
Media	2796.98	2538.91	3959.27	3280.16
Mediana	1686.09	1693.23	3375.45	3323.78
Desviación estándar (S)	2575.98	2266.95	4376.94	1844.65
Varianza de la muestra (S ²)	6635652.58	5139047.33	19157605.86	3402736.92
Curtosis (Ck)	-1.29	2.38	7.11	-0.05
Coefficiente de asimetría (A)	0.66	1.70	2.36	0.43
Rango	6885.36	7339.47	17770.96	6700.62
Mínimo	392.81	860.53	229.04	507.72
Máximo	7278.17	8200.00	18000.00	7208.34
Cuenta	12.00	13.00	16.00	16.00

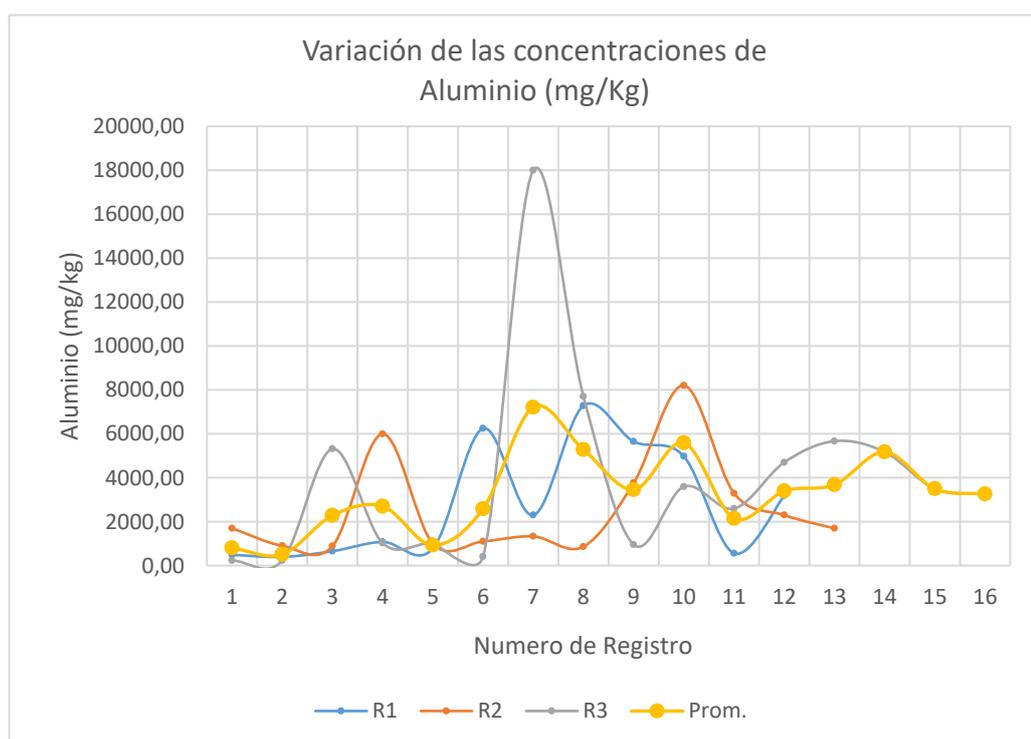
El valor de la curtosis en la ruma 1 fue negativo ($Ck < 0$, platicúrtica), generando una distribución platicúrtica con menor concentración de datos en torno a la media o sea distribuyendo los datos más hacia los extremos, en cambio, en las rumas 2 y 3 fueron positivos ($Ck > 0$, leptocúrtica), generando una distribución normal con ligeros picos. El coeficiente de asimetría, tanto en las rumas controladas como en la testigo fueron positivos ($A > 0$), revelando una ligera acumulación de valores cercana y por encima de la media, configurando una cola de distribución hacia la derecha. Los valores mínimos estuvieron en el intervalo entre 392.81 y 860.53 mg/Kg, notándose que el mínimo de la ruma testigo estuvo dentro del intervalo de las rumas controladas. Los valores máximos se movilizaron en el rango de 7278.17 a 8200.00 mg/Kg, teniendo la ruma testigo el máximo valor extremo de concentración de AI con 18000.00 mg/kg. Al finalizar el proceso, se observó que la ruma 3 presentó el valor más alto en concentración tóxica de AI (3254.40 mg/kg), seguido del valor de la ruma 1 con 3284.40 mg/kg. Es importante considerar que, el método de

muestreo durante el proceso de compostaje puede influenciar en las variaciones de concentración de los metales pesados y por consiguiente en los reportes.

Los gráficos de la **figura 43**, muestran la variación temporal de las concentraciones de **Al** en las tres rumas. Todas las rumas tuvieron movimientos oscilantes muy dinámicos en su tránsito durante el proceso. Así, se observan que la ruma 1 presentó valores bajos hasta el quinto registro, del cual la concentración de **Al** se incrementó oscilantemente teniendo picos de valores diferentes en los registros 6, 8 y 10, para culminar con 3184.08 mg/kg siendo el valor más alto entre las dos rumas controladas. En la ruma 2, la presencia de Al fue menos cimbreante, presentó valores relativamente bajos con dos picos en los registros 4 y 10, para culminar el proceso con un valor inferior al de la ruma 1. En la ruma 3, la presencia de **Al** fue más notorio, tuvo un pico extremo atípico en el séptimo registro, además de otras menores en los registros 3, 10 y 13, habiendo concluido con el más alto valor del proceso con 3254.40 mg/kg.

Figura 112.

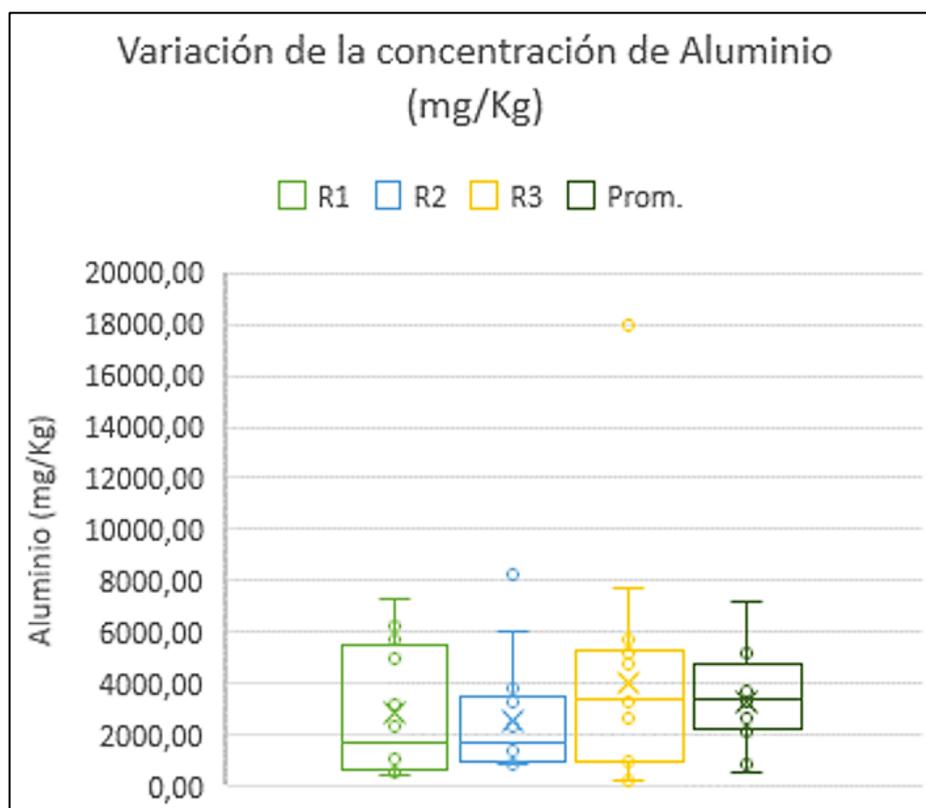
Gráficos de las concentraciones de Al (mg/kg) en todas las rumas del proceso de compostaje.



El gráfico de la **figura 44**, de cajas y bigotes, muestra el comportamiento de la distribución de los valores de la concentración de **Al** (mg/kg) y los estadísticos de tendencia central y dispersión en todas las rumas. Se observa en la ruma 1 la mayor dispersión de datos, por encima de la mediana. La ruma 2 mostró la menor dispersión de datos, pero con la presencia de un valor atípico extremo que superó los 8000 mg/Kg de concentración de Al, denotando un comportamiento más uniforme con menores valores extremos. La ruma 3 (testigo) presentó un valor atípico extremo outlier (18000 mg/kg) valor que podría estar asociado a la toma de muestra de campo.

Figura 115.

Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Al (mg/kg) en compost.



En el **cuadro 56**, se muestra el resultado del análisis de varianza (ANOVA unifactorial) que determina las diferencias significativas entre las medias de los resultados de la concentración de **Al** respecto al conjunto de procesos en las rumas y el manejo en cada una de ellas, los cuales influyeron en la presencia y comportamiento de este metal pesado.

Cadmio (Cd) en compost

En el **cuadro 58**, se presentan valores promedio de concentraciones del **metal pesado tóxico (Cd) total** en cada una de las tres rumas, incluyendo la ruma 3 (testigo). En las rumas controladas, la mayor concentración de **Cd** estuvo en la ruma 1 con 54.29 mg/kg y la menor fue un valor que lindó con la no detección a través del método correspondiente a Cd de la técnica: espectrofotometría UV-Vis, siendo referencialmente 0.01 mg/kg. La ruma testigo en el límite superior presentó una concentración de **Cd** de 34.90 mg/kg. También, se reveló que, al final del proceso el único valor registrable estuvo en la ruma 2 con 25.10 mg/kg.

Cuadro 168.

Concentraciones de Cd (mg/kg) en el proceso de compostaje.

R1	R2	R3	Promedio
4.45	3.77	15.11	7.78
3.48	18.69	15.12	12.43
2.41	0.01	0.01	0.81
18.54	0.01	0.01	6.19
18.59	0.01	0.01	6.20
44.90	0.01	12.00	18.97
54.29	0.01	34.90	29.73
3.39	29.28	6.02	12.90
24.78	38.32	8.37	23.82
0.01	0.01	28.64	9.55
4.57	32.40	0.01	12.33
0.01	31.54	23.30	18.28
	25.10	29.32	27.21
		0.01	0.01
		9.19	9.19
		0.01	0.01

En el **cuadro 59**, se describen los parámetros estadísticos de las concentraciones de **Cd**. El menor valor de la media estuvo en la ruma 2 y el de mayor valor en la ruma 1. La ruma 3 de control (blanco) presentó el valor de 11.38 mg/kg, inferior a los valores que presentan las rumas controladas. Las medianas se encuentran en el rango de 3.77 a 4.51 mg/kg, teniendo la ruma testigo el más alto valor entre las medianas con 8.78 mg/kg. La desviación

estándar obtenida muestra que existe una amplia dispersión de los datos respecto a la media, siendo la ruma 1 la que presentó una mayor desviación estándar de los datos procesados.

Cuadro 171.

Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Cd en compost y en cada ruma del proceso de compostaje.

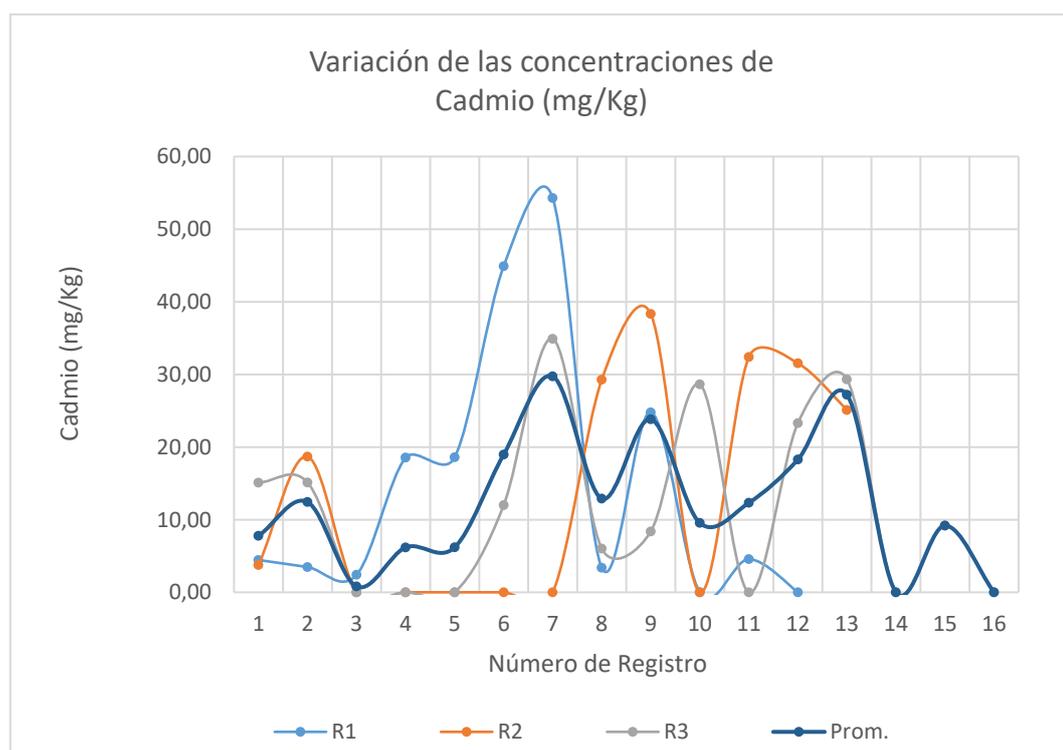
Parámetro	R1	R2	R3	Promedio
Media	14.95	13.78	11.38	12.21
Mediana	4.51	3.77	8.78	10.94
Moda	0.01	0.01	0.01	0.01
Desviación estándar (S)	18.23	15.53	12.00	9.26
Varianza de la muestra (S ²)	332.20	241.23	144.10	85.73
Curtosis (Ck)	0.81	-1.84	-0.73	-0.58
Coefficiente de asimetría (A)	1.35	0.41	0.74	0.50
Rango	54.28	38.31	34.89	29.72
Mínimo	0.01	0.01	0.01	0.01
Máximo	54.29	38.32	34.90	29.73
Cuenta	12.00	13.00	16.00	16.00

El valor de la curtosis en la ruma 1 fue positivo ($Ck > 0$, leptocúrtica), generando una distribución normal con ligeros picos. En las rumas 2 y 3 fue negativo ($Ck < 0$, platicúrtica), generando una distribución platicúrtica con menor concentración de datos en torno a la media o sea distribuyendo los datos más hacia los extremos. El coeficiente de asimetría, en las tres rumas fue positivo ($A > 0$), revelando una ligera acumulación de valores cercana y por encima de la media, configurando una cola de distribución hacia la derecha. El valor mínimo en todas las rumas fue 0.01 mg/kg. Los valores máximos se movilizaron en el rango de 38.32 a 54.29 mg/Kg, teniendo la ruma testigo el máximo valor extremo de concentración de Cd de 34.90 mg/kg. Al finalizar el proceso, se observó que la ruma 2 presentó el valor más alto en concentración tóxica de Cd con 25.10 mg/kg, observándose en las otras rumas valores casi imperceptibles.

Los gráficos de la **figura 45**, muestran la variación temporal de las concentraciones de **Cd** en las tres rumas. Todas las rumas tuvieron movimientos oscilantes muy dinámicos en su tránsito durante el proceso. Así, se observa que en la ruma 1, la concentración de Cd se inició con valores muy bajos evidenciado en el tercer registro con 2.41 mg/kg, que luego tuvo incrementos progresivos para dar un gran salto ascendente en el séptimo registro con 54.29 mg/kg, que fue durante el proceso el valor más alto; luego, también tuvo descensos progresivos hasta culminar con un valor casi imperceptible. En la ruma 2, el Cd también tuvo un tránsito errático, configuró tres picos en los registros 2, 9 y 11, con descensos que cayeron hasta lo imperceptible, para luego, culminar el proceso con el valor más alto 25.10 mg/kg. La ruma 3, presentó un comportamiento relativamente regular de presencia de **Cd**, tuvo tres picos durante el proceso en los registros 7, 10 y 13, habiendo alcanzado en la séptima su valor más alto con 34,90 mg/Kg; sin embargo, finalizó el proceso con valores casi imperceptibles. En general, todas las rumas mostraron un comportamiento muy variable, no encontrándose patrones o tendencias.

Figura 118.

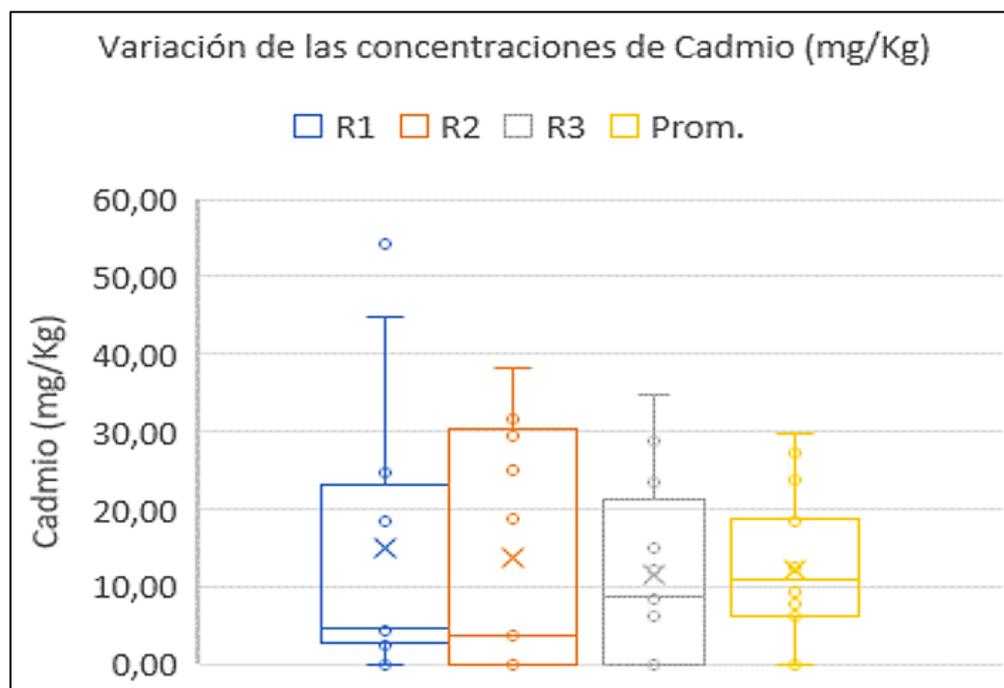
Gráficos de las concentraciones de Cd (mg/kg) en todas las rumas del proceso de compostaje.



El gráfico de la **figura 46**, de cajas y bigotes, muestra el comportamiento de la distribución de los valores de la concentración de **Cd** (mg/kg) y los estadísticos de tendencia central y dispersión en todas las rumas. Se observó en la ruma 1 una gran dispersión de datos por encima de la mediana y con un valor atípico extremo outlier (54.90 mg/kg). En la ruma 2 mostró la mayor dispersión con todos los datos del proceso. En la ruma 3, la presencia de la concentración de Cd tuvo datos con la menor dispersión. Además, se debe puntualizar que, en todas las rumas, pero especialmente en las controladas, se notaron registros de valores mínimos de concentración de Cd que lindó con lo imperceptible 0.01 mg/kg y con una mediana menor a 5,0 mg/Kg en las rumas 1 y 2, un comportamiento no mostrado en la ruma 3.

Figura 121.

Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Cd (mg/kg) en compost.



En el **cuadro 60**, se muestra el resultado del análisis de varianza (ANOVA unifactorial) que determina las diferencias significativas entre las medias de los resultados de la concentración de **Cd** respecto al conjunto de procesos en las rumas y el manejo en cada una de ellas, los cuales influyeron en la presencia y comportamiento de este metal pesado.

mg/kg, aunque el valor absoluto más alto del proceso estuvo en la ruma 3 con 24.25 mg/kg.

Cuadro 183.

Concentraciones de Ni (mg/kg) en el proceso de compostaje.

R1	R2	R3	Promedio
19.34	14.51	18.42	17.42
22.05	27.50	19.36	22.97
29.24	23.30	27.96	26.83
24.69	19.98	29.53	24.73
49.70	17.30	18.62	28.54
19.82	29.50	50.00	33.11
179.64	16.80	23.00	73.15
189.43	18.70	27.69	78.61
39.64	17.82	17.84	25.10
39.76	21.00	29.94	30.23
20.09	23.54	29.82	24.48
15.74	29.94	17.45	21.04
	17.36	18.66	18.01
		19.62	19.62
		29.97	29.97
		24.25	24.25

En el **cuadro 64**, se describen los parámetros estadísticos de las concentraciones de **Ni**. El menor valor de la media estuvo en la ruma 2 y el de mayor valor en la ruma 1. La ruma 3 de control (blanco) presentó el valor de 25.13 mg/kg, inferior al valor de la ruma 1 pero superior a la de la ruma 2. Las medianas se encuentran en el rango de 19.98 a 26.97 mg/kg, teniendo la ruma testigo el valor de su mediana en 23.63 mg/kg. La desviación estándar muestra la amplia dispersión de datos respecto a la media, sobresaliendo su alto valor en la ruma 1, habiendo presentado también altas concentraciones en los registros continuos séptimo y octavo. El valor de la curtosis en las rumas 1 y 3 fue positivo ($Ck > 0$, leptocúrtica), generando una distribución normal con ligeros picos. En la ruma 2 fue negativo ($Ck < 0$, platicúrtica), generando una distribución platicúrtica con menor concentración de datos en torno a la media o sea distribuyendo los datos más hacia los extremos.

Cuadro 186.

Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Ni en compost y en cada ruma del proceso de compostaje.

Parámetro	R1	R2	R3	Promedio
Media	54.10	21.33	25.13	31.13
Mediana	26.97	19.98	23.63	24.92
Desviación estándar (S)	61.81	5.07	8.29	18.04
Varianza de la muestra (S ²)	3820.94	25.66	68.76	325.35
Curtosis (Ck)	2.36	-0.84	4.69	4.11
Coefficiente de asimetría (A)	1.94	0.63	1.84	2.23
Rango	173.69	15.43	32.55	61.18
Mínimo	15.74	14.51	17.45	17.42
Máximo	189.43	29.94	50.00	78.61
Cuenta	12.00	13.00	16.00	16.00

El coeficiente de asimetría, en las tres rumas fue positivo ($A > 0$), revelando una ligera acumulación de valores cercana y por encima de la media, configurando una cola de distribución hacia la derecha. El valor mínimo de la concentración de **Ni** se desplazó entre 14.51 y 15.74 mg/Kg, teniendo en la ruma 3 el mínimo mayor de 17.45 mg/kg. Los valores máximos fluctuaron entre 29.94 y 189.43 mg/Kg. Al final del proceso de compostaje, la mayor concentración de **Ni** estuvo en la ruma 3 con 24.25 mg/kg, aunque el mayor valor entre las rumas controladas estuvo en la ruma 2 con 17.36 mg/kg.

Los gráficos de la **figura 47**, presentada en la página siguiente, muestran la variación temporal de las concentraciones de **Ni** en las tres rumas. Todas las rumas tuvieron movimientos oscilantes muy dinámicos en su tránsito durante el proceso. Entre ellas, la más dinámica fue el movimiento de la concentración de **Ni** en la ruma 1, que desde un inicio por debajo de 50.00 mg/kg tuvo dos picos notables en los registros 7 y 8 para luego retomar los valores iniciales y culminar el proceso con 15.74 mg/kg. En las rumas 2 y 3, el comportamiento de la presencia del **Ni** fue mucho más regular, curiosamente de manera similar, con un pico pequeño en el sexto registro. En la ruma 2, el **Ni** culminó con 17.36 mg/kg, siendo el valor más alto entre las rumas controladas. La 3, culminó con 24.25 mg/kg, constituyendo el valor más alto de todo el proceso. Pese a haber una regularidad similar en el comportamiento del **Ni** en las rumas 2 y 3, no se

evidenció un patrón o tendencia en los datos registrados. Los picos, especialmente en la ruma 1, podría haberse debido a una influencia directa de la toma de muestra.

Figura 124.

Gráficos de las concentraciones de Ni (mg/kg) en todas las rumas del proceso de compostaje.

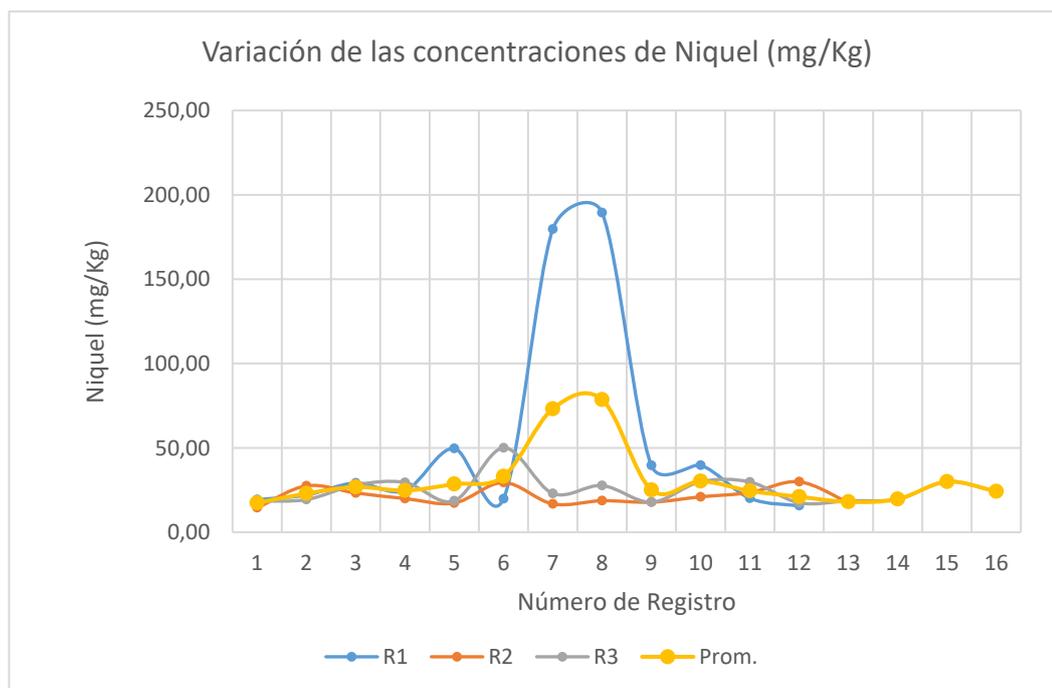
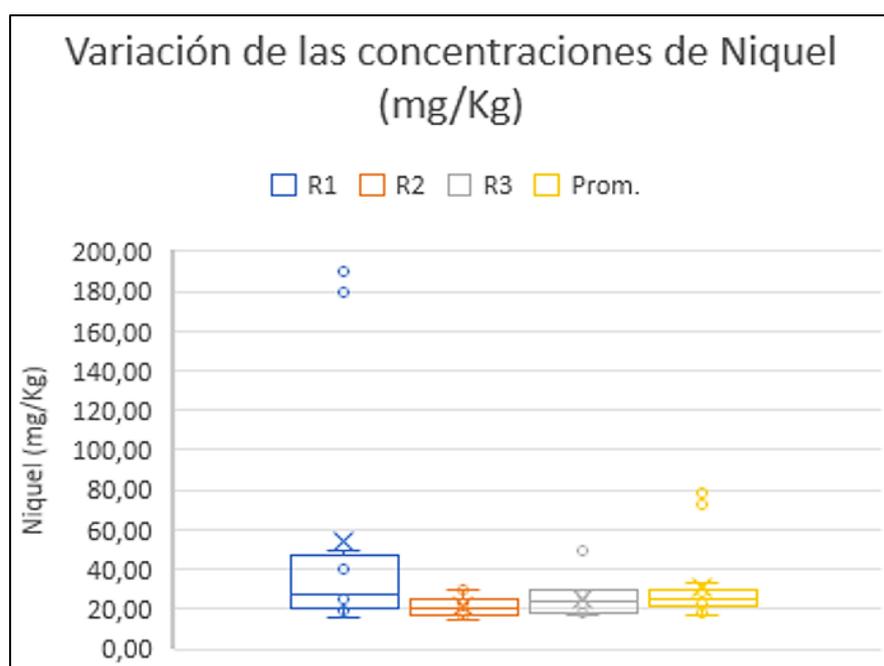


Figura 127.

Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Ni (mg/kg) en compost.



El gráfico de la **figura 48**, de cajas y bigotes, presentado en la página anterior, muestra el comportamiento de la distribución de los valores de la concentración de **Ni** (mg/kg) y los estadísticos de tendencia central y dispersión en todas las rumas. Se observó en la ruma 1 la mayor dispersión de datos por encima de la mediana y con dos valores atípicos extremos outlier seguidos (179.64 y 189.43 mg/kg), en los registros séptimo y octavo, que se presume sea por la toma de las muestras. En las rumas 2 y 3 la dispersión fue mucho menor porque registraron menores valores.

En el **cuadro 65**, se muestra el resultado del análisis de varianza (ANOVA unifactorial) que determina las diferencias significativas entre las medias de los resultados de la concentración de **Ni** respecto al conjunto de procesos en las rumas y el manejo en cada una de ellas, los cuales influyeron en la presencia y comportamiento de este metal pesado tóxico.

Cuadro 189.

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) – concentración de Ni.

Análisis de varianza						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad p-valor	Valor crítico para F
Entre grupos	6700.12	1.00	6700.12	3.64	0.07	6700.12
Dentro de los grupos	42338.21	23.00	1840.79			42338.21
Total	49038.33	24.00				49038.33

El análisis fue realizado a un nivel de confianza de 95%, el p-valor obtenido fue ligeramente mayor a 0.05 ($0.07 > 0.05$), por lo que, no se rechaza la H_0 ($u_1 = u_2 = u_3$). Entonces, es ligeramente probable que no existan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **Ni** en los procesos desarrollados. Sin embargo, la probabilidad tan cercana podría indicar también que, los tratamientos si presentaron diferencias significativas en algún lapso del proceso de compostaje.

Plomo (Pb) en compost

En el **cuadro 66**, se presentan valores promedio de concentraciones del **metal pesado tóxico (Pb) total** en cada una de las tres rumas, incluyendo la ruma 3

(testigo). En las rumas controladas, la mayor y menor concentración de **Pb** estuvo en la ruma 1 con 727.63 y 231.57 mg/kg respectivamente. La ruma testigo en el límite superior presentó una concentración de **Pb** de 902.29 mg/kg que a la postre fue el valor más alto del proceso, y en el límite menor el valor fue de 216.00 mg/kg. También, se reveló que, al final del proceso el valor más alto entre las rumas controladas estuvo en la 2 con 692.23 mg/kg, aunque el valor absoluto más alto final del proceso estuvo en la ruma 3 con 610.28 mg/kg.

Cuadro 192.

Concentraciones de Pb (mg/kg) en el proceso de compostaje.

R1	R2	R3	Promedio
437.14	270.44	339.18	348.92
398.01	423.42	339.11	386.85
385.61	454.68	331.75	390.68
231.57	351.29	321.13	301.33
673.96	348.23	310.11	444.10
388.50	433.63	495.00	439.04
647.70	603.82	216.00	489.17
369.89	378.83	370.19	372.97
534.19	624.75	731.80	630.25
727.63	453.00	661.68	614.10
716.70	574.28	902.29	731.09
534.33	443.11	615.00	530.81
	692.23	773.36	732.80
		555.22	555.22
		685.31	685.31
		610.28	610.28

En el **cuadro 67**, observado en la página siguiente, se describen los parámetros estadísticos de las concentraciones de **Pb**. El menor valor de la media estuvo en la ruma 2 y el de mayor valor en la ruma 1. La ruma 3 de control (blanco) presentó el valor de 516.09 mg/kg, valor superior a la de las dos rumas controladas. Las medianas se encuentran en el rango de 443.11 a 485.67 mg/kg, teniendo la ruma testigo el mayor valor entre las medianas con 525.11

mg/kg. La desviación estándar muestra la amplia dispersión de datos respecto a la media, asociada a altos valores de concentración de Pb y a variaciones de tiempo, así se observó que la ruma testigo fue la que tuvo la mayor dispersión, seguido de los valores de las rumas 1 y 2 respectivamente.

El valor de la curtosis en las tres rumas fue negativo ($C_k < 0$, platicúrtica), generando una distribución platicúrtica con menor concentración de datos en torno a la media o sea distribuyendo los datos más hacia los extremos.

Cuadro 195.

Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Pb en compost y en cada ruma del proceso de compostaje.

Parámetro	R1	R2	R3	Promedio
Media	503.77	465.52	516.09	516.43
Mediana	485.67	443.11	525.11	509.99
Desviación estándar (S)	160.08	123.71	203.42	139.98
Varianza de la muestra (S^2)	25625.69	15304.16	41380.68	19593.56
Curtosis (C_k)	-1.11	-0.60	-1.08	-1.27
Coefficiente de asimetría (A)	0.04	0.43	0.28	0.15
Rango	496.06	421.79	686.29	431.47
Mínimo	231.57	270.44	216.00	301.33
Máximo	727.63	692.23	902.29	732.80
Cuenta	12.00	13.00	16.00	16.00

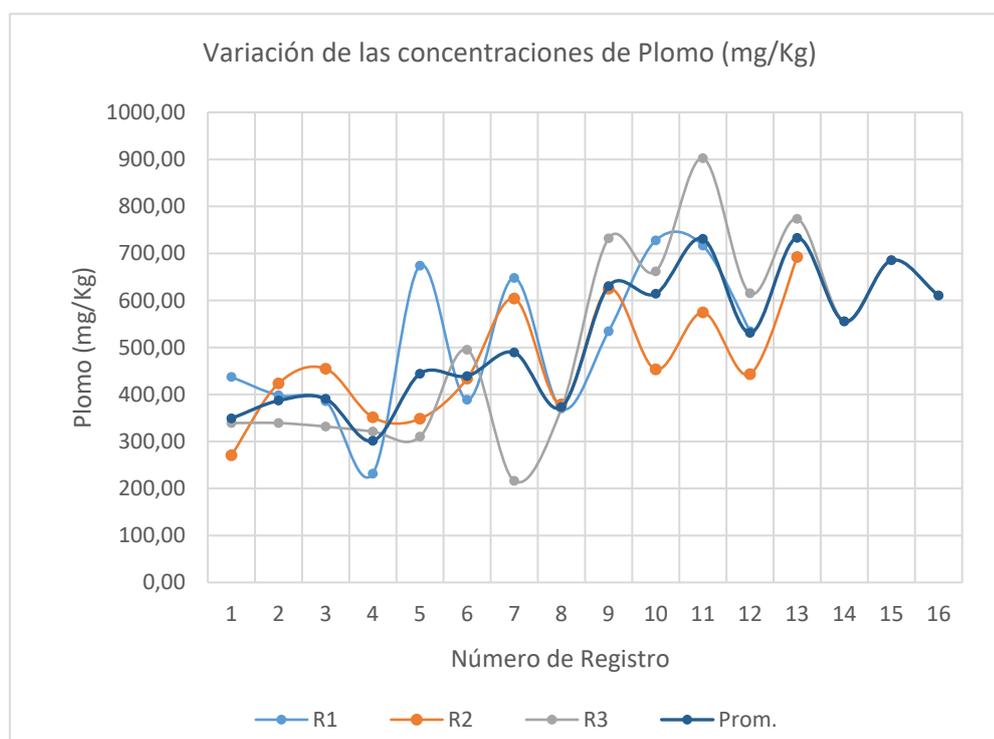
El coeficiente de asimetría, en las tres rumas fue positivo ($A > 0$), revelando una ligera acumulación de valores cercana y por encima de la media, configurando una cola de distribución hacia la derecha. El valor mínimo de la concentración de **Pb** se desplazó entre 231.57 y 270.44 mg/Kg, teniendo en la ruma 3 el mínimo mayor de 216.0 mg/kg. Los valores máximos fluctuaron entre 692.23 y 727.63 mg/Kg. Al final del proceso de compostaje, la mayor concentración de **Pb** estuvo en la ruma 2 con 692.23 mg/kg, seguido del valor de la ruma controlada con 610.28 mg/kg.

Los gráficos de la **figura 49**, muestran la variación temporal de las concentraciones de **Pb** en las tres rumas. Se observó una tendencia oscilante

pero creciente de la concentración de Pb en las tres rumas. Así, en la ruma 1, se observan cinco picos notables, dos decrecientes en los registros 4 y 8, y tres crecientes en los registros 5, 7 y 10 para culminar en el registro 12 con 534.33 mg/kg. En la ruma 2, teniendo la misma tendencia, generó 5 picos crecientes en los registros 3, 7, 9, 11, y 13 en la que culminó con un valor de concentración de Pb de 692.23 mg/kg, siendo el mayor valor absoluto del proceso. Finalmente, la ruma 3, fue la que experimentó la mayor variación, con valores mínimos próximos a 200 mg/Kg y valores máximos superiores a 900 mg/Kg, culminando el proceso con 610.28 mg/kg.

Figura 130.

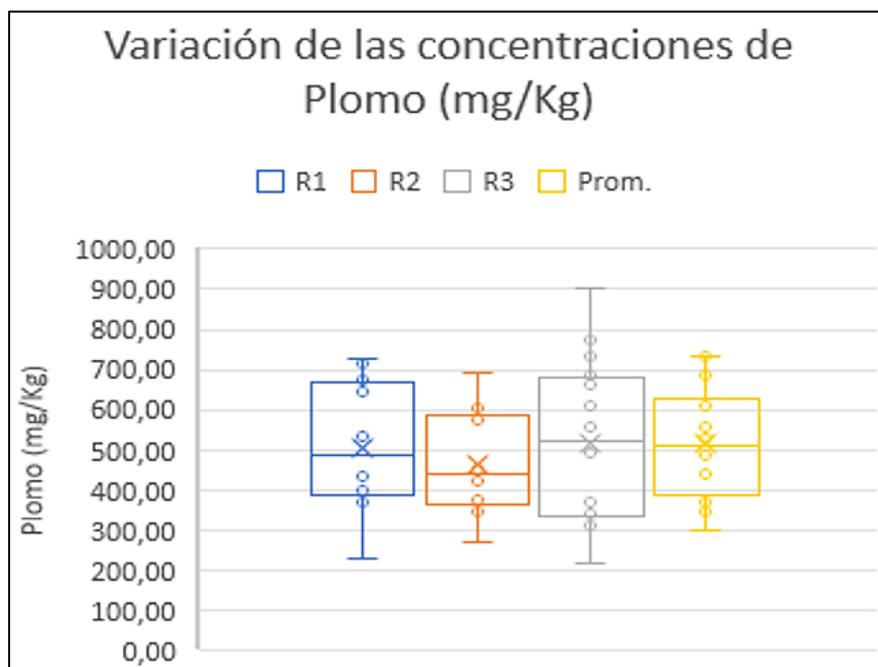
Gráficos de las concentraciones de Pb (mg/kg) en todas las rumas del proceso de compostaje.



El gráfico de la **figura 50**, de cajas y bigotes, muestra el comportamiento de la distribución de los valores de la concentración de **Pb** (mg/kg) y los estadísticos de tendencia central y dispersión en todas las rumas. Se observa que en la ruma 2 la dispersión de valores de la concentración de **Pb** fue menor y por encima de su mediana, y en su mayoría por debajo de los valores de las rumas 1 y 3. La mayor dispersión estuvo en la ruma 3.

Figura 133.

Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Pb (mg/kg) en compost.



En el **cuadro 68**, se muestra el resultado del análisis de varianza (ANOVA unifactorial) que determina las diferencias significativas entre las medias de los resultados de la concentración de **Pb** respecto al conjunto de procesos en las rumas y el manejo en cada una de ellas, los cuales influyeron en la presencia y comportamiento de este metal pesado tóxico.

Cuadro 198.

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) – concentración de Pb.

Análisis de varianza						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad p-valor	Valor crítico para F
Entre grupos	9130.95	1.00	9130.95	0.45	0.51	4.28
Dentro de los grupos	465532.53	23.00	20240.54			
Total	474663.48	24.00				

El análisis fue realizado a un nivel de confianza de 95%, el p-valor obtenido fue mayor a 0.05 ($0.51 > 0.05$), por lo que, no se rechaza la H_0 ($u_1 = u_2 = u_3$).

Entonces, es altamente probable que no existan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **Pb** en los procesos desarrollados.

Comportamiento de Macronutrientes, Micronutrientes y Metales Pesados en Lixiviados del Proceso de Compostaje

Macronutrientes en lixiviados

En relación a los lixiviados, estando previsto el muestreo y análisis de los macronutrientes N, Ca, P, Mg, K, S, Cl y Na, en las tres rumas del proceso, no fue posible por razones metodológicas.

Micronutrientes en lixiviados

En lixiviados, del conjunto de elementos previstos Zn, Cu, Mn, Co, F, Fe y Se, se hallaron solo Cu y Fe.

Cobre (Cu) en lixiviados

En el **cuadro 69**, mostrado en la página siguiente, se presentan valores promedio de concentraciones del **micronutriente (Cu) total** en cada una de las tres rumas, incluyendo la ruma 3 (testigo). En las rumas controladas, la mayor concentración del micronutriente **Cu** estuvo en la ruma 2 con 5.60 mg/L y la menor en la ruma 1 con apenas 0.02 mg/L. La ruma testigo en el límite superior presentó una concentración de **Cu** de 5.64 mg/L que a la postre fue el valor más alto del proceso, y en el límite menor tuvo dos valores nulos o sea 0.00 mg/L y otros tantos muy cercanos. Al final del proceso el valor más alto entre las rumas controladas estuvo en la 1 con 2.48 mg/L, habiéndose registrado en las otras dos rumas valores muy bajos.

En el **cuadro 70**, presentado en la página siguiente, se describen los parámetros estadísticos de las concentraciones del micronutriente **Cu**. El menor valor de la media estuvo en la ruma 1 y el de mayor valor en la ruma 2. La ruma 3 de control (blanco) presentó el valor de 0.90 mg/L, valor inferior a la de las dos rumas controladas. Las medianas se encuentran en el rango de 1.14 a 2.34 mg/L, siendo la de mayor valor en la ruma 2, mientras que la testigo

presentó el valor de 0.11 mg/L inferior a la de las rumas controladas. La desviación estándar muestra una ligera dispersión de datos respecto a la media, asociada a los valores bajos de las concentraciones de **Cu** halladas y a las variaciones de tiempo.

Cuadro 201.

Concentraciones de Cu (mg/L) en lixiviados del proceso de compostaje.

R1	R2	R3	Promedio
0.02	0.11	5.64	1.92
1.14	1.69	2.51	1.78
2.48	3.15	0.00	1.88
	5.37	0.00	2.69
	5.10	0.22	2.66
	5.60	0.02	2.81
	1.71	0.04	0.88
	1.61	0.34	0.98
	2.96	0.17	1.57
	0.05	0.02	0.04

Cuadro 204.

Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Cu (mg/L) en lixiviados de cada ruma del proceso de compostaje.

Parámetro	R1	R2	R3	Promedio
Media	1.21	2.74	0.90	1.72
Mediana	1.14	2.34	0.11	1.83
Moda	#N/D	#N/D	0.00	#N/D
Desviación estándar (S)	1.23	2.07	1.83	0.89
Varianza de la muestra (S ²)	1.52	4.28	3.36	0.80
Curtosis (Ck)	#N/D	-1.35	5.63	-0.28
Coefficiente de asimetría (A)	0.27	0.22	2.40	-0.53
Rango	2.46	5.55	5.64	2.78
Mínimo	0.02	0.05	0.00	0.04
Máximo	2.48	5.60	5.64	2.81
Cuenta	3.00	10.00	10.00	10.00

El valor de la curtosis en la ruma 1 no fue posible ser determinada por la escasez de registros. En la ruma 2 fue negativo ($C_k < 0$, platicúrtica), generando una distribución platicúrtica con menor concentración de datos en torno a la media o sea distribuyendo los datos más hacia los extremos. La curtosis en la ruma 3 fue positivo ($C_k > 0$, leptocúrtica), generando una distribución normal con ligeros picos.

El coeficiente de asimetría, en las tres rumas fue positivo ($A > 0$), revelando una ligera acumulación de valores cercana y por encima de la media, configurando una cola de distribución hacia la derecha. Los valores mínimos de la concentración de **Cu** estuvieron entre 0.2 y 0.05 mg/L. Los valores máximos, estuvieron entre 2.48 y 5,60 mg/L, teniendo en la ruma 3 el máximo mayor de 5.64 mg/L. Al final del proceso de compostaje, la mayor concentración de **Cu** estuvo en la ruma 1 con 4.48 mg/L, seguido por los valores de las concentraciones en las rumas 2 y 3. Se debe hacer notar, el siguiente detalle, que en la ruma 1 no fue posible obtener más registros porque después del primer no hubo más drenaje de lixiviados.

Los gráficos de la **figura 51**, muestran la variación temporal de las concentraciones de **Cu** en las tres rumas. Se observó que no hay una tendencia definida. Así, en la ruma 1, solo se reportaron tres registros, los cuales mostraron un comportamiento creciente, aunque al final trunco con un valor de 2,48 mg/L, proveyéndose de que, esta variabilidad es similar al comportamiento de la concentración de Cu en la ruma 2. En la ruma 2, la presencia del Cu fue oscilante mostrando un comportamiento más variable, inició el proceso con una concentración baja de 0,11 mg/L; luego, experimentó un incremento considerable generando dos picos en el cuarto y sexto registro, siendo la última la mayor, luego disminuyó oscilantemente con un noveno registro de ligero incremento para finalizar con una concentración muy baja de 0,05 mg/L. En la ruma 3, se observó una concentración inicial próxima a 6.00 mg/L; luego, a partir del tercer registro, las concentraciones en esta ruma no superaron los 0.5 mg/L, mostrando un comportamiento relativamente homogéneo hasta el final.

Figura 136.

Gráficos de las concentraciones de Cu (mg/L) en lixiviados de compost.

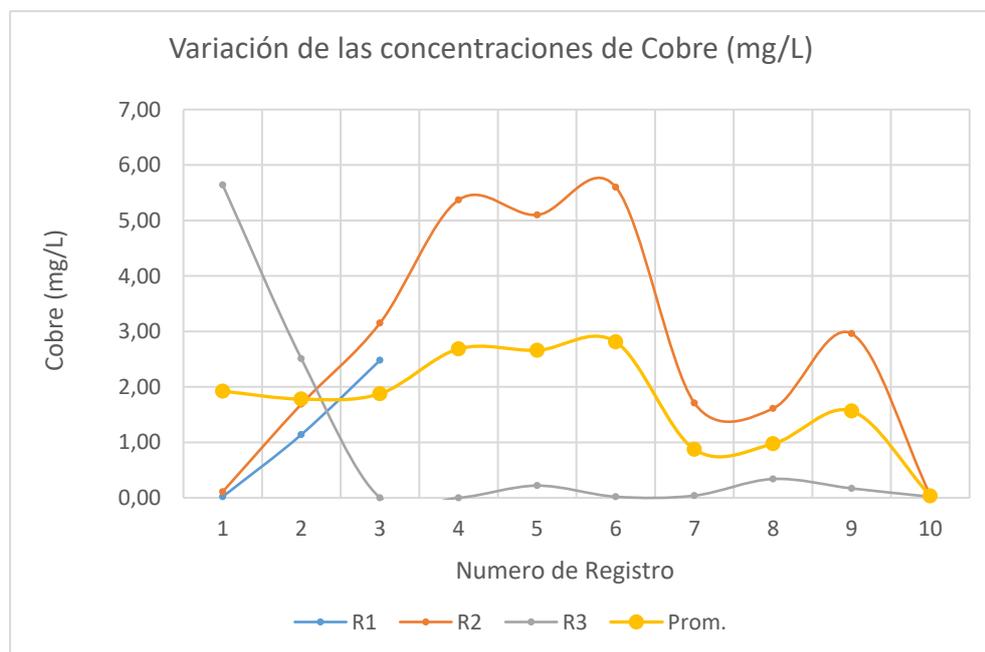
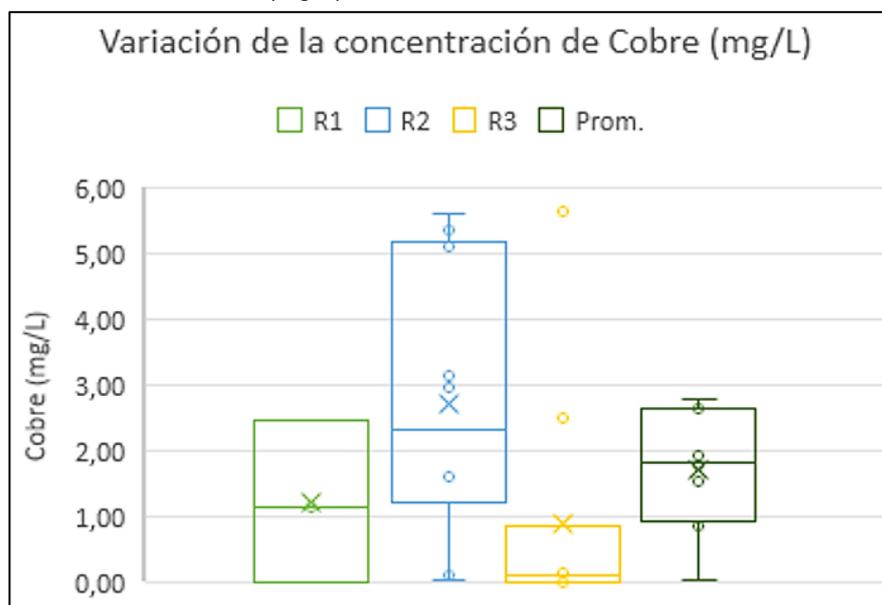


Figura 139.

Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Cu (mg/L) en lixiviados.



El gráfico de la **figura 52**, de cajas y bigotes, muestra el comportamiento de la distribución de los valores de la concentración de **Cu** (mg/kg) y los estadísticos de tendencia central y dispersión en todas las rumas. Se observó que en la ruma 2 ocurre la mayor dispersión de datos por encima de la mediana, teniendo algunas concentraciones altas, que pudiera deberse a muestreo o al mismo

proceso de compostaje. En la ruma 1, se observaron pocos valores por debajo de 3,0 mg/L, pero superiores en la distribución a los valores consignados en la ruma 3. La ruma 3, presentó dos valores atípicos extremos outlier que se sitúan fuera del grafico de caja, valores que estarían asociados a procedimientos de muestreos de campo, a la materia prima o a procesos propios del compostaje (físicos, químicos o biológicos).

En el **cuadro 71**, presentado en la página siguiente, se muestra el resultado del análisis de varianza (ANOVA unifactorial) que determina las diferencias significativas entre las medias de los resultados de la concentración de **Cu** respecto al conjunto de procesos en las rumas y el manejo en cada una de ellas, los cuales influyeron en la presencia y comportamiento de este micronutriente.

Cuadro 207.

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de Cu en lixiviados.

Análisis de varianza						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad p-valor	Valor crítico para F
Entre grupos	5.34	1.00	5.34	1.42	0.26	4.84
Dentro de los grupos	41.51	11.00	3.77			
Total	46.85	12.00				

El análisis fue realizado a un nivel de confianza de 95%, el p-valor obtenido fue mayor a 0.05 ($0.26 > 0.05$), por lo que, no se rechaza la H_0 ($\mu_1 = \mu_2$). Entonces, es probable que no existan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **Cu** en los procesos desarrollados.

Hierro (Fe) en lixiviados

En el **cuadro 72**, se presentan valores promedio de concentraciones del **micronutriente (Fe) total** en cada una de las tres rumas, incluyendo la ruma 3 (testigo). En las rumas controladas, la mayor concentración del micronutriente **Fe** estuvo en la ruma 2 con 15.80 mg/L y la menor en la ruma 1 con apenas 0.44 mg/L. La ruma testigo en el límite superior presentó una concentración de

Cu de 22.40 mg/L que a la postre fue el valor más alto del proceso, y en el límite menor el valor fue 0.21 mg/L. Al final del proceso el valor más alto entre las rumas controlas estuvo en la 2 con 7.90 mg/L, habiéndose registrado en las otras dos rumas valores más bajos.

Cuadro 210.

Concentraciones de Fe (mg/L) en lixiviados del proceso de compostaje.

R1	R2	R3	Promedio
0.44	5.02	4.39	3.28
2.85	4.18	4.45	3.83
1.08	4.25	0.45	1.93
	15.80	0.32	8.06
	3.75	2.11	2.93
	8.00	0.21	4.11
	4.61	0.32	2.46
	4.33	22.40	13.37
	2.59	20.30	11.45
	7.90	2.32	5.11

En el **cuadro 73**, se describen los parámetros estadísticos de las concentraciones del micronutriente **Fe**. El menor valor de la media estuvo en la ruma 1 y el de mayor valor en la ruma 2. La ruma 3 de control (blanco) presentó el valor de 5.73 mg/L, inferior a la de la ruma 2 pero superior a la de la 1. Las medianas se encuentran en el rango de 1.08 a 4.47 mg/L, siendo la de mayor valor en la ruma 2, mientras que la testigo presentó el valor de 2.22 mg/L superior a la de la 1 e inferior a la de la 2. La desviación estándar muestra una ligera dispersión de datos respecto a la media, notándose una mayor dispersión en la ruma 3, probablemente asociada a los valores bajos de las concentraciones de **Fe** y a las variaciones de tiempo.

El valor de la curtosis en la ruma 1 no fue posible ser determinada por la escasez de registros (pocos registros). La curtosis en las rumas 2 y 3 fueron positivas ($C_k > 0$, leptocúrtica), generando una distribución normal con ligeros picos. El coeficiente de asimetría, en las tres rumas fue positivo ($A > 0$), revelando una ligera acumulación de valores cercana y por encima de la media, configurando una cola de distribución hacia la derecha. Los valores mínimos de

la concentración de **Fe** estuvieron entre 0.44 y 2.59 mg/L. Los valores máximos, estuvieron entre 2.85 y 15.80 mg/L, teniendo en la ruma 3 el máximo mayor de 22.40 mg/L. Al final del proceso de compostaje, la mayor concentración de **Fe** estuvo en la ruma 2 con 7.90 mg/L, seguido por los valores de las concentraciones en las rumas 3 y 1. Se debe hacer notar, el siguiente detalle, que en la ruma 1 no fue posible obtener más registros porque después del primer no hubo más drenaje de lixiviados.

Cuadro 213.

Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Fe (mg/L) en lixiviados de cada ruma del proceso de compostaje.

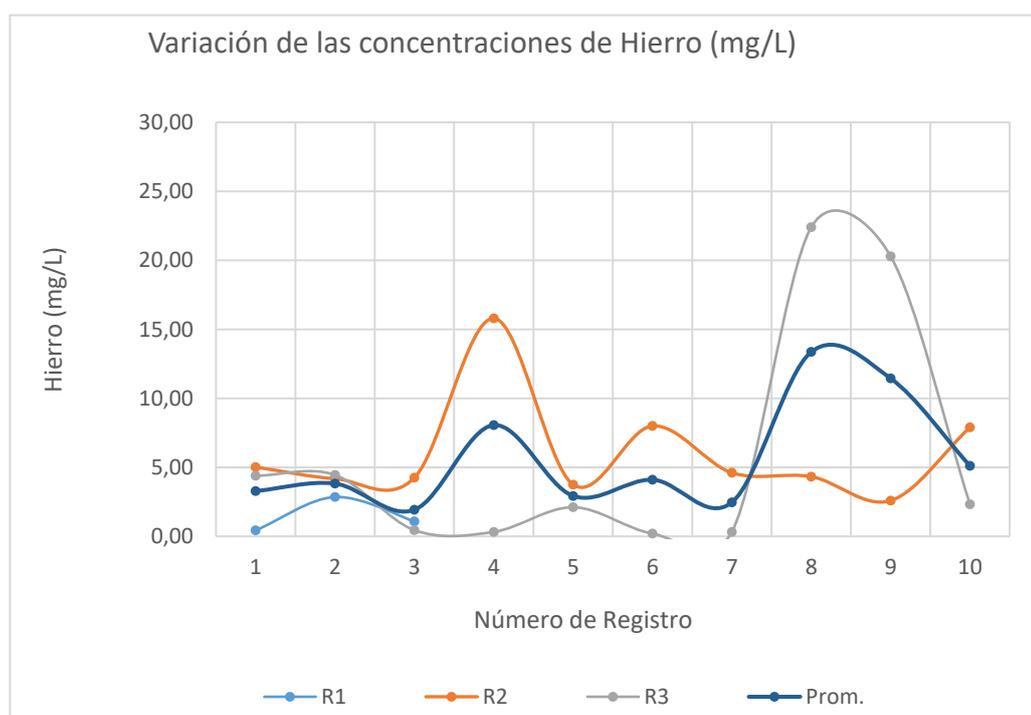
Parámetro	R1	R2	R3	Promedio
Media	1.46	6.04	5.73	5.65
Mediana	1.08	4.47	2.22	3.97
Desviación estándar (S)	1.25	3.84	8.40	3.97
Varianza de la muestra (S ²)	1.56	14.71	70.58	15.77
Curtosis (Ck)	#N/D	5.04	1.19	0.13
Coefficiente de asimetría (A)	1.23	2.14	1.64	1.20
Rango	2.41	13.21	22.19	11.44
Mínimo	0.44	2.59	0.21	1.93
Máximo	2.85	15.80	22.40	13.37
Cuenta	3.00	10.00	10.00	10.00

Los gráficos de la **figura 53**, muestran la variación temporal de las concentraciones de **Fe** en las tres rumas. Se observó que no hay una tendencia definida. Así, en la ruma 1, solo se reportaron tres registros, los cuales mostraron un comportamiento oscilante superando los 3 mg/L. En la ruma 2, la presencia del **Fe** tuvo un comportamiento más variable, inició el proceso con una concentración próxima a 5,0 mg/L, para luego experimentar un incremento considerable en el cuarto registro alcanzando hasta los 15.80 mg/L; luego, disminuyó progresiva y oscilantemente en los siguientes registros para finalizar el proceso con el más alto valor de 7.90 mg/L. En la ruma 3, las concentraciones de **Fe** fueron mínimas lindando con lo inexistente hasta que, entre el séptimo y octavo registro el valor del Fe se elevó a valores que superaron los 20 mg/L,

entre ellos registrando el más alto valor del proceso 22.40 mg/L, aunque no al final, para luego disminuir al finalizar del proceso.

Figura 142.

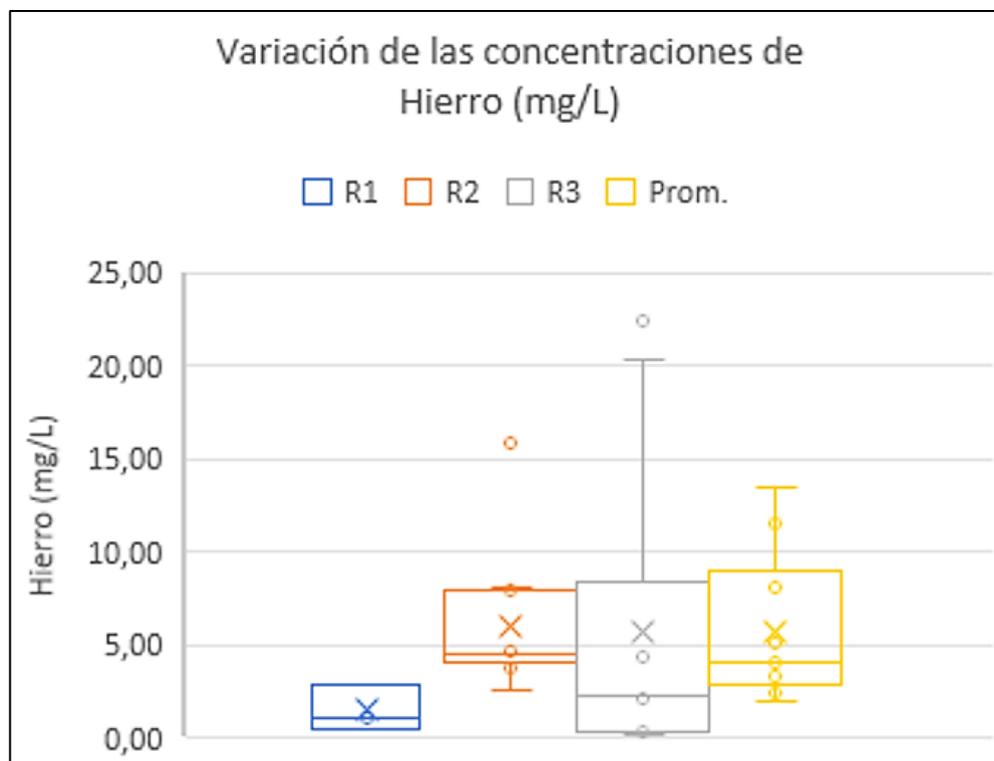
Gráficos de las concentraciones de Fe (mg/L) en lixiviados de compost.



El gráfico de la **figura 54**, de cajas y bigotes, muestra el comportamiento de la distribución de los valores de la concentración de **Fe** (mg/kg) y los estadísticos de tendencia central y dispersión en todas las rumas. Se observó que en la ruma 3 ocurrió la mayor dispersión de datos por encima de la mediana, teniendo un valor atípico extremo outlier ubicado fuera de la caja, que pudiera deberse a los muestreos diferenciados o al mismo proceso de compostaje. En la ruma 1, se observaron pocos valores por debajo de 3,0 mg/L que no permite hacer más deducciones. La ruma 3, presentó la menor dispersión del conjunto de datos, pero mostrando un valor atípico extremo outlier también situado fuera de la caja del gráfico. Estos, valores outliers pueden ser el resultado de procedimientos diferenciados de muestreos de campo o a naturaleza de la materia prima o a procesos propios del compostaje (físicos, químicos o biológicos).

Figura 145.

Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Fe (mg/L) en lixiviados.



En el **cuadro 74**, se muestra el resultado del análisis de varianza (ANOVA unifactorial) que determina las diferencias significativas entre las medias de los resultados de la concentración de **Fe** respecto al conjunto de procesos en las rumas y el manejo en cada una de ellas, los cuales influyeron en la presencia y comportamiento de este micronutriente.

Cuadro 216.

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de Fe en lixiviados.

Análisis de varianza						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad p-valor	Valor crítico para F
Entre grupos	48.54	1.00	48.54	3.94	0.07	4.84
Dentro de los grupos	135.50	11.00	12.32			
Total	184.04	12.00				

El análisis fue realizado a un nivel de confianza de 95%, el p-valor obtenido es ligeramente mayor a 0.05 ($0.07 > 0.05$), por lo tanto, no se rechaza la H_0 ($u_1 = u_2$); es decir, es ligeramente probable que no existan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **Fe** en los procesamientos de las rumas; pero, dada la significancia de la proximidad del valor de la probabilidad obtenida, podrían también deducirse que, si están próximas las diferencias en las medias de las concentraciones.

Metales pesados tóxicos en lixiviados

En los lixiviados de los procesos de compostaje en las rumas, se hallaron los siguientes metales pesados tóxicos Al, As, Cd, Cr, Hg, Ni y Pb.

Aluminio (Al) en lixiviados

En el **cuadro 75**, mostrado en la página siguiente, se presentan valores promedio de concentraciones del **metal pesado tóxico Aluminio (Al) total** en cada una de las tres rumas, incluyendo la ruma 3 (testigo). En las rumas controladas, la mayor concentración del **Al** estuvo en la ruma 2 con 1.16 mg/L y la menor en la 1 con apenas 0.04 mg/L. La ruma testigo en el límite superior presentó una concentración de **Al** de 16.40 mg/L, y en el límite menor 0.16 mg/L. Al final del proceso el valor más alto entre las rumas controladas estuvo en la 2 con 0.29 mg/L, aunque el valor absoluto más alto del proceso estuvo en la ruma 3 con 4.68 mg/L.

Cuadro 219.

Concentraciones de Al (mg/L) en lixiviados del proceso de compostaje.

R1	R2	R3	Promedio
0.22	0.04	16.40	5.55
0.34	1.16	0.31	0.60
0.23	0.17	0.16	0.19
	0.05	0.48	0.27
	0.31	0.70	0.51
	0.29	0.80	0.55
	0.24	5.40	2.82
	0.11	0.18	0.14
	0.26	0.20	0.23
	0.29	4.68	2.49

En el **cuadro 76**, se describen los parámetros estadísticos de las concentraciones del metal pesado tóxico **Al** en los lixiviados del proceso de compostaje. El mayor valor de la media estuvo en la ruma 2 y el menor en la ruma 1. La ruma 3 de control (blanco) presentó el valor de 2.93 mg/L, superior al de las rumas controladas. La mediana con mayor valor estuvo en la ruma 2, seguido del valor de la 1. La ruma testigo presentó el valor de 0.59 mg/L superior al de las rumas tratadas. La desviación estándar muestra una ligera dispersión de datos respecto a la media, asociada a bajos valores de concentración registradas en las rumas 1 y 2, y un incremento considerable de este parámetro estadístico en la ruma 3.

Cuadro 222.

Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Al (mg/L) en lixiviados de cada ruma del proceso de compostaje.

Parámetro	R1	R2	R3	Promedio
Media	0.26	0.29	2.93	1.33
Mediana	0.23	0.25	0.59	0.53
Moda	#N/D	0.29	#N/D	#N/D
Desviación estándar (S)	0.07	0.32	5.12	1.77
Varianza de la muestra (S ²)	0.00	0.10	26.18	3.14
Curtosis (Ck)	#N/D	7.52	6.25	2.99
Coefficiente de asimetría (A)	1.69	2.59	2.43	1.81
Rango	0.12	1.12	16.24	5.41
Mínimo	0.22	0.04	0.16	0.14
Máximo	0.34	1.16	16.40	5.55
Cuenta	3.00	10.00	10.00	10.00

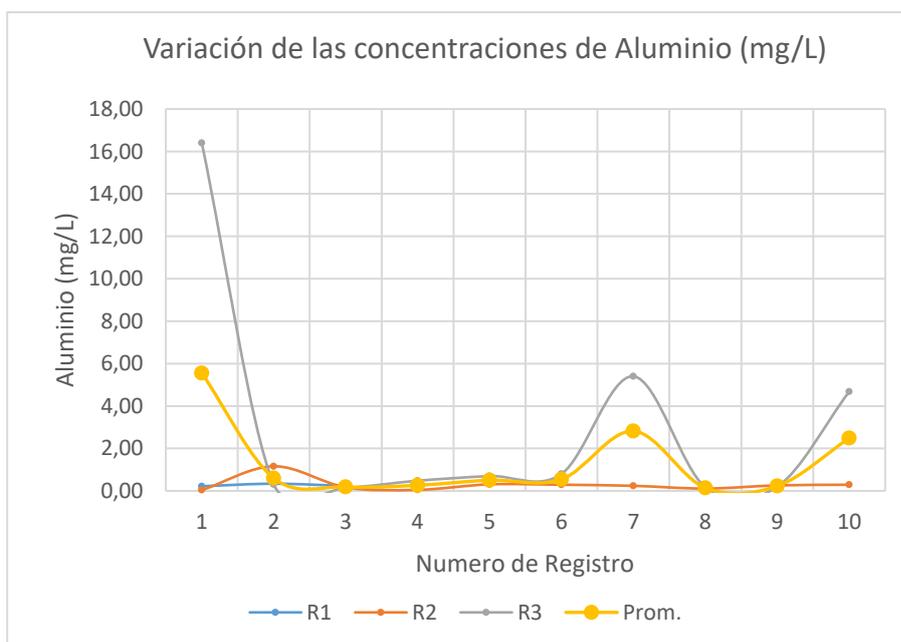
El valor de la curtosis en la ruma 1 no fue posible ser determinada por la escasez de registros (pocos registros). La curtosis en las rumas 2 y 3 fueron positivos (Ck>0, leptocúrtica), generando una distribución normal con ligeros picos. El coeficiente de asimetría, en las tres rumas fue positivo (A>0), revelando una ligera acumulación de valores cercana y por encima de la media, configurando una cola de distribución hacia la derecha. Los valores mínimos de la concentración de **Al** estuvieron entre 0.04 y 0.22 mg/L, en la ruma 3 el valor

fue 0.16 mg/L. Los valores máximos, estuvieron entre 0.34 y 1.16 mg/L, teniendo en la ruma 3 el máximo mayor con 16.40 mg/L. Al final del proceso de compostaje, la mayor concentración de **Al** estuvo en la ruma testigo con 4.68 mg/L, seguido por los valores de las concentraciones en las rumas 2 y 1. Se debe hacer notar, el siguiente detalle, que en la ruma 1 no fue posible obtener más registros porque después del primer no hubo más drenaje de lixiviados.

Los gráficos de la **figura 55**, muestran la variación temporal de las concentraciones de **Al** en las tres rumas. En la ruma 1, solo se reportaron tres registros, los cuales mostraron un comportamiento homogéneo relativamente corto. En la ruma 2, el comportamiento de la concentración de **Al** fue más estable, inició el proceso con una concentración próxima a 0.0 mg/L, para luego experimentar un ligero aumento en el segundo registro que superó el 1.0 mg/L, y desde el tercer registro hasta finalizar el proceso, las concentraciones se mantuvieron por debajo de 0,5 mg/L. En la ruma 3, la concentración de **Al** fue 16,40 mg/L al iniciar el proceso, a partir del tercer registro las concentraciones fueron mínimas y no superan los 0,9 mg/L, con un comportamiento relativamente homogéneo; pero, en el séptimo registro experimentó un incremento hasta 5.40 mg/L, para finalizar el proceso con el valor más alto de todos con 4.68 mg/L.

Figura 148.

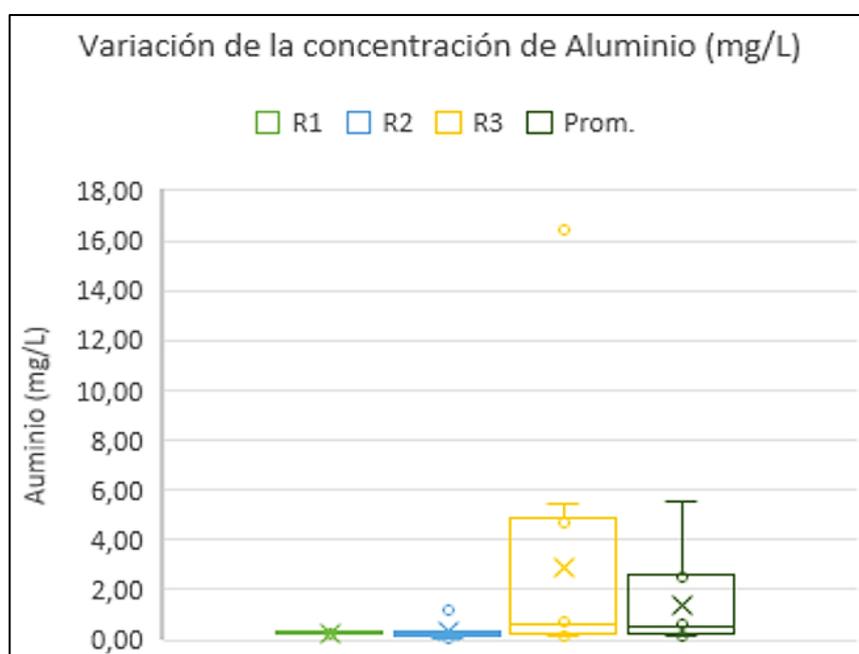
Gráficos de las concentraciones de Al (mg/L) en lixiviados de compost.



El gráfico de la **figura 56**, de cajas y bigotes, presentado en la página siguiente, muestra el comportamiento de la distribución de valores de la concentración de **Al** (mg/kg) y los estadísticos de tendencia central y dispersión en todas las rumas. Las rumas 1 y 2, presentaron en su mayoría concentraciones mínimas con valores por debajo de los 0,35 mg/L, aunque en la ruma 2 se registró el valor de 1,16 mg/L que podría considerarse como atípico, explicado por causas de manejo de la ruma o toma de muestra en campo.

Figura 151.

Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Al (mg/L) en lixiviados.



Se observó también que, en la ruma 3 ocurrió la mayor dispersión de datos por encima de la mediana, teniendo un valor atípico extremo outlier ubicado dentro de la caja, que puede ser el resultado de procedimientos diferenciados de muestreos de campo o a naturaleza de la materia prima o a procesos propios del compostaje (físicos, químicos o biológicos).

En el **cuadro 77**, se muestra el resultado del análisis de varianza (ANOVA unifactorial) que determina las diferencias significativas entre las medias de los resultados de la concentración de **Al** respecto al conjunto de procesos en las rumas y el manejo en cada una de ellas, los cuales influyeron en la presencia y comportamiento de este metal pesado tóxico.

Cuadro 225.

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de Al en lixiviados.

Análisis de varianza						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad p-valor	Valor crítico para F
Entre grupos	0.00	1.00	0.00	0.02	0.88	4.84
Dentro de los grupos	0.94	11.00	0.09			
Total	0.94	12.00				

El análisis fue realizado a un nivel de confianza de 95%, el p-valor obtenido es mayor a 0.05 ($0.88 > 0.05$), por lo tanto, no se rechaza la H_0 ($\mu_1 = \mu_2$), es decir, es muy probable que no existan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **Al** en los tratamientos realizados.

Arsénico (As) en lixiviados

Por lo que se observa en el **cuadro 78**, los valores de las concentraciones de **As** total en los lixiviados del proceso de compostaje en las tres rumas, estuvieron por debajo del nivel de detección a través del método correspondiente a As de la técnica: espectrofotometría UV-Vis. Significa que fueron valores muy próximos a 0.00 mg/Kg, por lo que no se puede determinar los estadígrafos correspondientes y posterior evaluación.

Cuadro 228.

Concentraciones de As (mg/L) en lixiviados del proceso de compostaje.

R1	R2	R3
< 0.010	< 0.010	< 0.010
< 0.010	< 0.010	< 0.010
< 0.010	< 0.010	< 0.010
	< 0.010	< 0.010
	< 0.010	< 0.010
	< 0.010	< 0.010
	< 0.010	< 0.010
	< 0.010	< 0.010
	< 0.010	< 0.010
	< 0.010	< 0.010

Cadmio (Cd) en lixiviados

En el **cuadro 79**, se presentan valores promedio de concentraciones del **metal pesado tóxico Cadmio (Cd) total** en cada una de las tres rumas, incluyendo la ruma 3 (testigo). En las rumas controladas, la mayor concentración del **Cd** estuvo en la ruma 1 con 0.30 mg/L y la menor en la 2 con valor nulo 0.00 mg/L. La ruma testigo en el límite superior presentó una concentración de **Cd** de 0.27 mg/L, y en el límite menor también fue nulo 0.00 mg/L. Al final del proceso el valor más alto entre las rumas controladas estuvo en la 1 con 0.15 mg/L, aunque el valor absoluto más alto del proceso estuvo en la ruma 3 con 0.24 mg/L.

Cuadro 231.

Concentraciones de Cd (mg/L) en lixiviados del proceso de compostaje.

R1	R2	R3	Promedio
0.08	0.00	0.16	0.08
0.30	0.04	0.05	0.13
0.15	0.05	0.00	0.07
	0.11	0.03	0.07
	0.18	0.15	0.16
	0.15	0.09	0.12
	0.13	0.02	0.08
	0.12	0.27	0.20
	0.10	0.27	0.18
	0.03	0.24	0.14

En el **cuadro 80**, mostrado en la siguiente página, se describen los parámetros estadísticos de las concentraciones del metal pesado tóxico **Cd** en los lixiviados del proceso de compostaje. El mayor valor de la media estuvo en la ruma 1 y el menor en la ruma 2. La ruma 3 de control (blanco) presentó el valor de 0.13 mg/L, superior a la concentración de la 2 pero por debajo de la concentración de la 1.

La mediana tuvo el mayor valor en la ruma 1, mientras que, en la ruma 3 este parámetro tuvo el valor de 0.12 mg/L, superior a la de la ruma 2 y por debajo de la ruma 1. La desviación estándar muestra que existe una ligera dispersión

de datos respecto a la media, asociada a las bajas concentraciones de **Cd** obtenidas en las rumas; la mayor desviación, estuvo en la ruma 1, seguido de los valores de las rumas 3 y 2.

Cuadro 234.

Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Cd (mg/L) en lixiviados de cada ruma del proceso de compostaje.

Parámetro	R1	R2	R3	Promedio
Media	0.18	0.09	0.13	0.12
Mediana	0.15	0.10	0.12	0.13
Desviación estándar (S)	0.11	0.06	0.10	0.05
Varianza de la muestra (S ²)	0.01	0.00	0.01	0.00
Curtosis (Ck)	#N/D	-1.20	-1.62	-1.44
Coefficiente de asimetría (A)	1.04	-0.18	0.28	0.27
Rango	0.22	0.18	0.27	0.13
Mínimo	0.08	0.00	0.00	0.07
Máximo	0.30	0.18	0.27	0.20
Cuenta	3.00	10.00	10.00	10.00

La mediana tuvo el mayor valor en la ruma 1, mientras que, en la ruma 3 este parámetro tuvo el valor de 0.12 mg/L, superior a la de la ruma 2 y por debajo de la ruma 1. La desviación estándar muestra que existe una ligera dispersión de datos respecto a la media, asociada a las bajas concentraciones de **Cd** obtenidas en las rumas; la mayor desviación, estuvo en la ruma 1, seguido de los valores de las rumas 3 y 2.

El valor de la curtosis en la ruma 1 no fue posible ser determinada por la escasez de registros (pocos registros). La curtosis en las rumas 2 y 3 fueron negativos ($Ck < 0$, platicúrtica), generando una distribución normal platicúrtica con menor concentración de datos en torno a la media o sea distribuyendo los datos más hacia los extremos. El coeficiente de asimetría, en las rumas 1 y 3 fueron positivos ($A > 0$), revelando una ligera acumulación de valores cercana y por encima de la media, configurando una cola de distribución hacia la derecha; mientras que, en la ruma 2 fue negativo ($A < 0$), revelando la acumulación de

valores alejada y por debajo de la media, configurando una cola de distribución hacia la izquierda. Los valores mínimos de la concentración de **Cd** estuvieron entre 0.00 y 0.08 mg/L, incluido la ruma 3. Los valores máximos, estuvieron entre 0.18 y 0.30 mg/L, teniendo la ruma 3 el máximo valor de 0.27 mg/L. Al final del proceso de compostaje, la mayor concentración de **Cd** entre las rumas controladas estuvo en al 1 con 0.15 mg/L; aunque, el mayor valor absoluto estuvo en la ruma 3 con 0.24 mg/L. Es importante considerar que en la ruma 1 solo hubo tres registros en el primer mes, después fue descontinuado por falta de drenaje de los lixiviados.

Los gráficos de la **figura 57**, presentado en la página siguiente, muestran la variación temporal de las concentraciones de **Cd** en las tres rumas. El gráfico muestra la variación temporal de las concentraciones de Cadmio en los lixiviados. En la ruma 1, se observa un comportamiento muy variable en sus tres registros; así, en el segundo registro experimentó la concentración de Cd un crecimiento importante, alcanzando 0,30 mg/L, para luego disminuir a 0.15 mg/L. En la ruma 2, el comportamiento fue relativamente estable, inició el proceso con una concentración próxima a 0.00 mg/L, pero progresivamente se fue incrementando hasta el quinto registro donde alcanzó el valor de 0.18 mg/L, luego también progresivamente la concentración disminuyó hasta finalizar el proceso con 0.03 mg/L. En la ruma 3, al iniciarse el proceso, presentó una concentración de 0.16 mg/L, luego experimentó una drástica disminución hasta llegar a 0.00 mg/kg en el tercer registro, luego nuevamente la concentración se incrementó en el quinto registro para volver a caer en el séptimo hasta 0.02 mg/L, finalmente desde el octavo hasta el décimo registro, siendo oscilante, tuvo un comportamiento creciente con una ligera disminución al final del proceso llegando con 0,24 mg/L, que a la postre sería el más alto valor del proceso entre todas las rumas.

El gráfico de la **figura 58**, de cajas y bigotes, muestra el comportamiento de la distribución de valores de la concentración de **Cd** (mg/kg) en los lixiviados y los estadísticos de tendencia central y dispersión en todas las rumas. Se observaron valores considerados dentro de las desviaciones estándar obtenidas. En la ruma 1, estuvo la mayor dispersión seguido por la de la ruma

3. En la ruma 2, los datos tuvieron un comportamiento más homogéneo con valores en su mayoría menores que en las otras dos rumas, su rango de datos no supera los 0.15 mg/L.

Figura 154.

Gráficos de las concentraciones de Cd (mg/L) en lixiviados de compost.

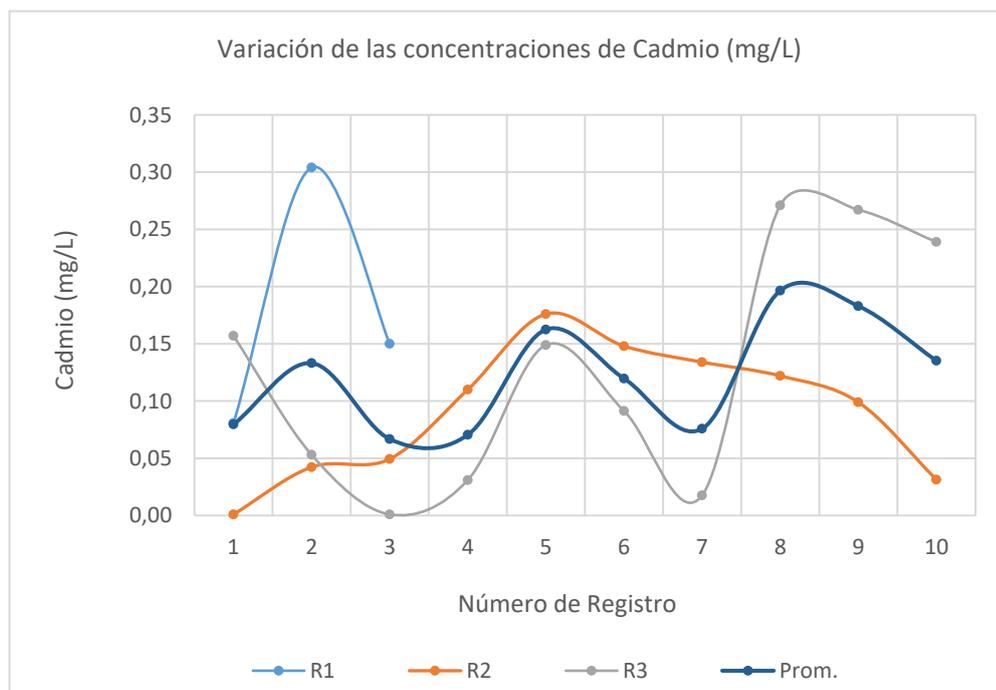
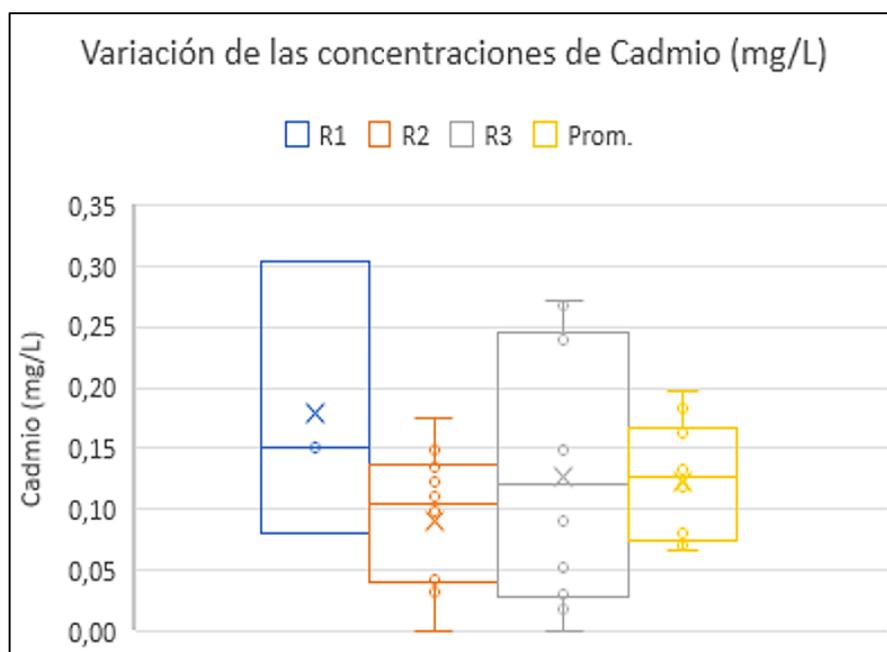


Figura 157.

Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Cd (mg/L) en lixiviados.



En el **cuadro 81**, se muestra el resultado del análisis de varianza (ANOVA unifactorial) que determina las diferencias significativas entre las medias de los resultados de la concentración de **Cd** respecto al conjunto de procesos en las rumas y el manejo en cada una de ellas, los cuales influyeron en la presencia y comportamiento de este metal pesado tóxico.

Cuadro 237.

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de Cd en lixiviados.

Análisis de varianza						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad p-valor	Valor crítico para F
Entre grupos	0.02	1.00	0.02	3.45	0.09	4.84
Dentro de los grupos	0.06	11.00	0.01			
Total	0.07	12.00				

El análisis fue realizado a un nivel de confianza de 95%, el p-valor obtenido es mayor a 0.05 ($0.09 > 0.05$), por lo tanto, no se rechaza la H_0 ($\mu_1 = \mu_2$), es decir, es muy probable que no existan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **Cd** en los tratamientos realizados.

Cromo (Cr) en lixiviados

En el **cuadro 82**, se presentan valores promedio de concentraciones del **metal pesado tóxico Cromo (Cr) total** en cada una de las tres rumas, incluyendo la ruma 3 (testigo).

En las rumas controladas, la mayor y menor concentración del **Cr** estuvo en la ruma 2 con 0.39 mg/L y 0.06 mg/L respectivamente. La ruma testigo en el límite superior presentó una concentración de **Cr** de 0.26 mg/L, y en el límite menor el escaso valor de 0.01 mg/L. Al final del proceso el valor más alto entre las rumas controladas estuvo en la ruma 2 con 0.12 mg/L, aunque el valor absoluto más alto del proceso estuvo en la ruma 3 con 0.26 mg/L.

Cuadro 240.

Concentraciones de Cr (mg/L) en lixiviados del proceso de compostaje.

R1	R2	R3	Promedio
0.16	0.19	0.06	0.14
0.35	0.06	0.01	0.14
0.10	0.38	0.03	0.17
	0.39	0.05	0.22
	0.25	0.15	0.20
	0.32	0.04	0.18
	0.22	0.05	0.13
	0.12	0.20	0.16
	0.13	0.16	0.14
	0.12	0.26	0.19

En el **cuadro 83**, se describen los parámetros estadísticos de las concentraciones del metal pesado tóxico **Cr** en los lixiviados del proceso de compostaje. El mayor valor de la media estuvo en la ruma 2 y el menor en la ruma 1. La ruma 3 de control (blanco) presentó el valor de 0.10 mg/L, por debajo de la concentración de las controladas.

Cuadro 243.

Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Cr (mg/L) en lixiviados de cada ruma del proceso de compostaje.

Parámetro	R1	R2	R3	Promedio
Media	0.20	0.22	0.10	0.17
Mediana	0.16	0.20	0.06	0.16
Desviación estándar (S)	0.13	0.11	0.09	0.03
Varianza de la muestra (S ²)	0.02	0.01	0.01	0.00
Curtosis (Ck)	#N/D	-1.20	-0.63	-1.12
Coefficiente de asimetría (A)	1.31	0.34	0.82	0.46
Rango	0.26	0.33	0.25	0.08
Mínimo	0.10	0.06	0.01	0.13
Máximo	0.35	0.39	0.26	0.22
Cuenta	3.00	10.00	10.00	10.00

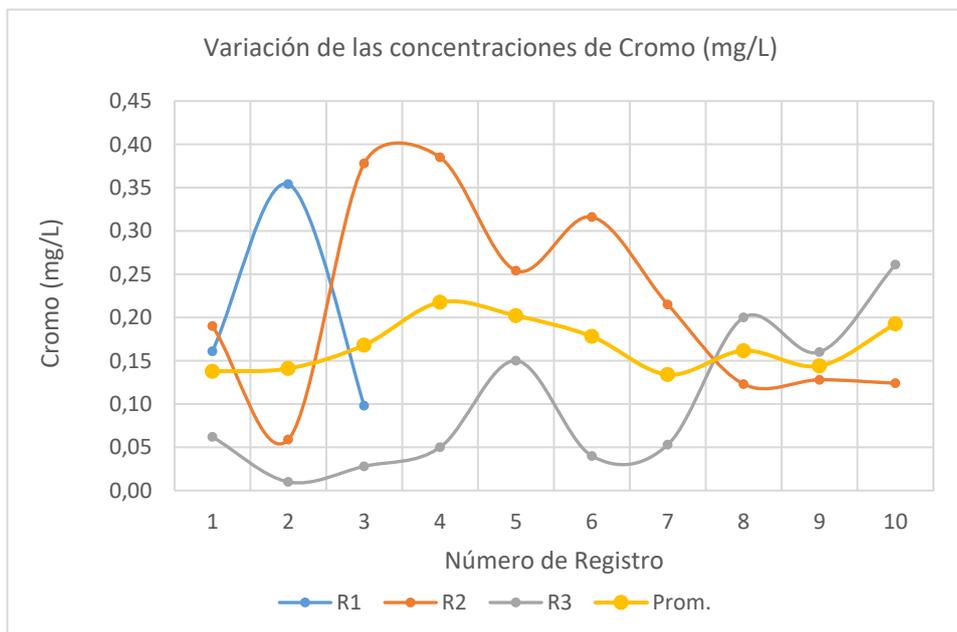
La mediana tuvo el mayor valor en la ruma 2, mientras que, en la ruma 3 este parámetro tuvo el valor de 0.06 mg/L, también por debajo del valor de las rumas controladas. La desviación estándar muestra que existe una ligera dispersión de datos respecto a la media, asociada a las bajas concentraciones de **Cr** obtenidas en las rumas; la mayor desviación, estuvo en la ruma 1, seguido de los valores de las rumas 2 y 3.

El valor de la curtosis en la ruma 1 no fue posible ser determinada por la escasez de registros (pocos registros). La curtosis en las rumas 2 y 3 fueron negativos ($C_k < 0$, platicúrtica), generando una distribución normal platicúrtica con menor concentración de datos en torno a la media o sea distribuyendo los datos más hacia los extremos. El coeficiente de asimetría, en las tres rumas fueron positivos ($A > 0$), revelando una ligera acumulación de valores cercana y por encima de la media, configurando una cola de distribución hacia la derecha. Los valores mínimos de la concentración de **Cr** estuvieron entre 0.01 y 0.06 mg/L, incluido la ruma 3. Los valores máximos, estuvieron entre 0.35 y 0.39 mg/L, teniendo la ruma 3 el valor máximo de 0.26 mg/L. Al final del proceso de compostaje, la mayor concentración de **Cr** entre las rumas controladas estuvo en la 2 con 0.12 mg/L; aunque, el mayor valor absoluto estuvo en la ruma 3 con 0.26 mg/L. Es importante considerar que en la ruma 1 solo hubo tres registros en el primer mes, después fue descontinuado por falta de drenaje de lixiviados.

Los gráficos de la **figura 59**, muestran la variación temporal de las concentraciones de **Cr** en las tres rumas. Así, en la ruma 1, la concentración de **Cr** tuvo un comportamiento muy variable, habiéndose movilizado de 0.16 a 0.10 mg/L, entre el primer y tercer registro, pasando por un pico de 0,35 mg/L en el segunda registro. En la ruma 2 el comportamiento de la concentración de **Cr** fue aún más variable, después de descender a un mínimo de 0.06 mg/kg en el segundo muestreo, experimentó incrementos considerables entre los registros tercero y cuarto, descendiendo en el quinto para luego ascender nuevamente aunque de manera moderada en el sexto registro alcanzando el valor de 0.32 mg/L, luego disminuyó oscilante y progresivamente hasta el valor final, estabilizándose en 0.12 mg/L, siendo el valor más alto entre las rumas controladas.

Figura 160.

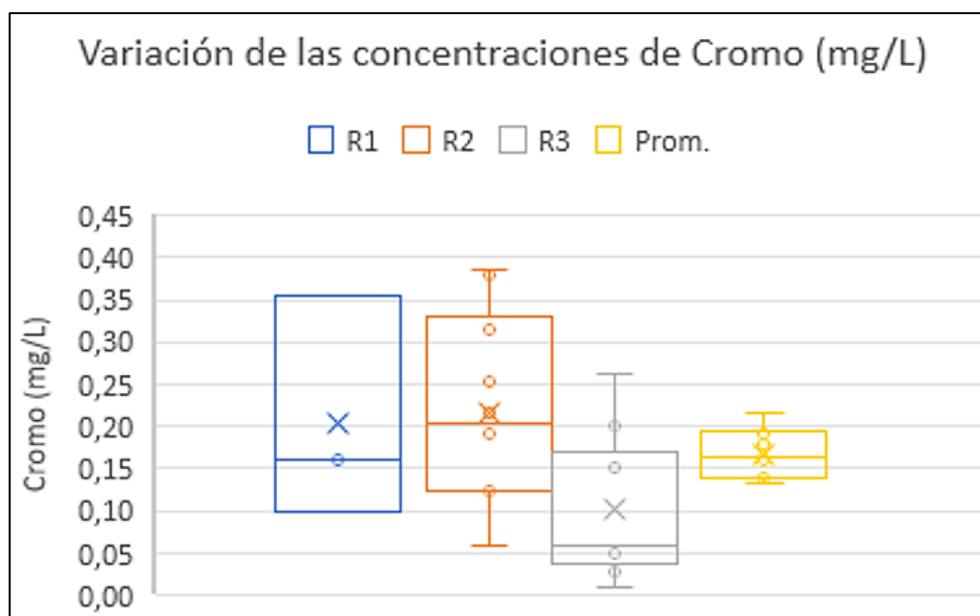
Gráficos de las concentraciones de Cr (mg/L) en lixiviados de compost.



En la ruma 3, el Cr presentó una concentración de 0.06 mg/L al iniciar el proceso, luego de experimentar una disminución hasta 0.01 mg/L, prosiguió una trayectoria con tendencias ascendente a partir del tercer registro, aunque de manera oscilante, hasta finalizar el proceso, en la que, en el décimo registro, alcanzó la mayor concentración del proceso con 0.26 mg/L.

Figura 163.

Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Cr (mg/L) en lixiviados.



El gráfico de la **figura 60**, de cajas y bigotes, muestra el comportamiento de la distribución de valores de la concentración de **Cr** (mg/L) en los lixiviados y los estadísticos de tendencia central y dispersión en todas las rumas. Se observaron valores considerados dentro de las desviaciones estándar obtenidas. La ruma 1 presentó la mayor dispersión, seguido de la ruma 2. La ruma 3, presentó la menor dispersión experimento un comportamiento relativamente homogéneo y registrando en la mayoría valores menores a las otras dos rumas, su rango de datos no superó los 0.25 mg/L.

En el **cuadro 84**, se muestra el resultado del análisis de varianza (ANOVA unifactorial) que determina las diferencias significativas entre las medias de los resultados de la concentración de **Cr** respecto al conjunto de procesos en las rumas y el manejo en cada una de ellas, los cuales influyeron en la presencia y comportamiento de este metal pesado tóxico.

Cuadro 246.

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de N en lixiviados.

Análisis de varianza						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad p-valor	Valor crítico para F
Entre grupos	0.00	1.00	0.00	0.03	0.87	4.84
Dentro de los grupos	0.15	11.00	0.01			
Total	0.15	12.00				

El análisis fue realizado a un nivel de confianza de 95%, el p-valor obtenido es mayor a 0.05 ($0.87 > 0.05$), por lo tanto, no se rechaza la H_0 ($\mu_1 = \mu_2$), es decir, es muy probable que no existan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **Cr** en los tratamientos realizados.

Mercurio (Hg) en lixiviados

Por lo que se observa en el **cuadro 85**, los valores de las concentraciones de **Hg** total en los lixiviados del proceso de compostaje en las tres rumas, estuvieron por debajo del nivel de detección a través del método

correspondiente a As de la técnica: espectrofotometría UV-Vis. Significa que fueron valores muy próximos a 0.00 mg/Kg, por lo que no se puede determinar los estadígrafos correspondientes y posterior evaluación.

Cuadro 249.

Concentraciones de Hg (mg/L) en lixiviados del proceso de compostaje.

R1	R2	R3
< 0.025	< 0.025	< 0.025
< 0.025	< 0.025	< 0.025
< 0.025	< 0.025	< 0.025
	< 0.025	< 0.025
	< 0.025	< 0.025
	< 0.025	< 0.025
	< 0.025	< 0.025
	< 0.025	< 0.025
	< 0.025	< 0.025
	< 0.025	< 0.025

Níquel (Ni) en lixiviados

En el **cuadro 86**, se presentan valores promedio de concentraciones del **metal pesado tóxico Níquel (Ni) total** en cada una de las tres rumas, incluyendo la ruma 3 (testigo). En las rumas controladas, la mayor y menor concentración del **Ni** estuvo en la ruma 2 la mayor con 4.18 mg/L y la menor con valor nulo 0.00 mg/L. La ruma testigo, presentó en general valores muy bajos; en el límite superior, presentó una concentración de **Ni** de apenas de 0.20 mg/L, y en el límite menor, fue cercano al nulo 0.02 mg/L. Al final, el proceso terminó con el valor más alto de concentración de **Ni**, entre las rumas controladas, en la 1 con 3.29 mg/L, y en la ruma testigo con apenas 0.08 mg/L, teniendo similar valor la ruma 2.

Cuadro 252.

Concentraciones de Ni (mg/L) en lixiviados del proceso de compostaje.

R1	R2	R3	Promedio
0.04	0.07	0.20	0.10
0.09	0.00	0.05	0.05
3.29	0.08	0.02	1.13
	0.08	0.07	0.08
	0.30	0.09	0.20
	0.60	0.06	0.33
	0.20	0.07	0.14
	4.18	0.13	2.16
	0.04	0.09	0.06
	0.08	0.08	0.08

En el **cuadro 87**, presentado en la siguiente página, se describen los parámetros estadísticos de las concentraciones del metal pesado tóxico **Ni** en los lixiviados del proceso de compostaje. El mayor valor de la media estuvo en la ruma 1 y el menor en la ruma 2. La ruma 3 de control (blanco) presentó el valor de 0.09 mg/L, por debajo de los valores de las rumas controladas. La mediana fue mayor en la ruma 1, y 0.07 mg/L en la ruma 3, valor por debajo de los valores hallados en las rumas controladas. La desviación estándar muestra que existe una gran dispersión de los datos respecto a la media, asociada a las bajas concentraciones halladas y el comportamiento temporal de las concentraciones de **Ni** en las rumas; teniéndose así, la desviación más alta en la ruma 1 seguida de los valores de la ruma 2 y 3.

El valor de la curtosis en la ruma 1 no fue posible ser determinada por la escasez de registros (pocos registros). La curtosis en las rumas 2 y 3 fueron positivos ($C_k > 0$, leptocúrtica), generando una distribución normal con ligeros picos, con mayor concentración de datos en torno a la media. El coeficiente de asimetría, en las tres rumas fueron positivos ($A > 0$), revelando una ligera acumulación de valores cercana y por encima de la media, configurando una

cola de distribución hacia la derecha. Los valores mínimos de la concentración de **Cd** estuvieron entre 0.00 y 0.04 mg/L, incluido la ruma 3. Los valores máximos, estuvieron entre 3.29 y 4.18 mg/L, teniendo la ruma 3 el menor máximo valor de 0.20 mg/L. Al final del proceso de compostaje, la mayor concentración de **Ni** entre las rumas controladas estuvo en al 1 con 3.29 mg/L, siendo 0.08 mg/L la última concentración en las rumas 2 y 3. Es importante señalar que, en la ruma 1 los drenajes de lixiviados ocurrieron solo en el primer mes de muestreo, habiendo durado el proceso cuatro meses.

Cuadro 255.

Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Ni (mg/L) en lixiviados de cada ruma del proceso de compostaje.

Parámetro	R1	R2	R3	Promedio
Media	1.14	0.56	0.09	0.43
Mediana	0.09	0.08	0.07	0.12
Moda	#N/D	0.08	0.07	#N/D
Desviación estándar (S)	1.86	1.28	0.05	0.69
Varianza de la muestra (S ²)	3.47	1.65	0.00	0.47
Curtosis (Ck)	#N/D	9.47	2.91	4.61
Coefficiente de asimetría (A)	1.73	3.06	1.44	2.22
Rango	3.25	4.18	0.18	2.11
Mínimo	0.04	0.00	0.02	0.05
Máximo	3.29	4.18	0.20	2.16
Cuenta	3.00	10.00	10.00	10.00

Los gráficos de la **figura 61**, muestran la variación temporal de las concentraciones de **Ni** en las tres rumas. En la ruma 1 la concentración tuvo un comportamiento muy variable con tendencia creciente, habiendo experimentando en el tercer registro una concentración alta de 3.29 mg/L, que a la postre resultó ser la más alta del proceso. En la ruma 2 la presencia de **Ni** tuvo un comportamiento relativamente estable con valores bajos, hasta el séptimo registro, luego en el octavo generó un gran salto con el mayor valor del proceso de 4.18 mg/L, concluyendo con 0,08 mg/L. En la ruma 3, la concentración inicial fue apenas 0.2 mg/L al iniciar el proceso, manteniéndose este comportamiento entorno a bajos valores hasta el final del proceso.

Figura 166.

Gráficos de las concentraciones de Ni (mg/L) en lixiviados de compost.

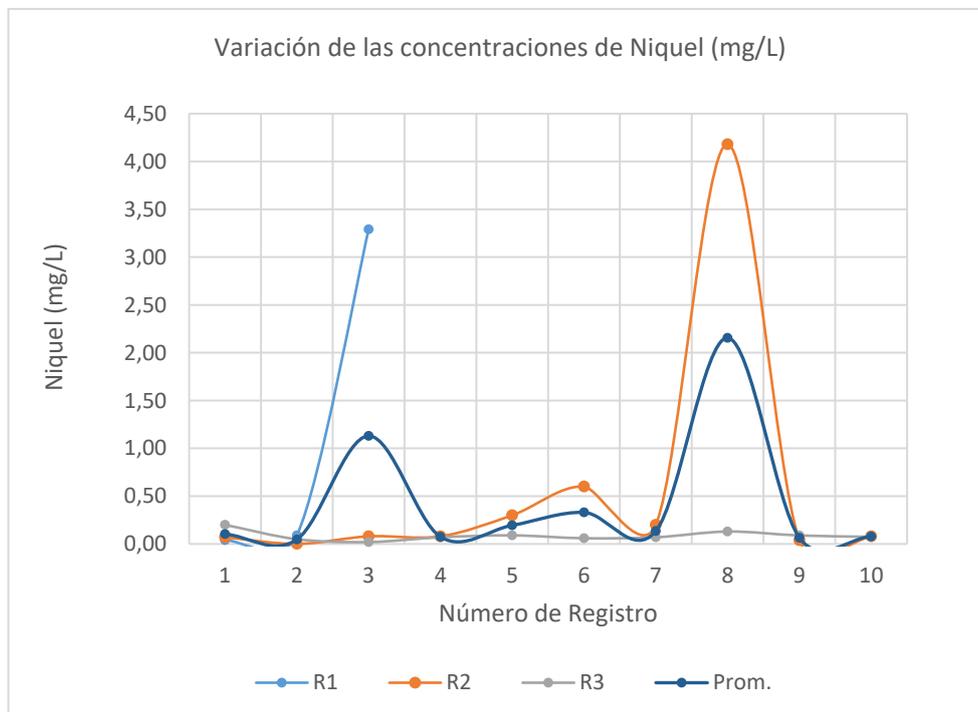
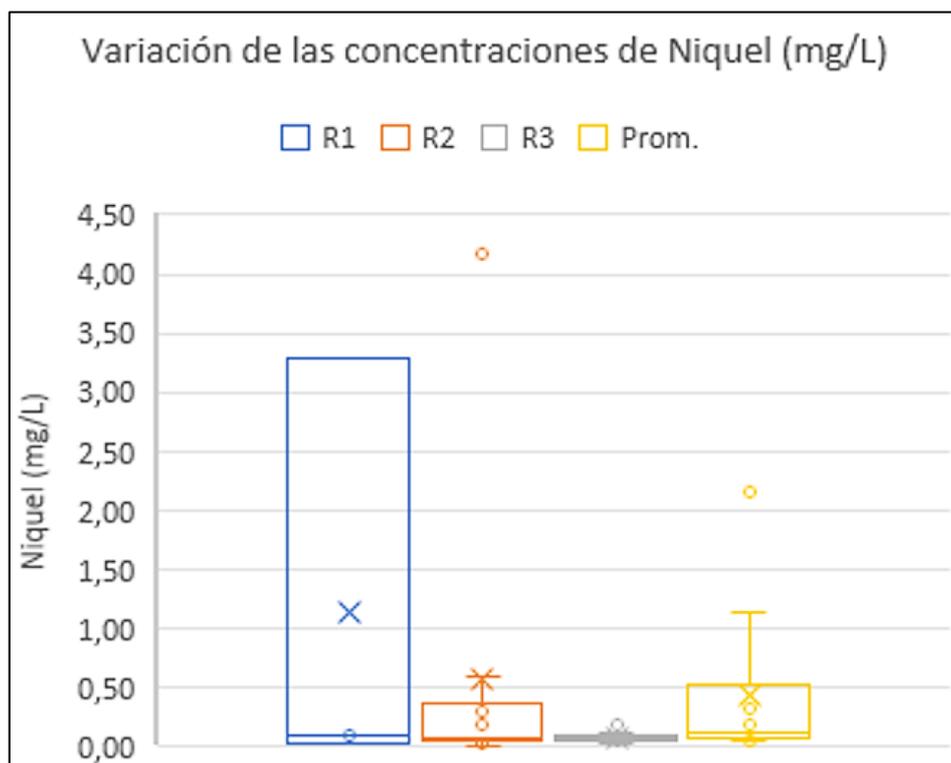


Figura 169.

Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Ni (mg/L) en lixiviados.



El gráfico de la **figura 62**, de cajas y bigotes, muestra el comportamiento de la distribución de valores de la concentración de **Ni** (mg/L) en los lixiviados y los estadísticos de tendencia central y dispersión en todas las rumas. Se observaron valores considerados dentro de las desviaciones estándar obtenidas. La ruma 1 presentó la mayor dispersión, y un valor relativamente atípico, pero dentro de la misma caja. La ruma 2 aparentemente presenta menor dispersión, pero también muestra un valor atípico extremo fuera de la caja.

La ruma 3, experimentó un comportamiento relativamente homogéneo, registrando valores igual o por debajo de 0.20 mg/L. Los valores atípicos, pueden ser explicados por la composición diferencial de la materia prima o la metodología de la toma de muestras en campo.

En el **cuadro 88**, se muestra el resultado del análisis de varianza (ANOVA unifactorial) que determina las diferencias significativas entre las medias de los resultados de la concentración de **Ni** respecto al conjunto de procesos en las rumas y el manejo en cada una de ellas, los cuales influyeron en la presencia y comportamiento de este metal pesado tóxico.

Cuadro 258.

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de Ni en lixiviados.

Análisis de varianza						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad p-valor	Valor crítico para F
Entre grupos	0.77	1.00	0.77	0.39	0.55	4.84
Dentro de los grupos	21.75	11.00	1.98			
Total	22.52	12.00				

El análisis fue realizado a un nivel de confianza de 95%, el p-valor obtenido es mayor a 0.05 ($0.55 > 0.05$), por lo tanto, no se rechaza la H_0 ($\mu_1 = \mu_2$), es decir, es muy probable que no existan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **Ni** en los tratamientos realizados.

Plomo (Pb) en lixiviados

En el **cuadro 89**, se presentan valores promedio de concentraciones del **metal pesado tóxico Plomo (Pb) total** en cada una de las tres rumas, incluyendo la ruma 3 (testigo). En las rumas controladas, la menor y mayor concentración del **Pb** estuvo en la ruma 2, la menor con 0.85 mg/L y la mayor con 3.00 mg/L. La ruma testigo, presentó en general valores bajos; en el límite menor, presentó una concentración de **Pb** de 0.40 mg/L, y en el límite mayor de 2.98 mg/L. Al final, el proceso terminó con el valor más alto de concentración de **Pb**, entre las rumas controladas, en la 1 con 1.15 mg/L, y en la ruma testigo con 1.62 mg/L.

Cuadro 261.

Concentraciones de Pb (mg/L) en lixiviados del proceso de compostaje.

R1	R2	R3	Promedio
1.33	1.40	1.22	1.32
1.48	1.12	1.45	1.35
1.15	1.54	0.97	1.22
	1.54	0.40	0.97
	2.07	1.14	1.61
	3.00	1.45	2.23
	2.19	1.24	1.72
	1.43	2.95	2.19
	1.61	2.98	2.30
	0.85	1.62	1.24

En el **cuadro 90**, presentado en la página siguiente, se describen los parámetros estadísticos de las concentraciones del metal pesado tóxico **Pb** en los lixiviados del proceso de compostaje. El mayor valor de la media estuvo en la ruma 2 y el menor en la ruma 1. La ruma 3 de control (blanco) presentó el valor de 1.54 mg/L, por debajo del valor de **Pb** en la ruma 2 pero superior al valor de la ruma 1. De similar manera, en las controladas, la mediana fue mayor en la ruma 2, y en la ruma 3 fue 1.35 mg/L, valor menor al de la 2 pero mayor al de la 1. La desviación estándar muestra que existe una gran dispersión de los datos respecto a la media, asociada a las bajas concentraciones halladas y

el comportamiento temporal de las concentraciones de **Pb** en las rumas; teniéndose así, una alta desviación en la ruma 3 seguida por los valores de las rumas 2 y 1.

El valor de la curtosis en la ruma 1 no fue posible ser determinada por la escasez de registros (pocos registros). La curtosis en las rumas 2 y 3 fueron positivos ($C_k > 0$, leptocúrtica), generando una distribución normal con ligeros picos, con mayor concentración de datos en torno a la media.

Cuadro 264.

Parámetros estadísticos descriptivos de las concentraciones de Pb (mg/L) en lixiviados de cada ruma del proceso de compostaje.

Parámetro	R1	R2	R3	Promedio
Media	1.32	1.68	1.54	1.61
Mediana	1.33	1.54	1.35	1.48
Moda	#N/D	1.54	1.45	#N/D
Desviación estándar (S)	0.17	0.61	0.82	0.48
Varianza de la muestra (S^2)	0.03	0.37	0.67	0.23
Curtosis (C_k)	#N/D	1.59	0.50	-1.41
Coefficiente de asimetría (A)	-0.27	1.08	0.99	0.41
Rango	0.33	2.15	2.58	1.33
Mínimo	1.15	0.85	0.40	0.97
Máximo	1.48	3.00	2.98	2.30
Cuenta	3.00	10.00	10.00	10.00

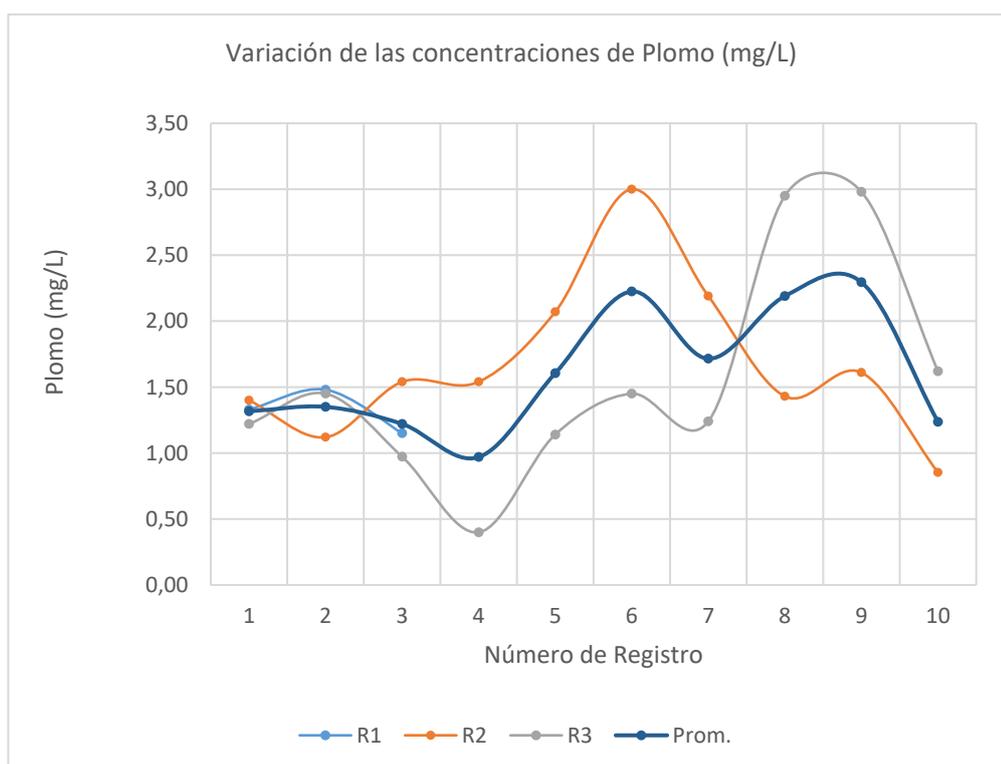
El coeficiente de asimetría, en la ruma 1 fue negativo ($A < 0$), revelando la acumulación de valores alejada y por debajo de la media, configurando una cola de distribución hacia la izquierda; mientras que, en las rumas 2 y 3 fueron positivos ($A > 0$), revelando una ligera acumulación de valores cercana y por encima de la media, configurando una cola de distribución hacia la derecha. Los valores mínimos de la concentración de **Pb** estuvieron entre 0.85 y 1.15 mg/L, habiéndose hallado en la ruma 3 un mínimo de 0.40. Los valores máximos, estuvieron entre 1.48 y 3.00 mg/L, incluido el valor de la ruma 3. Al finalizar el proceso de compostaje, la mayor concentración de **Pb** entre las

rumas controladas estuvo en al 1 con 1.15 mg/L, aunque el mayor valor absoluto estuvo en la ruma 3 con 1.62 mg/L. Es importante señalar que, en la ruma 1 los drenajes de lixiviados ocurrieron solo en el primer mes de muestreo, habiendo durado el proceso cuatro meses.

Los gráficos de la **figura 63**, muestran la variación temporal de las concentraciones de **Pb** en los lixiviados de las tres rumas. En el transcurso de los tres registros en la ruma 1 mostró cierta estabilidad con una ligera tendencia a disminuir en el último registro. En la ruma 2, el comportamiento de la presencia de **Pb** fue variable, tuvo un crecimiento oscilante progresivo que alcanzó su pico máximo en sexto registro con 3.00 mg/L, para luego disminuir sostenidamente hasta el valor final de 0.85 mg/L. En la ruma 3, el movimiento del Pb fue aún más dinámico, habiendo tenido la concentración inicial de 1.22 mg/L descendió hasta 0.40 mg/L como reza en el cuarto registro, para luego progresiva y oscilantemente crecer hasta el pico de 2.98 mg/L en el noveno registro, para culminar con 1.62 mg/L, que fue la concentración más alta de Pb en todo el proceso.

Figura 172.

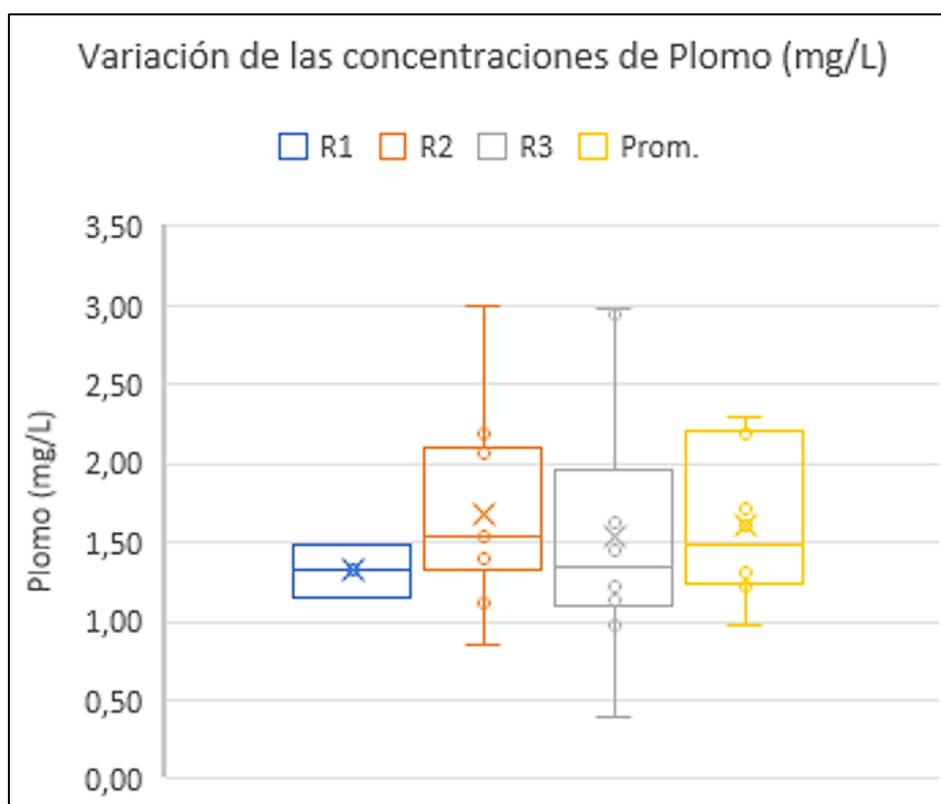
Gráficos de las concentraciones de Pb (mg/L) en lixiviados de compost.



El gráfico de la **figura 64**, de cajas y bigotes, muestra el comportamiento de la distribución de valores de la concentración de **Pb** (mg/L) en los lixiviados y los estadísticos de tendencia central y dispersión en todas las rumas. Se observaron valores considerados dentro de las desviaciones estándar obtenidas. La ruma 1 presentó la menor dispersión y con valores acumulados por debajo de 1.5 mg/L. La ruma 2 mostró la más alta dispersión con valores en su mayoría altos en comparación con la de las otras rumas. Dispersión similar que en la dos, pasó en la ruma 3, pero tuvo concentraciones ligeramente menores a la de la ruma 2.

Figura 175.

Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de los valores de la concentración de Pb (mg/L) en lixiviados.



En el **cuadro 91**, se muestra el resultado del análisis de varianza (ANOVA unifactorial) que determina las diferencias significativas entre las medias de los resultados de la concentración de **Pb** respecto al conjunto de procesos en las rumas y el manejo en cada una de ellas, los cuales influyeron en la presencia y comportamiento de este metal pesado tóxico.

Cuadro 267.

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de Pb en lixiviados.

Análisis de varianza						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad p-valor	Valor crítico para F
Entre grupos	0.29	1.00	0.29	0.94	0.35	4.84
Dentro de los grupos	3.39	11.00	0.31			
Total	3.68	12.00				

El análisis fue realizado a un nivel de confianza de 95%, el p-valor obtenido es mayor a 0.05 ($0.35 > 0.05$), por lo tanto, no se rechaza la H_0 ($\mu_1 = \mu_2$), es decir, es muy probable que no existan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **Pb** en los tratamientos realizados.

3. Resultados de la concentración de MPT y de parámetros fisicoquímicos asociados en compost estabilizado (materia seca)

A continuación, se muestran los resultados de los reportes del LCA-FCAM-UNASAM, de las concentraciones de parámetros fisicoquímicos asociados a las concentraciones de **MPT en compost estabilizado**.

Cuadro 270.

Resultados finales de muestras de compost estabilizado – producto final.

Código	Fecha	CE (μ S/cm)	pH	Materia Orgánica (%)	Humed. (%)	Relac. .C/N (%)	N Total (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)	Calcio (%)	As (*) (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Hg (*) (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)
R1/M1	06/04/2017	1822	9.23	44.25	44.56	19	1.31	0.14	1.15	5.02	< 10	0.24	18.32	2	< 1	13.16	6.97
R1/M2	06/04/2017	1608	9.45	45.81	44.29	17	1.47	0.11	3.44	3.29	< 10	0.2	21.75	1.69	< 1	3.98	5.58
R1/M3	06/04/2017	2390	9.37	50.16	45.05	19	1.45	0.12	3.34	3.31	< 10	1.02	11.79	3.45	< 1	4.93	3.85
Promedio R1		1940	9.35	46.74	44.63	18.33	1.41	0.12	2.64	3.87	< 10	0.49	17.29	2.38	< 1	7.36	5.47
R2/M1	06/04/2017	1971	9.28	47.2	43.5	25	1.05	0.09	3.55	4.03	< 10	2.3	13.38	6.07	< 1	5.97	4.82
R2/M2	06/04/2017	1615	9.37	50.79	45.39	29	0.97	0.09	2.72	3.27	< 10	3.68	13.28	0.89	< 1	3.97	7.29
R2/M3	06/04/2017	2380	9.17	52.88	47.19	21	1.41	0.08	3.34	3.14	< 10	0.6	18.17	7.14	< 1	20.97	4.14
Promedio R2		1988.67	9.27	50.29	45.36	25.00	1.14	0.09	3.20	3.48	< 10	2.19	14.94	4.70	< 1	10.30	5.42
R3	26/06/2017	1648	9.67	45.79	44.21	24	1.06	0.14	1.66	3.79	< 10	1.2	24.77	6.53	< 1	22.43	3.84

(*) Valores traza.

4. Resultados de las correlaciones en metales de la materia prima (resultados de la especiación de metales) en el proceso de compostaje.

RESULTADOS DE CORRELACIÓN 1 - COMPOST

Son las correlaciones en la movilidad de los MPT de la materia prima (valores numéricos resultado de la especiación de MPT en sedimentos de compost estabilizado). En el **cuadro 93**, se muestran los valores numéricos que serán confrontados entre sí para hallar las correlaciones.

Cuadro 273.

Valores numéricos de MPT de la materia prima hallados a través de la especiación de MPT en sedimentos de compost estabilizado.

Ruma	Muestra	Al (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
Ruma 1	Extracción 1	55.00	120.00	55.00	195.00	155.00	430.00
	Extracción 2	115.00	350.00	20.00	480.00	350.00	35.00
	Extracción 3	740.00	1055.00	60.00	1465.00	1085.00	610.00
	Extracción 4	120.00	80.00	40.00	95.00	110.00	45.00
	Promedio	257.50	401.25	43.75	558.75	425.00	280.00
Ruma 2	Extracción 1	85.00	150.00	50.00	120.00	105.00	220.00
	Extracción 2	40.00	295.00	60.00	405.00	175.00	255.00
	Extracción 3	205.00	980.00	130.00	590.00	460.00	510.00
	Extracción 4	65.00	105.00	55.00	95.00	70.00	195.00
	Promedio	98.75	382.50	73.75	302.50	202.50	295.00
Ruma 3	Extracción 1	80.00	90.00	70.00	230.00	55.00	115.00
	Extracción 2	195.00	35.00	125.00	135.00	280.00	110.00
	Extracción 3	600.00	1425.00	310.00	910.00	1340.00	415.00
	Extracción 4	55.00	95.00	50.00	75.00	125.00	100.00
	Promedio	232.50	411.25	138.75	337.50	450.00	185.00

El reporte de las correlaciones se divide en **tres partes**:

- i. En la **primera** se detalla las correlaciones encontradas en el análisis de datos por ruma;
- ii. en la **segunda**, se presenta el análisis del conjunto de datos de todas las rumas, incluyendo los registros de la ruma 3 (control); y
- iii. La regresión múltiple de las correlaciones más significativas.

RUMA 1

En el **cuadro 94**, se muestra la matriz de correlaciones de Pearson de MPT de materia prima, hallados en la especiación de **MPT** en sedimentos de compost estabilizado, desarrollados en la **ruma 1**.

Cuadro 276.

Matriz de correlaciones de Pearson de metales de materia prima hallados a través de la especiación de MPT en sedimentos de compost estabilizado – Ruma 1.

Variables	Al (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
Al (mg/Kg)	1	0.968	0.543	0.966	0.975	0.706
p –value	0	0.032	0.457	0.034	0.025	0.294
Fe (mg/Kg)		1	0.406	1.000	0.999	0.673
p –value		0	0.594	0.000	0.001	0.327
Cu (mg/Kg)			1	0.422	0.437	0.890
p –value			0	0.578	0.563	0.110
Pb (mg/Kg)				1	0.999	0.692
p –value				0	0.001	0.308
Mn (mg/Kg)					1	0.693
p –value					0	0.307
Zn (mg/Kg)						1
p –value						0

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa = 0.05

Coefficiente de determinación de Pearson

En el **cuadro 95**, se presentan los coeficientes de determinación de Pearson de los MPT de materia prima, hallados a través de la especiación de MPT en sedimentos de compost estabilizado, desarrollados en la **ruma 1**.

Cuadro 279.

Coefficientes de determinación de Pearson de los MPT de materia prima hallados a través de la especiación de MPT, desarrollado en la ruma 1.

Variables	Al (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
Al (mg/Kg)	1	0.937	0.295	0.933	0.950	0.498
Fe (mg/Kg)		1	0.165	0.999	0.999	0.453
Cu (mg/Kg)			1	0.178	0.191	0.791
Pb (mg/Kg)				1	0.999	0.480
Mn (mg/Kg)					1	0.481
Zn (mg/Kg)						1

Jerarquización y Clasificación de los Coeficientes de Correlación entre los MPT de la Materia Prima (metales vs metales)

El **cuadro 96**, muestra los **coeficientes de correlación bivariada** de alta significancia estadística. Otras correlaciones no fueron significativas. El análisis no es de **causalidad**.

Cuadro 282.

Coefficientes de correlación bivariada de Pearson de alta significancia estadística de la materia prima, hallado a través de la especiación de metales, ruma 1.

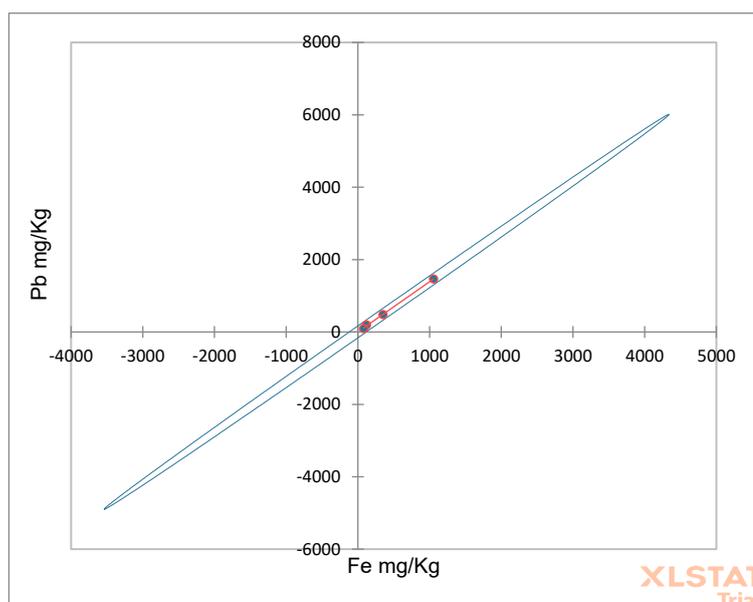
Nº	Variable 1	Variable 2	r - Pearson	N. Significancia	Descripción de la correlación.
1	Plomo	Hierro	1.000	0.000	Positiva perfecta
2	Manganeso	Hierro	0.099	0.001	Positiva muy alta
3	Manganeso	Plomo	0.099	0.001	Positiva muy alta
4	Manganeso	Aluminio	0.975	0.025	Positiva muy alta
5	Hierro	Aluminio	0.968	0.032	Positiva muy alta
6	Plomo	Aluminio	0.966	0.034	Positiva muy alta

1. La **correlación entre Pb y Fe es positiva perfecta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Pb le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Fe; es decir, existe una relación directa.

El **dispersiograma (figura 65)**, muestra la nube de puntos de concentración de Pb y Fe medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=1.00$. El coeficiente de determinación $R^2=0.999$, indica que cerca del 99.9% de la variabilidad de la concentración de Pb es explicada por la variabilidad de la concentración de Fe, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 178.

Dispersiograma de la correlación entre Fe y Pb, en compost – ruma 1.



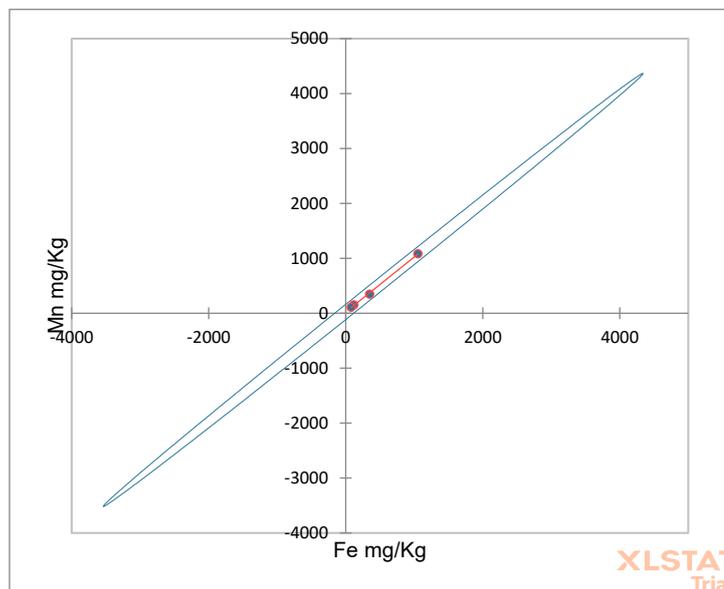
2. La **correlación entre Mn y Fe es positiva muy alta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de **Mn** le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de **Fe**; es decir, existe una relación directa, entre las variables.

El **dispersiograma (figura 66)**, muestra la nube de puntos de concentración de Mn y Fe medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.999$. El coeficiente de determinación $R^2=0.999$ indica que cerca del 99.9% de la variabilidad de la concentración de Mn es explicada por la

variabilidad de la concentración de Fe, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 181.

Dispersiograma de correlación entre Fe y Mn, en compost – ruma 1.



- 3. La correlación entre Mn y Pb es positiva muy alta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Mn le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Pb; es decir, existe una relación directa.

El **dispersiograma (figura 67)**, presentado en la página siguiente, muestra la nube de puntos de concentración de Mn y Pb medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.999$. El coeficiente de determinación $R^2=0.999$, indica que cerca del 99.9% de la variabilidad de la concentración de Mn es explicada por la variabilidad de la concentración de Pb, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

- 4. La correlación entre Mn y Al es positiva muy alta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Mn le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Al; es decir, existe una relación directa.

El **dispersiograma**, mostrado en la siguiente página (**figura 68**), muestra la nube de puntos de concentración de Mn y Al medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.975$. El coeficiente de determinación $R^2=0.950$, indica que cerca del 95.0% de la variabilidad de la concentración de Al es explicada por la variabilidad de la concentración de Mn, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 184.

Dispersiograma de correlación entre Pb y Mn, en compost –
ruma 1.

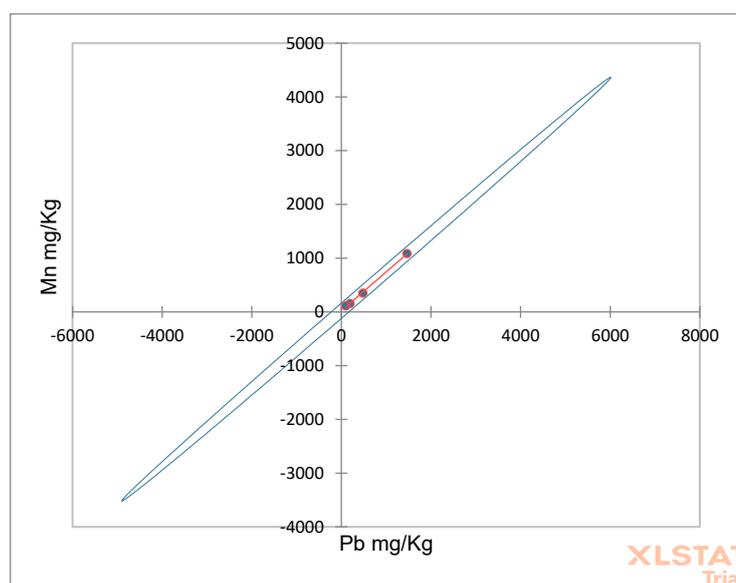
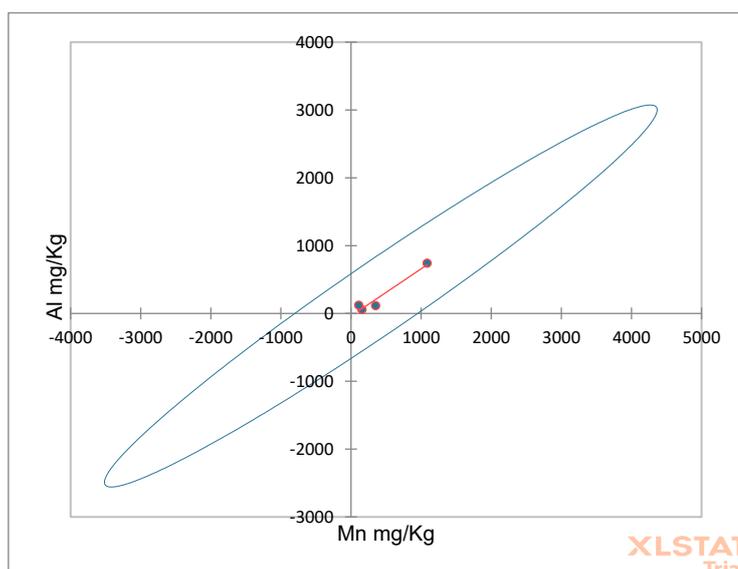


Figura 187.

Dispersiograma de correlación entre Mn y Al, en compost –
ruma 1.

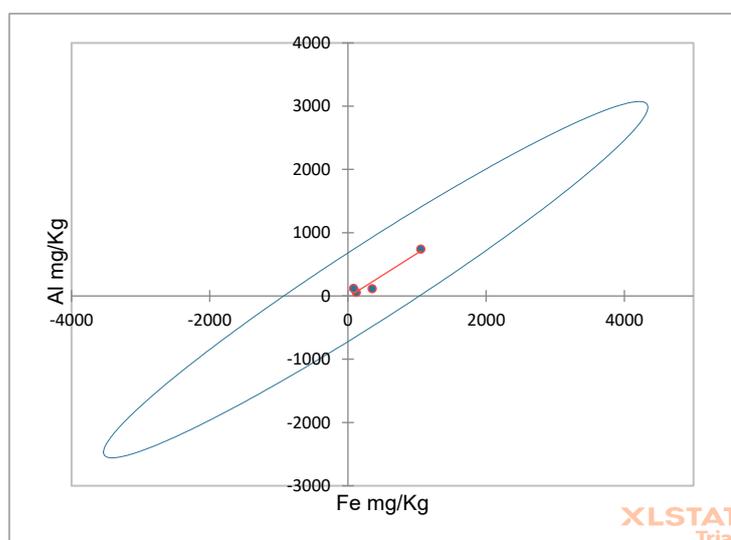


5. **La correlación entre Fe y Al es positiva muy alta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Fe le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Al; es decir, existe una relación directa.

El **dispersiograma (figura 69)**, muestra la nube de puntos de concentración de **Fe** y **Al** medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.968$. El coeficiente de determinación $R^2= 0.937$, indica que cerca del 93.7% de la variabilidad de la concentración de Al es explicada por la variabilidad de la concentración de Fe, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 190.

Dispersiograma de correlación entre Fe y Al, en compost – ruma 1.



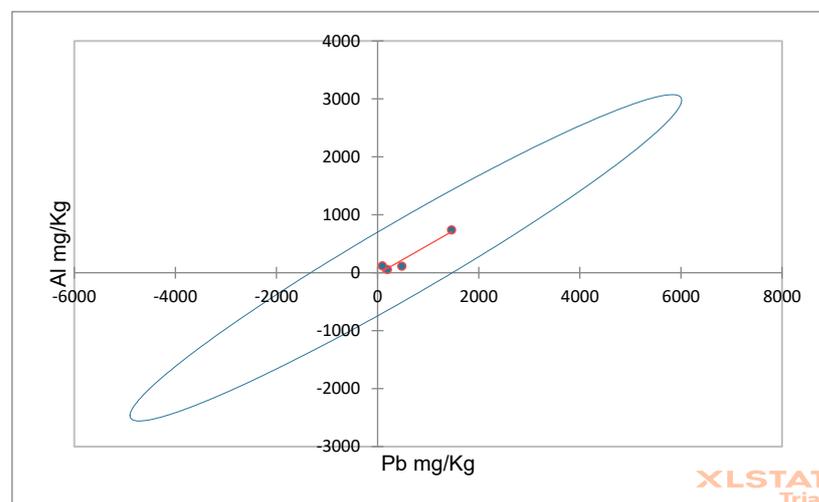
6. **La correlación entre Pb y Al es positiva muy alta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Pb le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Al; es decir, existe una relación directa.

El **dispersiograma (figura 70)**, muestra la nube de puntos de concentración de Pb y Al medidas al mismo tiempo, y la relación positiva $r=0.966$. El coeficiente de determinación $R^2=0.933$, indica que cerca del 93.3% de la variabilidad de la concentración de Al es explicada por la

variabilidad de la concentración de Pb, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 193.

Dispersiograma de correlación entre Pb y Al, en compost – ruma 1.



RUMA 2

En el **cuadro 97**, se muestra la matriz de correlaciones de Pearson de MPT de materia prima, hallados a través de la especiación de **MPT** en sedimentos de compost estabilizado, desarrollados en la **ruma 2**.

Cuadro 285.

Matriz de correlaciones de Pearson de MPT de materia prima, hallado a través de la especiación de MPT en sedimentos de compost estabilizado – Ruma 2.

Variables	Al (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
Al (mg/Kg)	1	0.910	0.935	0.652	0.894	0.927
p –value	0	0.090	0.065	0.348	0.106	0.073
Fe (mg/Kg)		1	0.990	0.907	0.999	0.999
p -value		0	0.010	0.093	0.001	0.001
Cu (mg/Kg)			1	0.855	0.981	0.990
p –value			0	0.145	0.019	0.010
Pb (mg/Kg)				1	0.922	0.889
p –value				0	0.078	0.111
Mn (mg/Kg)					1	0.997
p –value					0	0.003
Zn (mg/Kg)						1
p -value						0

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0.05

Coeficiente de determinación de Pearson

En el **cuadro 98**, se presentan los coeficientes de determinación de Pearson de los MPT de materia prima, hallados a través de la especiación de MPT en sedimentos de compost estabilizado, desarrollados en la **ruma 2**.

Cuadro 288.

Coeficientes de determinación de Pearson de los MPT de materia prima, hallado a través de la especiación de MPT, desarrollado en la ruma 2.

Variables	Al (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
Al (mg/Kg)	1	0.827	0.874	0.425	0.800	0.859
Fe (mg/Kg)		1	0.980	0.822	0.997	0.998
Cu (mg/Kg)			1	0.730	0.	0.981
Pb (mg/Kg)				1	0.851	0.789
Mn (mg/Kg)					1	0.993
Zn (mg/Kg)						1

Jerarquización y Clasificación de los Coeficientes de Correlación entre los MPT de la Materia Prima (metales vs metales)

En el **cuadro 99**, están los coeficientes de correlación bivariada que tuvieron una alta significancia **estadística**. Otras correlaciones estadísticamente no fueron significativas o no tuvieron evidencia de relación entre las variables. El análisis no necesariamente implica **causalidad**.

Cuadro 291.

Coeficientes de correlación bivariada de Pearson de alta significancia estadística de la materia prima, hallada a través de la especiación de MPT en sedimentos de compost, ruma 2.

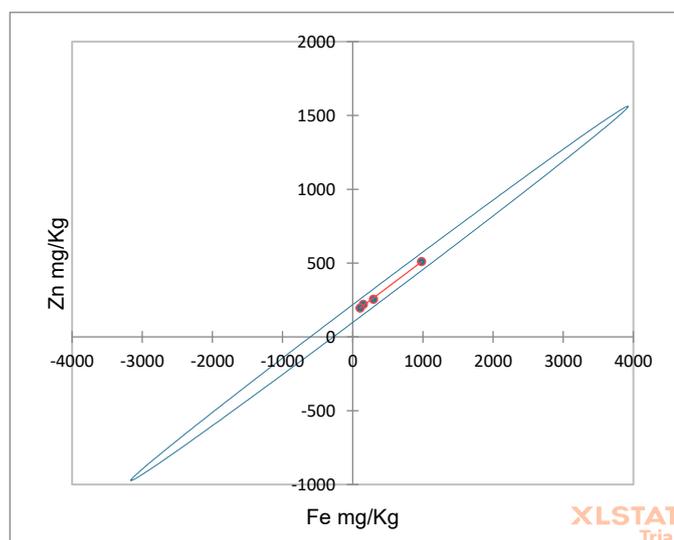
Nº	Variable 1	Variable 2	r - Pearson	N. Significancia	Descripción de la correlación.
1	Zinc	Hierro	0.999	0.001	Positiva muy alta
2	Manganeso	Hierro	0.999	0.001	Positiva muy alta
3	Manganeso	Zinc	0.997	0.003	Positiva muy alta
4	Zinc	Cobre	0.990	0.010	Positiva muy alta
5	Cobre	Hierro	0.990	0.010	Positiva muy alta
6	Manganeso	Cobre	0.981	0.019	Positiva muy alta

1. **La correlación entre Zn y Fe es positiva perfecta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Zn le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Fe; es decir, existe una relación directa.

El dispersiograma (**figura 71**), muestra la nube de puntos de concentración de Zn y Fe medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.999$. El coeficiente de determinación $R^2=0.998$, indica que cerca del 99.8% de la variabilidad de la concentración de Fe es explicada por la variabilidad de la concentración de Zn, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 196.

Dispersiograma de la correlación entre Fe y Zn, en compost – ruma 2.

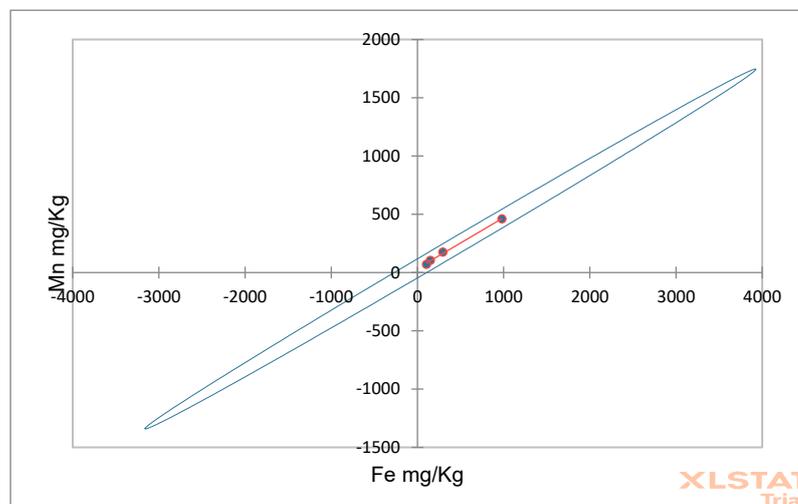


2. **La correlación entre Mn y Fe es positiva muy alta**, lo que indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Mn le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Fe; es decir, existe una relación directa entre estas variables.

El **dispersiograma (figura 72)**, muestra la nube de puntos de concentración de Mn y Fe medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.999$. El coeficiente de determinación $R^2=0.997$, indica que cerca del 99.7% de la variabilidad de la concentración de Fe es explicada por la variabilidad de la concentración de Mn, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 199.

Dispersiograma de correlación entre Fe y Mn, en compost – ruma 2.

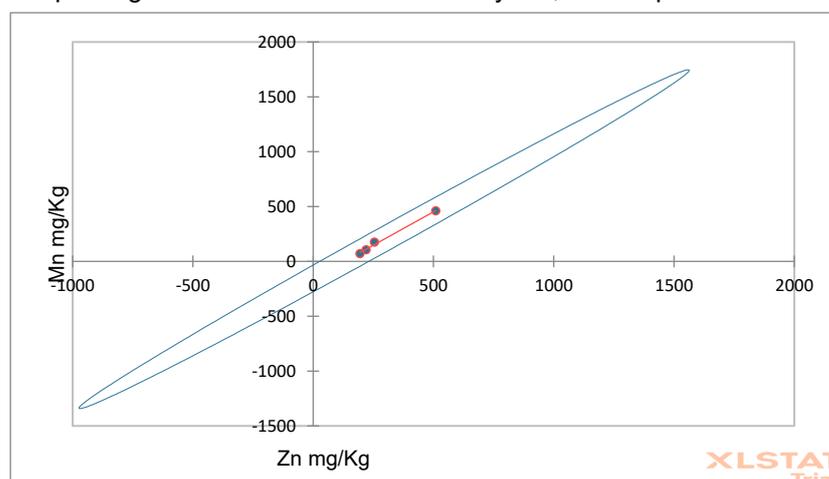


3. **La correlación entre Mn y Zn es positiva muy alta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Mn le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Zn; es decir, existe una relación directa.

El **dispersiograma (figura 73)**, muestra la nube de puntos de concentración de Mn y Zn medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.997$. El coeficiente de determinación $R^2=0.993$, indica que cerca del 99.3% de la variabilidad de la concentración de Mn es explicada por la variabilidad de la concentración de Zn, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 202.

Dispersiograma de correlación entre Zn y Mn, en compost – ruma 2.

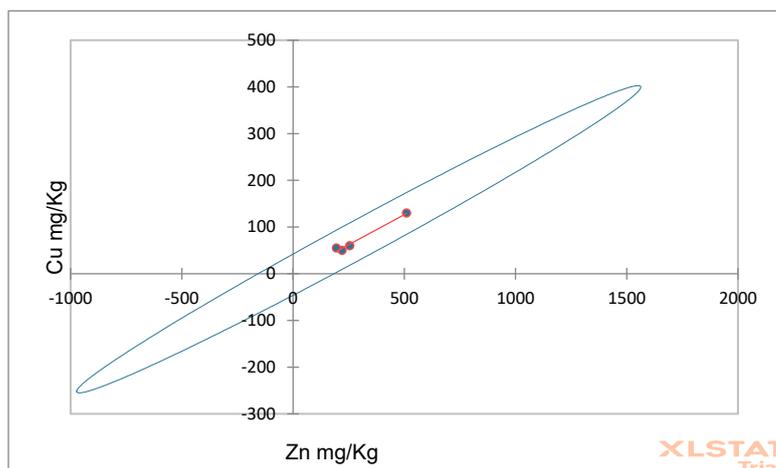


4. **La correlación entre Zn y Cu es positiva muy alta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Zn le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Cu; es decir, existe una relación directa entre estas variables.

El **dispersiograma (figura 74)**, muestra la nube de puntos de concentración de Zn y Cu medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.990$. El coeficiente de determinación $R^2=0.981$, indica que cerca del 98.1% de la variabilidad de la concentración de Cu es explicada por la variabilidad de la concentración de Zn, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 205.

Dispersiograma de correlación entre Zn y Cu, en compost –ruma 2.

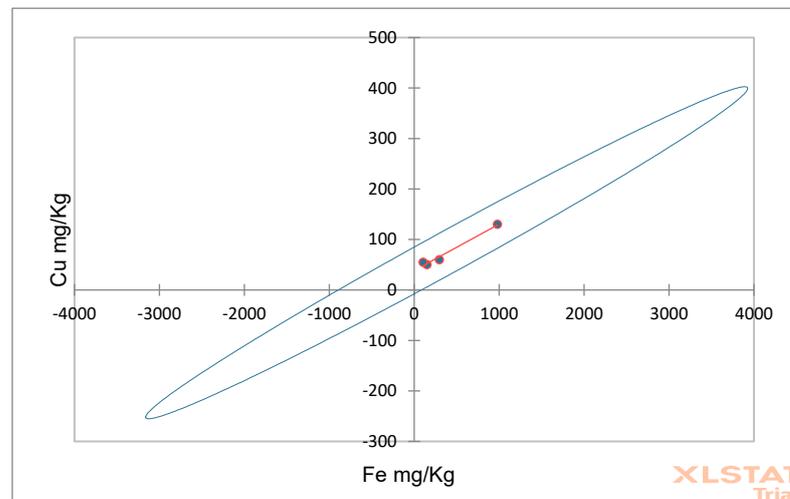


5. **La correlación entre Fe y Cu es positiva muy alta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Fe le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Cu; es decir, existe una relación directa entre estas variables.

El **dispersiograma (figura 75)**, muestra la nube de puntos de concentración de Fe y Cu medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.990$. El coeficiente de determinación $R^2=0.980$, indica que cerca del 98.0% de la variabilidad de la concentración de Fe es explicada por la variabilidad de la concentración de Cu, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 208.

Dispersiograma de correlación entre Fe y Cu, en compost –ruma 2.

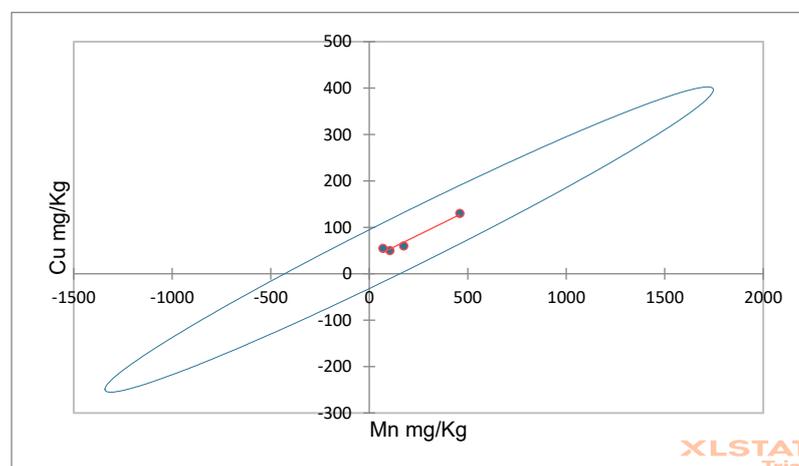


6. **La correlación entre Mn y Cu es positiva muy alta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Mn le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Cu; es decir, existe una relación directa.

El **dispersiograma (figura 76)**, muestra la nube de puntos de concentración de Mn y Cu al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.981$. El coeficiente de determinación $R^2=0.962$, indica que cerca del 96.2% de la variabilidad de la concentración de Mn es explicada por la variabilidad de la concentración de Cu, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 211.

Dispersiograma de correlación entre Mn y Cu, en compost –ruma 2.



RUMA 3

En el **cuadro 100**, se muestra la matriz de correlaciones de Pearson de MPT de materia prima, hallados a través de la especiación de **MPT** en sedimentos de compost estabilizado, desarrollados en la **ruma 3**.

Cuadro 294.

Matriz de correlaciones de Pearson de MPT de materia prima, hallado a través de la especiación de MPT en sedimentos de compost estabilizado – Ruma 3.

Variables	Al (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
Al (mg/Kg)	1	0.960	0.999	0.959	0.992	0.973
p -value	0	0.040	0.001	0.041	0.008	0.027
Fe (mg/Kg)		1	0.952	0.986	0.981	0.998
p -value		0	0.048	0.014	0.019	0.002
Cu (mg/Kg)			1	0.956	0.987	0.967
p -value			0	0.044	0.013	0.033
Pb (mg/Kg)				1	0.963	0.992
p -value				0	0.037	0.008
Mn (mg/Kg)					1	0.986
p -value					0	0.014
Zn (mg/Kg)						1
p -value						0

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0.05

Coefficiente de determinación de Pearson

Cuadro 297.

Coefficientes de determinación de Pearson de los MPT de materia prima, hallado a través de la especiación de MPT desarrollado en la rumas 3.

Variables	Al (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
Al (mg/Kg)	1	0,922	0,999	0,919	0,984	0,947
Fe (mg/Kg)		1	0,907	0,972	0,962	0,996
Cu (mg/Kg)			1	0,914	0,974	0,936
Pb (mg/Kg)				1	0,928	0,984
Mn (mg/Kg)					1	0,972
Zn (mg/Kg)						1

En el **cuadro 101**, se presentan los coeficientes de determinación de Pearson de los MPT de materia prima, hallados a través de la especiación de MPT en sedimentos de compost estabilizado, desarrollados en la **ruma 3**.

Jerarquización y Clasificación de los Coeficientes de Correlación entre los MPT de la Materia Prima (metales vs metales)

En el **cuadro 102**, están los coeficientes de correlación bivariada que tuvieron una alta significancia estadística. Otras correlaciones estadísticamente no fueron significativas o no tuvieron evidencia de relación entre las variables. El análisis no necesariamente implica **causalidad**.

Cuadro 300.

Coeficientes de correlación bivariada de Pearson de alta significancia estadística de la materia prima, halada a través de la especiación de MPT, ruma 3.

Nº	Variable 1	Variable 2	r - Pearson	N. Significancia	Descripción de la correlación.
1	Aluminio	Cobre	0.999	0.001	Positiva muy alta
2	Hierro	Zinc	0.998	0.002	
3	Manganeso	Aluminio	0.992	0.008	
4	Zinc	Plomo	0.992	0.008	
5	Manganeso	Cobre	0.987	0.013	
6	Plomo	Hierro	0.986	0.014	
7	Zinc	Manganeso	0.986	0.014	
8	Manganeso	Hierro	0.981	0.019	
9	Zinc	Aluminio	0.973	0.027	
10	Zinc	Cobre	0.967	0.033	
11	Manganeso	Plomo	0.963	0.037	
12	Hierro	Aluminio	0.960	0.040	
13	Plomo	Aluminio	0.959	0.041	
14	Cobre	Plomo	0.956	0.044	
15	Hierro	Cobre	0.952	0.048	

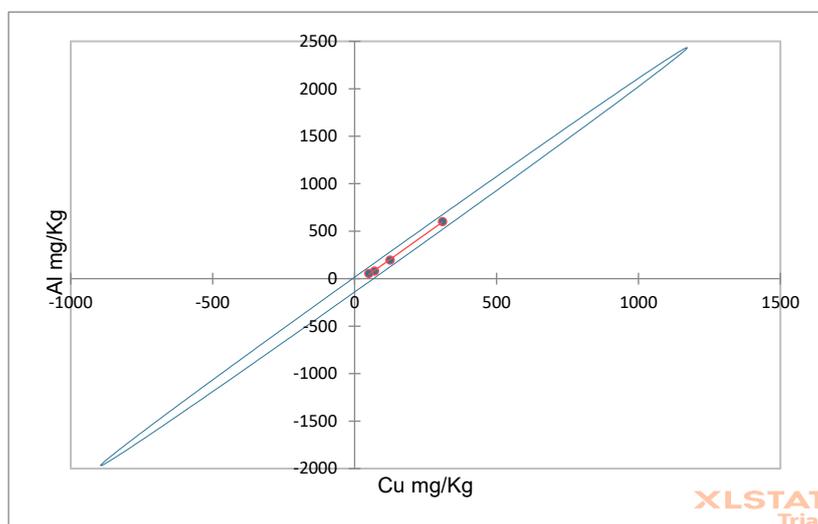
- 1. La correlación entre Al y Cu positiva perfecta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Al le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Cu; es decir, existe una relación directa.

El **dispersiograma (figura 77)**, muestra la nube de puntos de concentración de Al y Cu medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.999$. El coeficiente de determinación $R^2=0.999$, indica que cerca del 99.9% de la variabilidad de la concentración de Al es explicada por la

variabilidad de la concentración de Cu, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 214.

Dispersiograma de la correlación entre Cu y Al, en compost – ruma 3.



2. **La correlación entre Zn y Fe es positiva muy alta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Zn le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Fe; es decir, existe una relación directa.

El **dispersiograma** encontrado en la página siguiente (**figura 78**), muestra la nube de puntos de concentración de Zn y Fe medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.998$. El coeficiente de determinación $R^2=0.996$, indica que cerca del 99.6% de la variabilidad de la concentración de Zn es explicada por la variabilidad de la concentración de Fe, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

3. **La correlación entre Mn y Al es positiva muy alta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Mn le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Al; es decir, existe una relación directa.

El **dispersiograma (figura 79)**, observado en la página siguiente, muestra la nube de puntos de concentración de Mn y Al medidas al mismo tiempo,

y la correlación positiva $r=0.992$. El coeficiente de determinación $R^2=0.984$, indica que cerca del 98.4% de la variabilidad de la concentración de Al es explicada por la variabilidad de la concentración de Mn, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 217.

Dispersiograma de la correlación entre Fe y Zn, en compost – ruma 3.

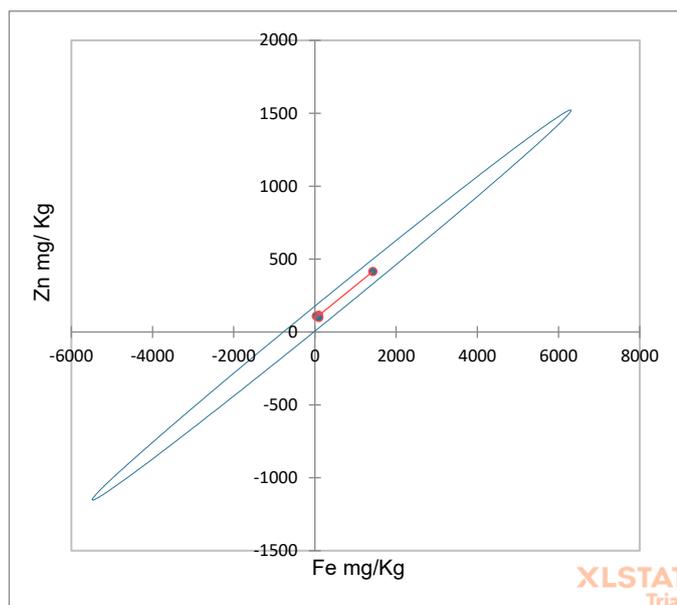
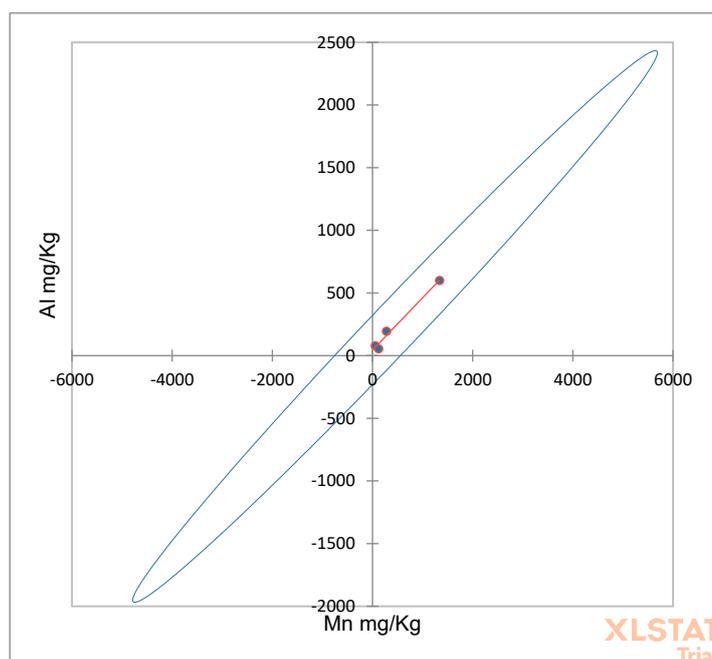


Figura 220.

Dispersiograma de correlación entre Mn y Al, en compost – ruma 3.

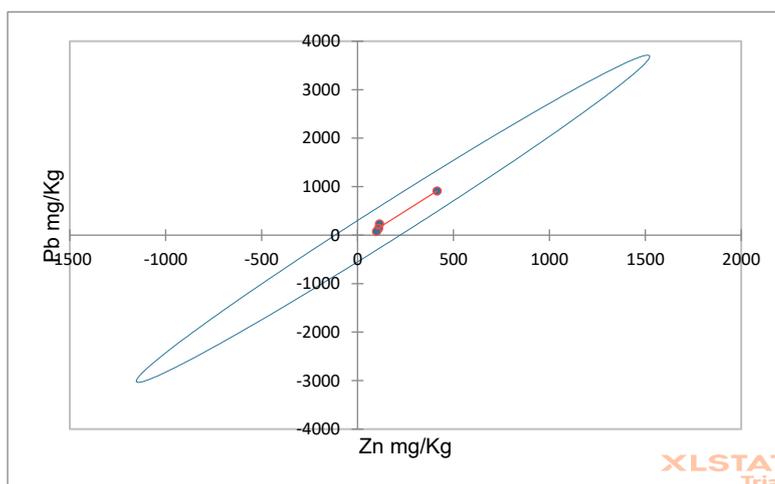


4. **La correlación entre Zn y Pb es positiva muy alta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Zn le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Pb; es decir, existe una relación directa entre estas variables.

El **dispersiograma (figura 80)**, muestra la nube de puntos de concentración de Zn y Pb medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.992$. El coeficiente de determinación $R^2=0.984$, indica que cerca del 98.4% de la variabilidad de la concentración de **Pb** es explicada por la variabilidad de la concentración de **Zn**, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 223.

Dispersiograma de correlación entre Zn y Pb, en compost –ruma 3.

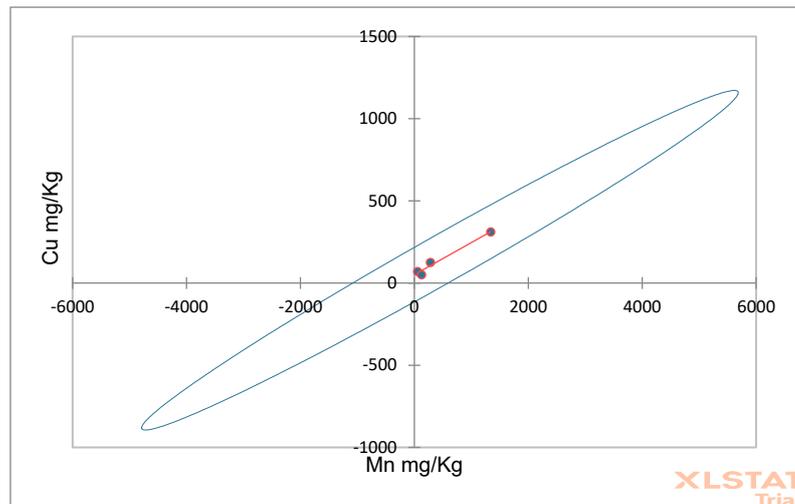


5. **La correlación entre Mn y Cu es positiva muy alta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Mn le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Cu; es decir, existe una relación directa.

El **dispersiograma (figura 81)**, muestra la nube de puntos de concentración de Mn y Cu medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.987$. El coeficiente de determinación $R^2=0.974$, indica que cerca del 97.4% de la variabilidad de la concentración de Cu es explicada por la variabilidad de la concentración de Mn, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 226.

Dispersiograma de correlación entre Mn y Cu, en compost – ruma 3.

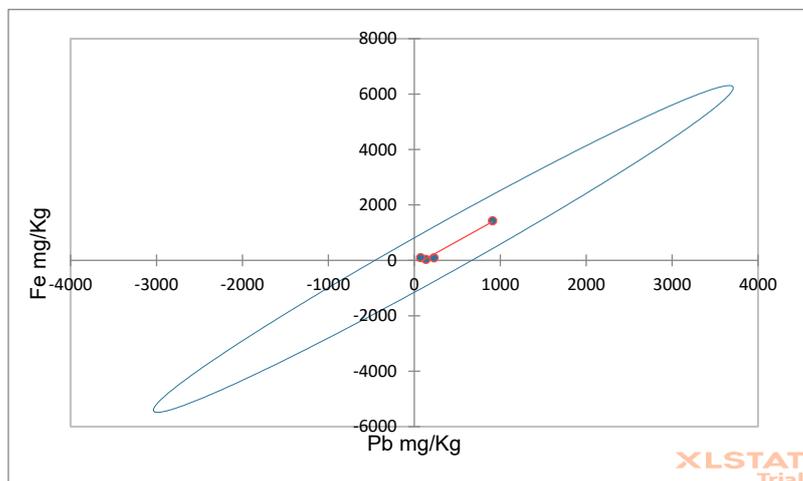


6. **La correlación entre Plomo y Hierro es positiva muy alta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Pb le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Fe; es decir, existe una relación directa entre estas variables.

El **dispersiograma (figura 82)**, muestra la nube de puntos de concentración de Pb y Fe medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.986$. El coeficiente de determinación $R^2=0.972$, indica que cerca del 97.2% de la variabilidad de la concentración de Fe es explicada por la variabilidad de la concentración de Pb, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 229.

Dispersiograma de correlación entre Pb y Fe, en compost – ruma 3.

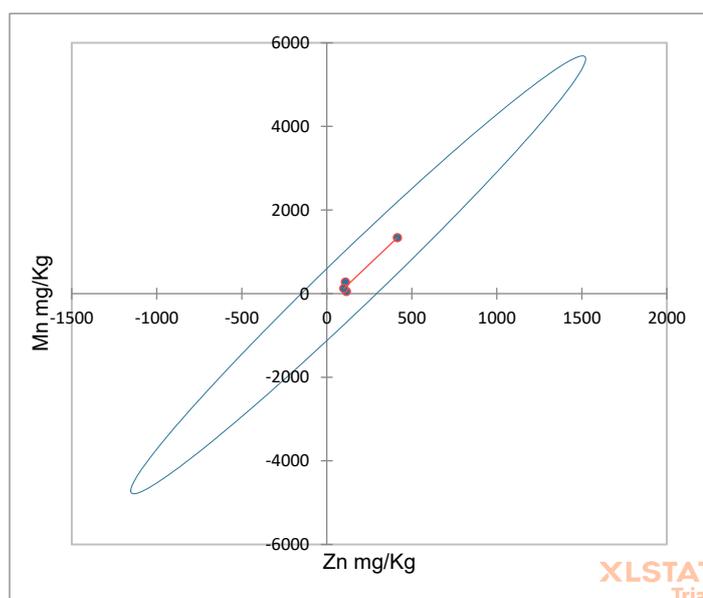


7. **La correlación entre Zn y Mn es positiva muy alta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Zn le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Mn, es decir, existe una relación directa entre estas variables.

El **dispersiograma (figura 83)**, muestra la nube de puntos de concentración de Zn y Mn medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.986$. El coeficiente de determinación $R^2=0.972$, indica que cerca del 97.2% de la variabilidad de la concentración de Zc es explicada por la variabilidad de la concentración de Mn, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 232.

Dispersiograma de correlación entre Zn y Mn, en compost – ruma 3.



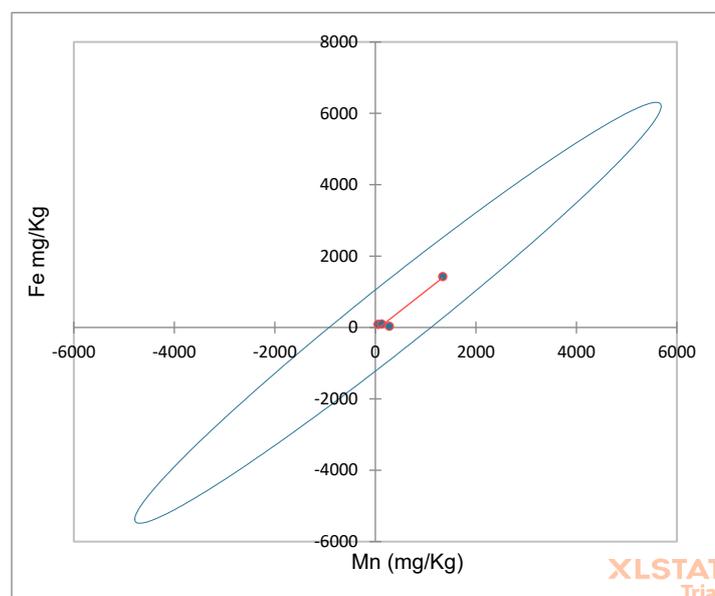
8. **La correlación entre Mn y Fe es positiva muy alta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Mn le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Fe, es decir, existe una relación directa.

El **dispersiograma (figura 84)**, muestra la nube de puntos de concentración de Mn y Fe medidas al mismo tiempo, y la correlación

positiva $r=0.981$. El coeficiente de determinación $R^2=0.962$, indica que cerca del 96.2% de la variabilidad de la concentración de Fe es explicada por la variabilidad de la concentración de Mn, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 235.

Dispersiograma de correlación entre Mn y Fe, en compost – ruma 3.



- 9. La correlación entre Zn y Al es positiva muy alta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Zn le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Al; es decir, existe una relación directa entre estas variables.

El **dispersiograma (figura 85)**, observado en la página siguiente, muestra la nube de puntos de concentración de Zn y Al medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.973$. El coeficiente de determinación $R^2=0.947$, indica que cerca del 94.7% de la variabilidad de la concentración de Al es explicada por la variabilidad de la concentración de Zn, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

- 10. La correlación entre Zn y Cu es positiva muy alta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Zn le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Cu; es decir, existe una relación directa entre estas variables.

El dispersiograma (figura 86), muestra la nube de puntos de concentración de Zn y Cu medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.967$. El coeficiente de determinación $R^2=0.936$, indica que cerca del 93.6% de la variabilidad de la concentración de Cu es explicada por la variabilidad de la concentración de Zn, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 238.

Dispersiograma de correlación entre Zn y Al en compost – ruma 3.

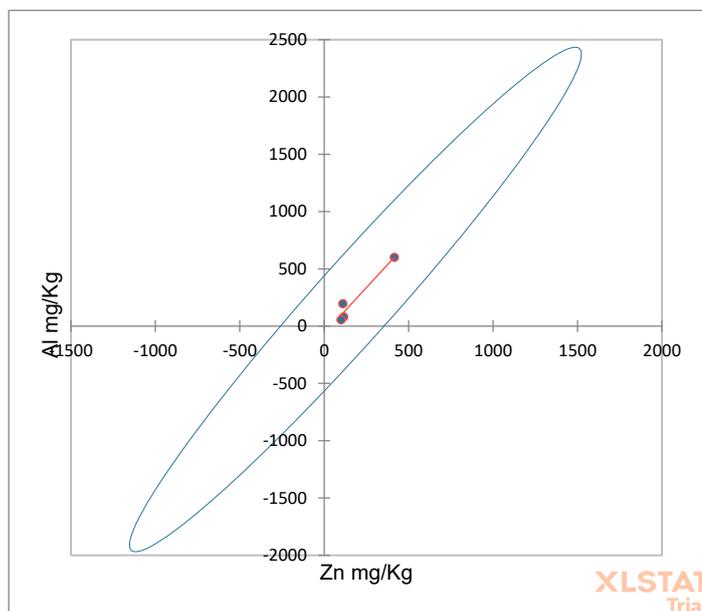
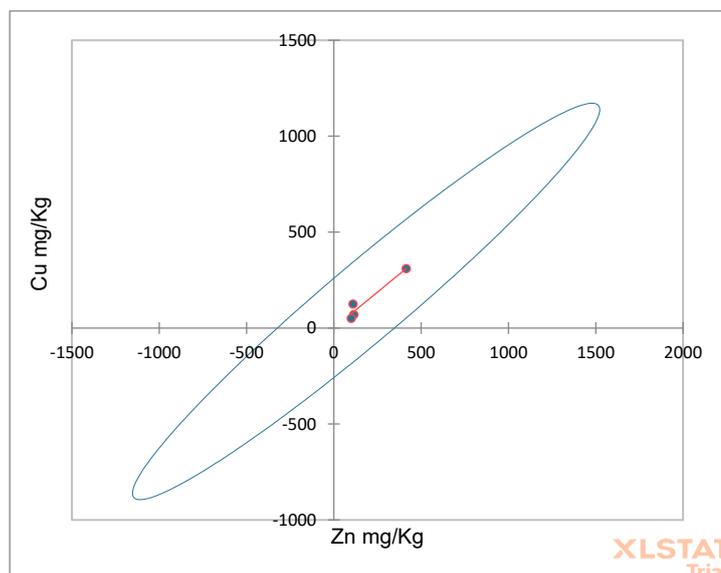


Figura 241.

Dispersiograma de correlación entre Zn y Cu en compost – ruma 3.

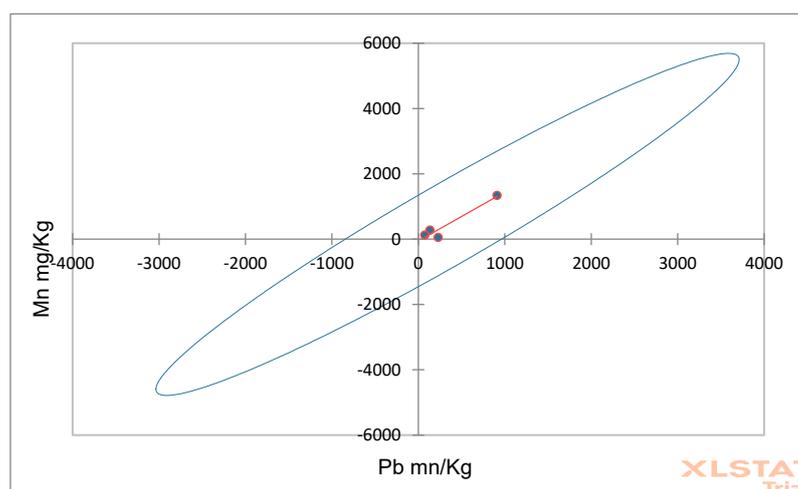


11. **La correlación entre Mn y Pb es positiva muy alta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Mn le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Pb; es decir, existe una relación directa.

El **dispersiograma (figura 87)**, muestra la nube de puntos de concentración de Mn y Pb al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.963$. El coeficiente de determinación $R^2=0.928$, indica que cerca del 92.8% de la variabilidad de la concentración de Mn es explicada por la variabilidad de la concentración de Pb, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 244.

Dispersiograma de correlación entre Pb y Mn en compost – ruma 3.

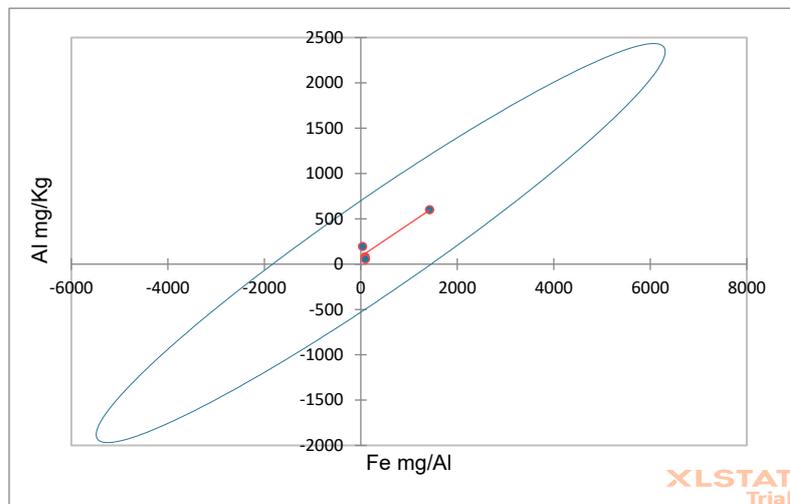


12. **La correlación entre Fe y Al es positiva muy alta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Fe le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Al; es decir, existe una relación directa entre estas variables.

El **dispersiograma (figura 88)**, muestra la nube de puntos de concentración de Fe y Al medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.960$. El coeficiente de determinación $R^2=0.922$ obtenido, indica que cerca del 92.2% de la variabilidad de la concentración de Fe es explicada por la variabilidad de la concentración de Al, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 247.

Dispersiograma de correlación entre Fe y Al en compost – ruma 3.

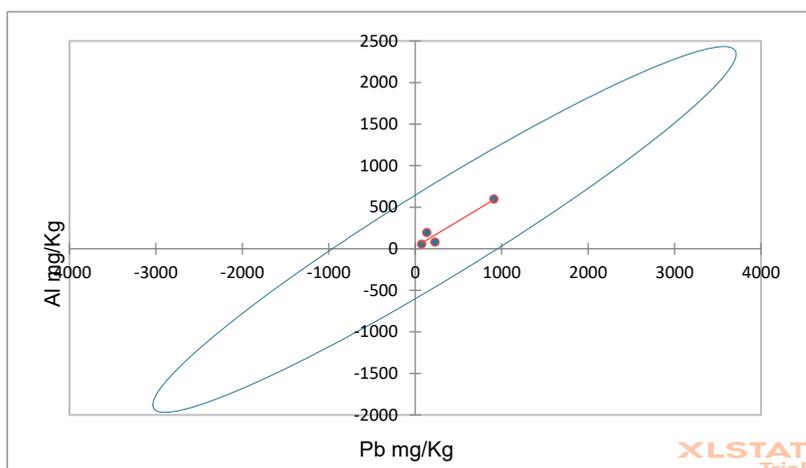


- 13. La correlación entre Pb y Al es positiva muy alta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Pb le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Al; es decir, existe una relación directa entre estas variables.

El **dispersiograma (figura 89)**, muestra la nube de puntos de concentración de Pb Al medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.959$. El coeficiente de determinación $R^2=0.919$, indica que cerca del 91.9% de la variabilidad de la concentración de Pb es explicada por la variabilidad de la concentración de Al, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 250.

Dispersiograma de correlación entre Pb y Al en compost – ruma 3.

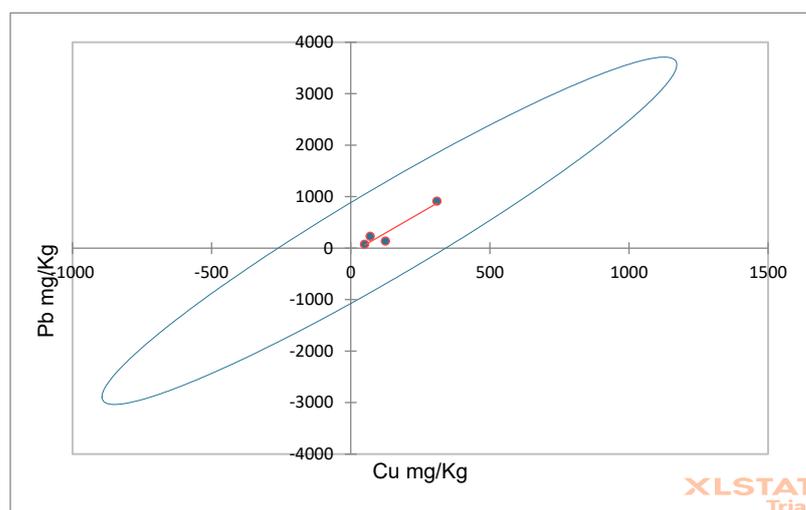


14. La correlación entre Pb y Cu es positiva muy alta, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Pb le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Cu; es decir, existe una relación directa.

El dispersiograma (figura 90), muestra la nube de puntos de concentración de Pb y Cu medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.956$. El coeficiente de determinación $R^2=0.914$, indica que cerca del 91.4% de la variabilidad de la concentración de Cu es explicada por la variabilidad de la concentración de Pb, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 253.

Dispersiograma de correlación entre Cu y Pb en compost – ruma 3.

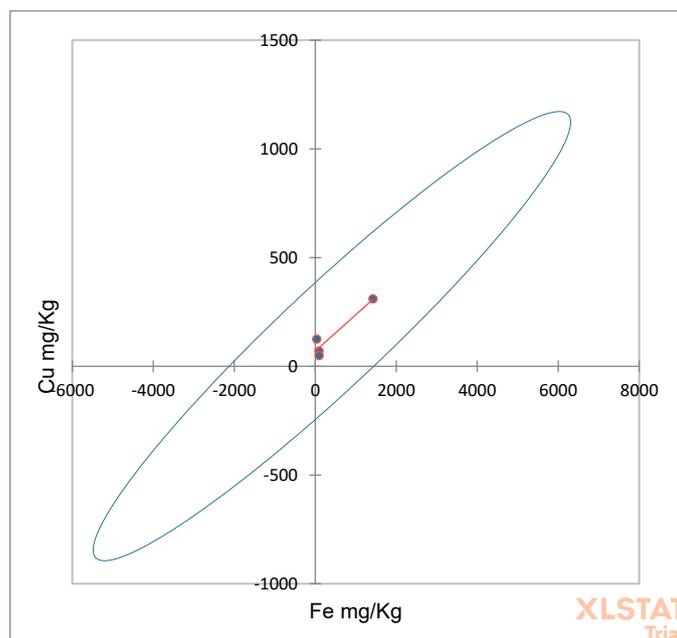


15. La correlación entre Fe y Cu es positiva muy alta, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Fe le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Cu; es decir, existe una relación directa entre estas variables.

El dispersiograma (figura 91), muestra la nube de puntos de concentración de Fe y Cu medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.952$. El coeficiente de determinación $R^2=0.907$, indica que cerca del 90.7% de la variabilidad de la concentración de Cu es explicada por la variabilidad de la concentración de Fe, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 256.

Dispersiograma de correlación entre Fe y Cu en compost
– ruma 3.



5. Resultados de las correlaciones de metales con pH, materia orgánica, oxígeno, ácidos húmicos, y ácidos fúlvicos en el proceso de compostaje.

Ruma 1

Las correlaciones en la movilidad de los MPT del proceso de compostaje y lixiviados con pH, materia orgánica, oxígeno, ácidos húmicos, y ácidos fúlvicos, **del mismo proceso.**

La movilidad de los MPT condicionada por un conjunto de factores concurrentes conlleva a su especiación química, del cual se deduce, que las fracciones de los metales están asociadas principalmente a los óxidos hidratados de hierro y manganeso, y presumiblemente a la materia orgánica, y obviamente a la fracción residual. Consecuentemente, las fracciones biodisponibles alcanzan niveles de concentración muy bastante reducidos, significando ello que no existe un impacto negativo en el ciclo de vida del escenario analizado.

El **cuadro 103**, muestra las concentraciones de los MPT del proceso de compostaje y las concentraciones de algunos elementos fisicoquímicos teóricamente correlacionales con ellos. Además, debe tenerse en cuenta que,

del contenido residual de una muestra, se puede obtener un factor denominado movilidad relativa, visibilizándose que los MPT Cu, Pb, Zn y Cd tienen una alta y muy alta movilidad. En tanto, la movilidad del Cr y V es baja o muy baja.

Cuadro 303.

Concentraciones de los MPT y otros parámetros del proceso de compostaje en la ruma 1.

O ₂ (%)	pH	Ac. Hum (%)	Ac. Ful (%)	Al (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
14.66	9.30	5.05	12.98	488.39	4.45	224.37	7.74	19.34	437.14	178.92
16.19	9.65	4.85	12.46	392.81	3.48	255.11	19.20	22.05	398.01	216.15
9.74	8.58	5.63	14.47	653.02	2.41	471.73	44.83	29.24	385.61	623.78
9.04	9.12	5.84	15.01	1076.77	18.54	501.49	25.92	24.69	231.57	568.29
16.31	9.37	5.65	14.52	775.35	18.59	445.33	59.97	49.70	673.96	288.27
16.72	8.89	6.17	15.86	6243.81	44.90	426.16	32.45	19.82	388.50	356.79
19.51	9.66	7.22	18.56	2295.41	54.29	74.85	144.71	179.64	647.70	708.58
16.37	9.41	6.78	17.42	7278.17	3.39	112.66	136.59	189.43	369.89	638.09
15.73	8.80	7.01	18.02	5649.16	24.78	414.27	30.72	39.64	534.19	277.50
17.90	9.22	9.80	25.19	4970.18	0.01	421.47	45.73	39.76	727.63	417.50
17.91	9.44	8.89	22.85	556.66	4.57	412.52	37.77	20.09	716.70	377.73
19.29	9.16	8.70	22.36	3184.08	0.01	370.15	42.79	15.74	534.33	238.80

El análisis de los MPT, en este caso como componente indeseado del producto final del proceso de compostaje, tiene el propósito central de valorar el potencial de riesgo ambiental y específicamente para la salud de toda forma de vida que tienen estos elementos químicos, especialmente porque serán usados como biosólidos en suelos agrícolas. Sin embargo, es casi generalizado el conocimiento entre los investigadores de que, el contenido total del metal no proporciona una valoración apropiada del impacto ambiental causado. Por lo que, es necesario realizar investigaciones de especiación para obtener información más detallada sobre su biodisponibilidad. Además, no debe perderse la perspectiva de que el compost final del proceso, será usado para enmendar suelos agrícolas, con el consecuente riesgo de la magnificación ecológica (Chira, 2010, p.13).

Cuadro 306.

Matriz de correlaciones de Pearson entre los MPT y otros parámetros del proceso de compostaje en la ruma 1.

Variables	O ₂ (%)	pH	Ac. Hum (%)	Ac. Ful (%)	Al (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
O ₂ (%)	1	0.538	0.560	0.560	0.322	0.184	-0.454	0.356	0.290	0.697	-0.254
p-value	0	0.071	0.058	0.058	0.308	0.567	0.138	0.256	0.361	0.012	0.425
pH		1	0.061	0.061	-0.232	0.032	-0.648	0.381	0.420	0.321	-0.036
p-value		0	0.851	0.851	0.467	0.921	0.023	0.222	0.174	0.310	0.912
Ac. Hum (%)			1	1.000	0.352	-0.147	0.098	0.190	0.062	0.655	0.086
p-value			0	<0.0001	0.263	0.648	0.762	0.555	0.848	0.021	0.790
Ac. Ful (%)				1	0.352	-0.147	0.098	0.190	0.062	0.655	0.086
p-value				0	0.263	0.648	0.762	0.555	0.848	0.021	0.790
Al (mg/Kg)					1	0.213	-0.162	0.361	0.391	-0.039	0.164
p-value					0	0.507	0.615	0.249	0.209	0.905	0.611
Cd (mg/Kg)						1	-0.190	0.358	0.344	0.034	0.302
p-value						0	0.555	0.253	0.273	0.917	0.340
Fe (mg/Kg)							1	-0.667	-0.771	-0.023	-0.238
p-value							0	0.018	0.003	0.944	0.457
Mn (mg/Kg)								1	0.965	0.191	0.718
p-value								0	<0.0001	0.551	0.009
Ni (mg/Kg)									1	0.071	0.679
p-value									0	0.826	0.015
Pb (mg/Kg)										1	-0.152
p-value										0	0.637
Zn (mg/Kg)											1
p-value											0

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0.05

La especiación de metales pesados, como Cd, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn, se realizó usando un procedimiento de extracción secuencial. El objetivo fue determinar las concentraciones en las fracciones biodisponibles. Se obtuvieron las concentraciones totales de metales pesados por medio de una digestión ácida en sistema cerrado y fueron determinadas por espectrofotometría de absorción atómica. Los metales pesados están asociados principalmente a la fracción mineral y a la materia orgánica (ácidos húmicos y ácidos fúlvicos) consecuentemente tienen muy baja biodisponibilidad (González, et al., 2009. p. 1).

Coeficiente de determinación de Pearson

El coeficiente de determinación es un coeficiente de ajuste, llamando también “bondad de ajuste”, que puede ser lineal o no.

$$y_i = ax_i + b + \varepsilon$$

$$y_i = ax_i^2 + b + \varepsilon$$

$$y_i = f(x_{1i} + \dots + x_{ni}) + \varepsilon$$

Entonces, el **coeficiente de determinación (R^2)**, es el cuadrado del **coeficiente de correlación (r)** de Pearson, y que indica la proporción de la variación de la variable **y** que es explicada por la variable **x** (variable predictiva o explicativa). Cuanto mayor sea la proporción, mejor será la predicción. Así, el **R^2** (r al cuadrado o r^2), es la proporción de la variación en y explicada por x .

$$R^2 = \frac{S_{\hat{y}}}{S_y} = 1 - \frac{S_\varepsilon}{S_y} \qquad R^2 \cdot 100 (\%)$$

También podemos decir que el coeficiente de correlación lineal de Pearson (r) mide el grado de relación lineal entre dos variables cuantitativas, mientras que el coeficiente de determinación (R^2) permite que la varianza explique un modelo cualquiera (no necesariamente lineal, no necesariamente una variable explicativa). $R^2 = r^2$ solo para modelos lineales de dos variables.

Un **R^2** igual al **valor 1** significa un ajuste lineal perfecto, porque la variación total de la variable **y** es explicada por el modelo de regresión. El valor cero para **R^2** indica la no representatividad del modelo lineal, lo que supone que el modelo no explica nada de la variación total de la variable **y**.

Cuadro 309.

Coefficientes de determinación de Pearson entre los MPT y otros parámetros del proceso de compostaje en la ruma 1.

Variables	O ₂ (%)	pH	Ac. Hum (%)	Ac. Ful (%)	Al (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
O ₂ (%)	1	0.289	0.314	0.314	0.104	0.034	0.206	0.127	0.084	0.485	0.065
pH		1	0.004	0.004	0.054	0.001	0.420	0.145	0.176	0.103	0.001
Ac. Hum (%)			1	1.000	0.124	0.022	0.010	0.036	0.004	0.429	0.007
Ac. Ful (%)				1	0.124	0.022	0.010	0.036	0.004	0.429	0.007
Al (mg/Kg)					1	0.045	0.026	0.130	0.153	0.002	0.027
Cd (mg/Kg)						1	0.036	0.128	0.119	0.001	0.091
Fe (mg/Kg)							1	0.445	0.595	0.001	0.057
Mn (mg/Kg)								1	0.931	0.037	0.516
Ni (mg/Kg)									1	0.005	0.461
Pb (mg/Kg)										1	0.023
Zn (mg/Kg)											1

Jerarquización y Clasificación de los Coeficientes de Correlación de MPT con MPT y MPT con Variables Físicoquímicas del Proceso de Compostaje en la ruma 1

El **cuadro 106**, muestra los **coeficientes de correlación bivariada** que de alta significancia estadística. Otros intentos de correlación no fueron significativos. Este análisis no implica **causalidad**.

Cuadro 312.

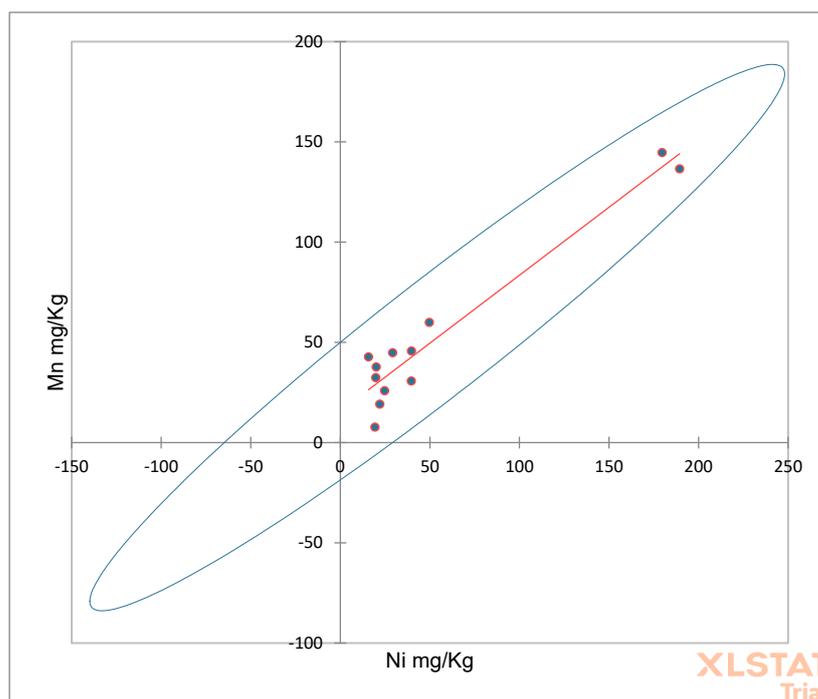
Coefficientes de correlación bivariada de Pearson de alta significancia estadística del proceso de compostaje en la ruma 1.

Nº	Variable 01	Variable 02	r - Pearson	N. Significancia	Descripción de la correlación
1	Manganeso	Níquel	0.965	<0.0001	Positiva muy alta
2	Hierro	Níquel	-0.771	0.003	Negativa alta
3	Manganeso	Zinc	0.718	0.009	Positiva alta
4	Oxígeno	Plomo	0.697	0.012	Positiva moderada
5	Zinc	Níquel	0.679	0.015	Positiva moderada
6	Manganeso	Hierro	-0.667	0.018	Negativa moderada
7	Ac. Húmico	Plomo	0.655	0.021	Positiva moderada
8	Ac. Fúlvico	Plomo	0.655	0.021	Positiva moderada
9	pH	Hierro	-0.648	0.023	Negativa moderada

1. La correlación entre Manganeseo (Mn) y Níquel (Ni) es positiva muy alta, lo que se explica que, cuando se incrementa o disminuya la concentración de uno de los metales le corresponde un aumento o disminución proporcional al otro metal; es decir, existe una relación directa entre estos metales.

Figura 259.

Dispersiograma de la correlación entre Ni y Mn, en compost – ruma 1.



El **dispersiograma (figura 92)**, muestra la nube de puntos de las concentraciones de **Ni y Mn** medidos al mismo tiempo, y la correlación positiva entre estos ($r=0.965$). El coeficiente de determinación ($R^2=0.931$), indica que cerca del 93.1% de la variabilidad de la concentración de **Mn** es explicada por la variabilidad de la concentración de **Ni**, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

El **Ni** habitualmente, es entre el 5 y 50 % del peso de los meteoritos y se encuentra en forma de minerales, combinado con azufre, oxígeno, antimonio, arsénico y/o sílice. Los depósitos de minerales de importancia comercial están constituidos principalmente por óxidos (como minerales de laterita que contienen óxidos de níquel y hierro mezclados) y sulfuros,

siendo la probable razón de su presencia en el compost en proceso. En suelos ácidos, el **Ni** suele ser más móvil y a menudo alcanza el nivel del agua subterránea. El **Ni** en suelos arenosos puede afectar a las plantas y en altas concentraciones en aguas superficiales puede disminuir el rango de crecimiento de las algas (Berlin, et al., 1996, pp. 63.35).

El **Mn**, es uno de los elementos más abundantes de la corteza terrestre. Se encuentra en sedimentos, rocas, agua y productos biológicos. Al menos un centenar de minerales contienen Mn. Los óxidos, carbonatos y silicatos son las formas más importantes. El Mn puede estar en ocho estados de oxidación diferentes. El dióxido de manganeso (MnO_2) es el óxido más estable. El Mn forma diversos compuestos organometálicos, siendo la razón más probable de su adhesión al compost en proceso.

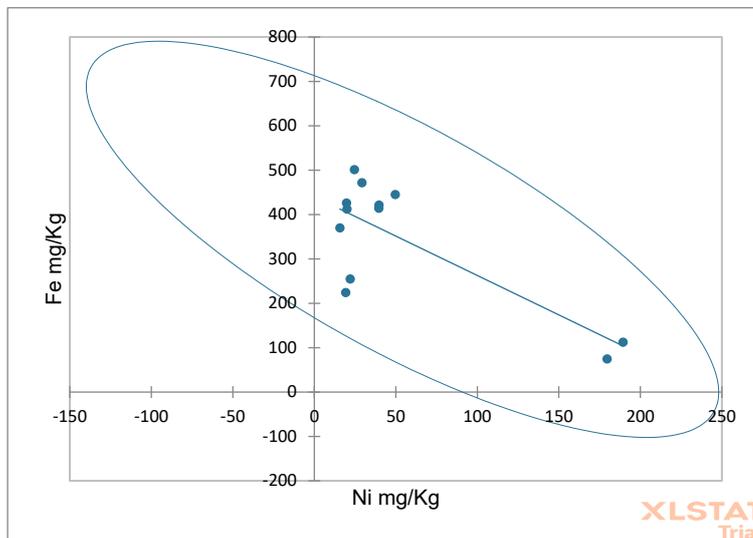
El Mn como nutriente mineral es esencial y desempeña un papel clave en varios procesos fisiológicos. Su deficiencia, es un limitante de la productividad, que ocurre con mayor frecuencia en suelos arenosos y suelos orgánicos con un pH superior a 6, es otra razón para su adhesión al compost de este proceso que tuvo valores de pH superiores a 7. El Mn, se halla principalmente como óxido, pero también en forma de silicato o carbonato (Berlin, et al., 1996, p. 63).

2. **La correlación entre Hierro (Fe) y Níquel (Ni) es negativa alta**, lo que indica que a un incremento en la concentración de uno de los metales le corresponde un decremento proporcional en el otro y viceversa; es decir, existe una relación inversa entre estos metales.

El **dispersiograma (figura 93)**, muestra la nube de valores expresados en los puntos de las concentraciones de **Fe** y **Ni** medidos al mismo tiempo, y la correlación negativa entre estos ($r=-0.771$). El coeficiente de determinación ($R^2= 0.595$) indica que cerca del 59,5% de la variabilidad de la concentración de **Fe** es explicada por la variabilidad de la concentración de **Ni**, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 262.

Dispersiograma de la correlación entre Fe y Ni, en compost – ruma 1.



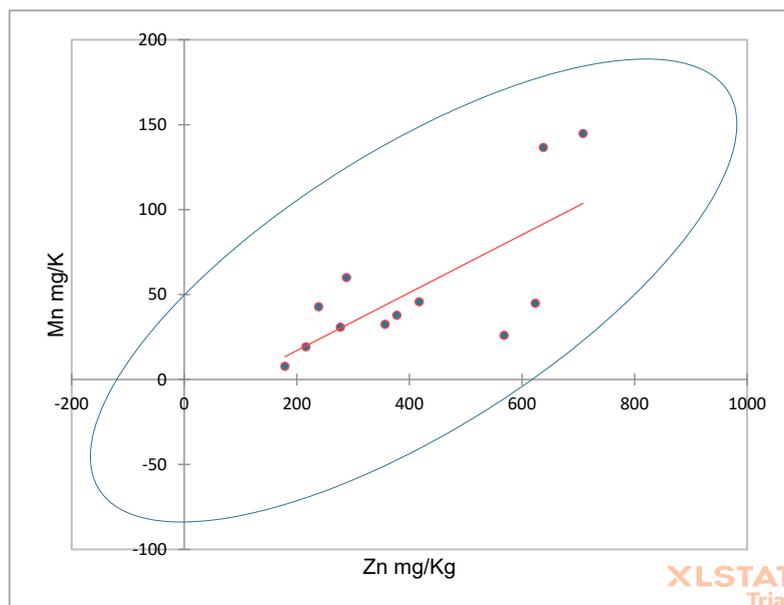
El Fe es el segundo metal más abundante y el cuarto de todos los elementos, superado sólo por el oxígeno, el silicio y el aluminio. Los compuestos de Fe más importantes son los óxidos y el carbonato que, constituyen los minerales más importantes de los que se obtiene el metal. En los suelos es uno de los elementos más frecuentes sea por su origen de rocas o de su incorporación en enmienda como el compost (Berlin, et al., 1996, p. 63).

Los óxidos de hierro son minerales de neoformación provenientes de la alteración de rocas como las piritas (FeS_2) y, debido a que no se encuentran unidos química o estructuralmente a los silicatos, ocurren como óxidos libres. Los óxidos de hierro en el proceso de compostaje son muy frecuente y consecuentemente no existe un suelo donde no se encuentren, aunque sea en pequeñas cantidades. Se sabe que, se establecen complejas relaciones entre los óxidos y los otros componentes orgánicos e inorgánicos del suelo. Los óxidos de hierro, alteran la carga eléctrica, modifican las propiedades de superficie e incrementan la capacidad amortiguadora del suelo. Es presumiblemente posible la evolución de los óxidos, hidróxidos y oxihidróxidos de hierro en el proceso de compostaje y consecuentemente en las estructuras edáficas. (Acevedo, et al., 2004, p. 485).

3. **La correlación entre Manganeseo (Mn) y Zinc (Zn) es positiva alta**, lo que indica que, a un incremento o decremento en la concentración de uno de los metales le corresponde un incremento o decremento proporcional en el otro; es decir, existe una relación directa entre estos metales.

Figura 265.

Dispersiograma de la correlación entre Mn y Zn, en compost – ruma 1.



El **dispersiograma (figura 94)**, muestra la nube de puntos de las concentraciones de **Mn** y **Zn** medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva entre estos ($r=0.718$). El coeficiente de determinación ($R^2 = 0.516$), indica que cerca del 51.6% de la variabilidad de la concentración de **Mn** es explicada por la variabilidad de la concentración de **Zn**, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

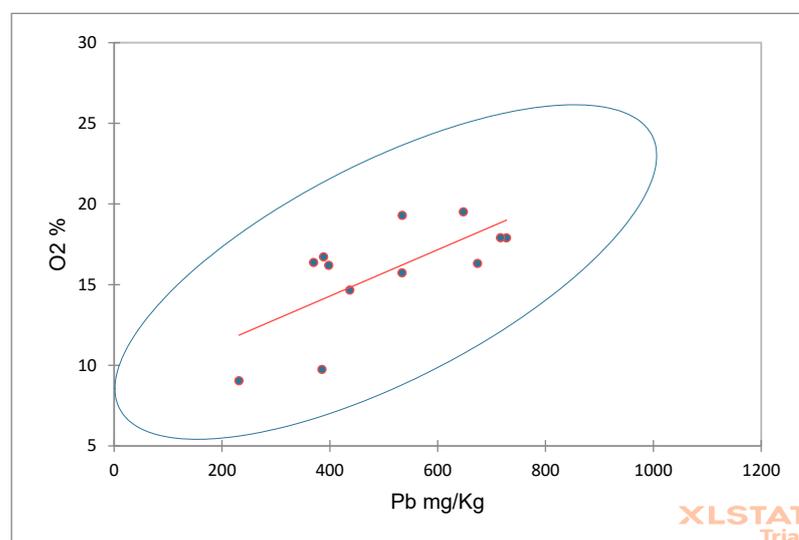
El **Zn**, se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza y constituye aproximadamente un 0,02 % de la corteza terrestre. Adopta la forma de sulfuro (esfalerita), carbonato, óxido o silicato (calamina) de zinc, combinado con muchos minerales. El Zn, actúa como ánodo con el hierro y otros metales estructurales, pero no con Al y Mn, y así, los agentes corrosivos atacan preferentemente al zinc, y se protegen los demás metales. (Berlin, et al., 1996, p. 63.51)

Los métodos para evaluar la disponibilidad del micronutriente Zn tanto en compost como en el suelo es clave para un manejo racional del mismo. El extractante más utilizado es el ácido dietilen triamino penta acético (DTPA) propuesto por Lindsay y Norvell (1978). El mecanismo de acción de este extractante es a través de la formación de complejos con los cationes solubles del suelo, lo que provoca el desplazamiento de aquellos que se encuentran en los sitios de intercambio y formando complejos con la materia orgánica. (Barbieri, et al., 2015, p. 18)

4. **La correlación entre Oxígeno (O₂) y Plomo (Pb) es positiva moderada**, lo que indica que, a un incremento o decremento en la concentración de O₂ le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Pb; es decir, existe una relación directa entre estas variables.

Figura 268.

Dispersiograma de la correlación entre O₂ y Pb, en compost – ruma 1.



El **dispersiograma (figura 95)**, muestra la nube de valores de puntos de las concentraciones de O₂ y Pb medidos al mismo tiempo, y la correlación positiva entre estos ($r=0.697$). El coeficiente de determinación ($R^2=0.485$), indica que cerca del 48,5% de la variabilidad de la concentración de Pb es explicada por la variabilidad de la concentración de O₂, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

La fuente principal del **Pb** es la galena (sulfuro de plomo). Otros minerales de Pb son la cerusita (carbonato), la anglesita (sulfato), la corcoita (cromato), la wulfenita (molibdato), la piromorfita (fosfato), la mutlockita (cloruro) y la vanadinita (vanadato). En muchos casos, los minerales de **Pb** pueden contener otros metales tóxicos. Cuando se acopian los residuos sólidos biogénicos como materia prima para elaborar el compost, existe un alto riesgo de que éstos estén contaminados no necesariamente con el metal **Pb** directamente sino por otros materiales que contienen **Pb** como los vinculados a los metales Sb, As, Sn y Bi usados para mejorar sus propiedades mecánicas o químicas. Además, están el monóxido (PbO), el dióxido (PbO₂), el tetróxido (Pb₃O₄), el sesquióxido (Pb₂O₃), el carbonato, el sulfato, los cromatos, el arseniato, el cloruro, el silicato y la azida de plomo. La concentración máxima de compuestos de plomo orgánico (alquilos) en las gasolinas. En los cultivos, los mayores niveles de bioacumulación de Pb en tejidos vegetales, sigue el siguiente orden raíz, tallo y hojas, y la acumulación en el suelo es mayor a 5 cm de la superficie. (Berlin, et al., 1996, p. 63.39)

5. **La correlación entre Níquel y Zinc es positiva moderada**, lo que indica que, a un incremento o decremento en la concentración de uno de los metales le corresponde un incremento o decremento proporcional del otro; es decir, existe una relación directa entre estos metales.

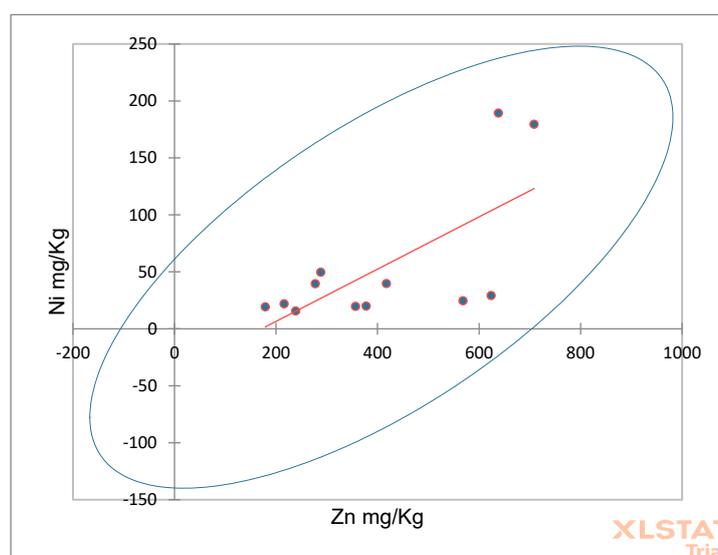
El **dispersiograma (figura 96)**, muestra la nube de puntos de las concentraciones de **Ni** y **Zn** medidos al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.679$. El coeficiente de determinación fue $R^2=0.461$, indica que cerca del 46.1% de la variabilidad de la concentración de **Ni** es explicada por la variabilidad de la concentración de **Zn**, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

La resistencia a la corrosión del **Zn** metálico puede ser mejorado aleándolo con **Ni**. La forma química que adoptan tanto el Ni como el Zn en sustratos como compost y suelos, habitualmente son determinados a través del proceso de extracción secuencial en cinco fases. En los que, la fracción

asociada a óxidos de Fe y Mn es mayoritaria, y la fracción más abundante de Cr y Zn es en la residual. El Ni se asoció a óxidos de Fe y Mn. En algunos suelos predominan las fracciones de Ni y Zn asociadas a óxidos de Fe y Mn, seguida por la fracción asociada a materia orgánica. (Barrios & Longa, 2007, p. 17)

Figura 271.

Dispersiograma de la correlación entre Zn y Ni, en compost – ruma 1.



- 6. La correlación entre Fe y Mn es negativa moderada**, lo que indica que a un incremento en la concentración de uno de los metales le corresponde un decremento proporcional a la concentración del otro metal y viceversa; es decir, existe una relación inversa entre estos metales.

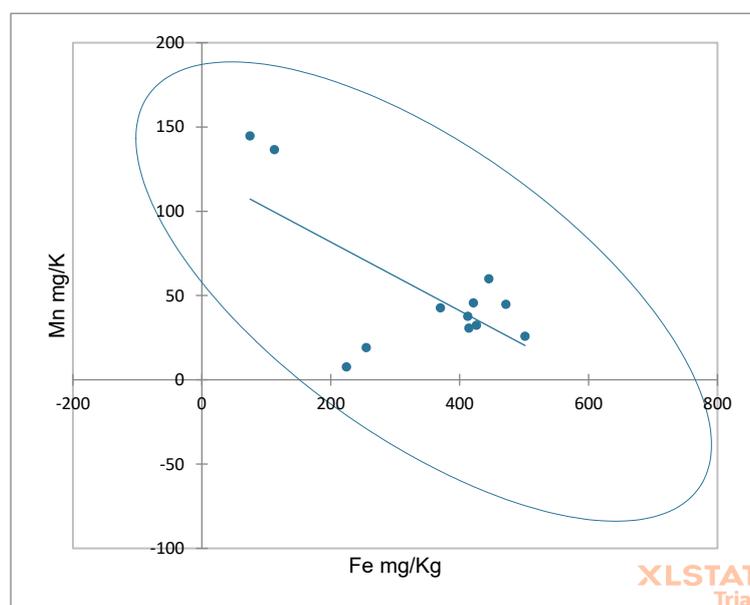
El **dispersiograma (Figura 97)**, muestra la nube de puntos de las concentraciones de **Fe** y **Mn** medidas al mismo tiempo, y la correlación negativa $r=-0.667$. El coeficiente de determinación $R^2=0.445$, indica que cerca del 44.5% de la variabilidad de la concentración de **Mn** es explicada por la variabilidad de la concentración de **Fe**, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Para evaluar por la secuencia de extracción la fracción intercambiable de Cu, Fe, Mn, Zn asociados a carbonatos, materia orgánica y sulfuros a óxidos e hidróxidos de Fe y Mn, y la fracción residual. En cada suelo se determinó pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico,

materia orgánica, textura, **N**, **P**, **K**, **Ca**, y **Mn**. Los resultados revelaron que los suelos contienen baja concentración de materia orgánica, entre otros componentes. La secuencia de extracción indicó que el **Fe** y **Zn** se asociaron a la fracción residual, el **Mn** a los óxidos e hidróxidos de **Fe** y **Mn**. (García, et. al, 2014, p. 1)

Figura 274.

Dispersiograma de la correlación entre Mn y Fe, en compost – ruma 1.

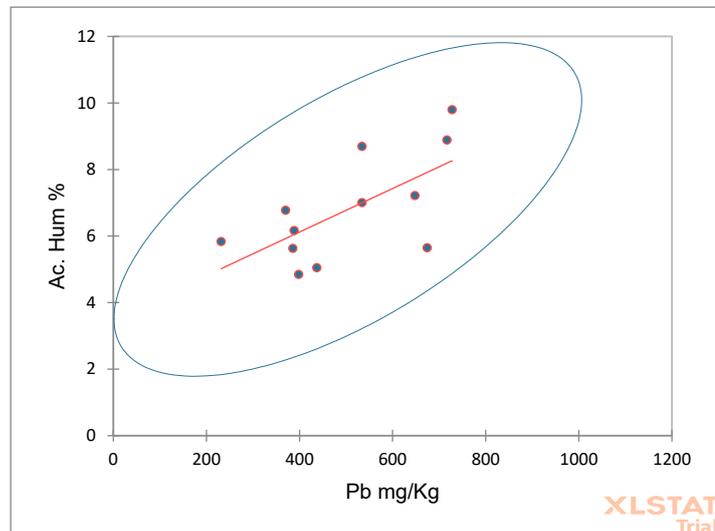


7. **La correlación entre ácidos húmicos y Pb es positiva moderada**, lo que indica que, a un incremento o decremento en la concentración de **ácidos húmicos** le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de **Pb**; es decir, existe una correlación directa entre estas variables.

El **dispersiograma (figura 98)**, muestra la nube de puntos de las concentraciones de ácidos húmicos y Pb medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.655$. El coeficiente de determinación $R^2=0.429$, indica que cerca del 42.9% de la variabilidad de la concentración de **Pb** es explicada por la variabilidad de la concentración de ácidos húmicos, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 277.

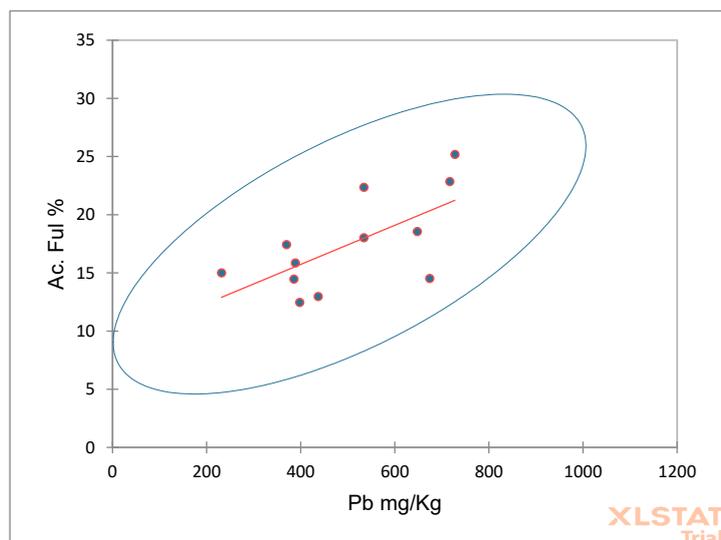
Dispersiograma de la correlación entre ácidos húmicos y Pb, en compost – ruma 1.



8. **La correlación entre ácidos fúlvicos y Pb es positiva moderada**, lo que indica que, a un incremento o decremento en la concentración de **ácidos fúlvicos** le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de **Pb**; es decir, existe una relación directa entre estas variables.

Figura 280.

Dispersiograma de la correlación entre ácidos fúlvicos y Pb, en compost – ruma 1.



El **dispersiograma (figura 99)**, muestra la nube de puntos de las concentraciones de **ácidos fúlvicos** y **Pb** medidas al mismo tiempo, y la

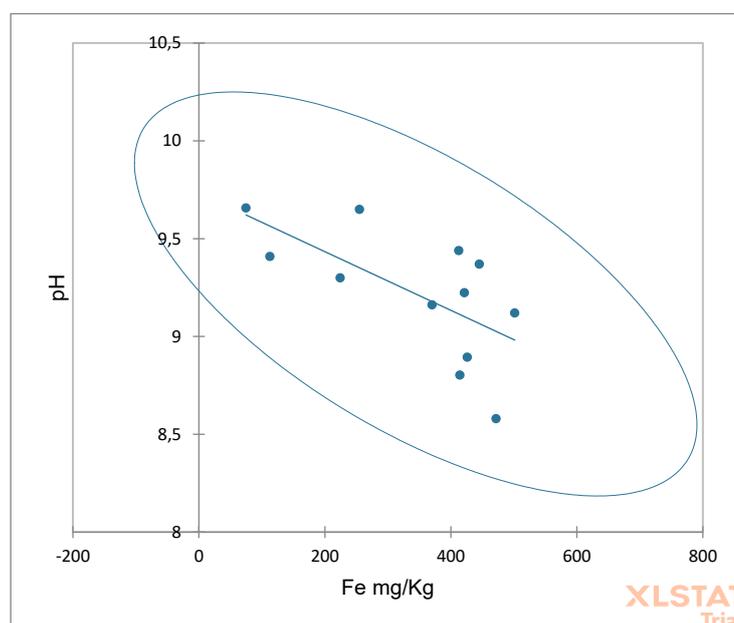
relación positiva $r=0.655$. El coeficiente de determinación $R^2=0.425$, indica que cerca del 42.9% de la variabilidad de la concentración de **Pb** es explicada por la variabilidad de la concentración de ácidos fúlvicos, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Los ácidos húmicos, presentes en compost o suelos forman con cationes polivalentes complejos de escasa solubilidad, inmovilizando al catión y disminuyendo su disponibilidad para las plantas. Al contrario, los ácidos fúlvicos, forman complejos más solubles, con mayor movilidad, que retienen los cationes en forma más aprovechable para las plantas. Sin embargo, debido a que habitualmente tanto en compost como en suelos los ácidos húmicos se encuentran en mayor cantidad, gran parte de los **MPT** están asociados con éstos, actuando como reservorio fácilmente accesible para los ligandos orgánicos y sideróforos microbianos existentes para las plantas. (Pineda, et. al, 2003, p. 1)

9. **La correlación entre Fe y pH (potencial de hidrógeno) es negativa moderada**, lo que indica que a un incremento del valor de **pH** le corresponde un decremento proporcional en la concentración de **Fe** y viceversa; es decir, existe una relación inversa entre estas variables.

Figura 283.

Dispersiograma de la correlación entre pH y Fe, en compost – ruma 1.



El **dispersiograma (figura 100)**, muestra la nube de puntos de las concentraciones de **Fe** y valores de **pH** medidas al mismo tiempo, y la correlación negativa $r=-0.648$. El coeficiente de determinación $R^2=0.420$, indica que cerca del 42.0% de la variabilidad de la concentración de **Fe** es explicada por la variabilidad de **pH**, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

En estudios de absorción y distribución de MPT (Cu, Zn, Ni, Cd, Pb y Cr) en plantas de *Zea mays* L. cultivadas en suelos con enmiendas de compost, los resultados indicaron que la cantidad de MPT aportados por el compost no representó ningún riesgo para el buen desarrollo del maíz y que los contenidos de estos en las diferentes partes de la planta no superaron el umbral de tolerancia. La concentración MPT asimilables en el suelo no mostró diferencias significativas entre los tratamientos con compost y con fertilizante mineral. La baja movilidad y la biodisponibilidad de los MPT encontrada se debieron principalmente a las características físicas y químicas del suelo. En suelos ácidos (compost ácidos), el fosfato de amonio, es viable para inmovilizar metales como Fe, Pb, Cd y Zn en medios con pH ácido; contrariamente, los medios alcalinos (incluido compost alcalinos) contribuyen a estabilizar los mencionados metales. (Valles, 2008, p. 1)

Resumen de interpretación

En las relaciones de las variables fisicoquímicas y las concentraciones de **MPT**, destaca la relación positiva moderada entre el Pb con O_2 , ácidos fúlvicos y ácidos húmicos, que podrían ser explicados por procesos de oxidación, reducción o complejación de este metal pesado tóxico.

La movilidad de los MPT se reduce con la adición de los ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, con mayor retención en el siguiente orden **Ni, Cu, Zn y Cd**, determinado en la fracción residual (sedimento) del compost.

El **Fe**, presentó una correlación negativa moderada con el pH; es decir, que a concentraciones bajas de **Fe** le corresponde valores altos de pH (alcalinos), lo

cual, no implica necesariamente causalidad. Algunos metales analizados poseen afinidad en su comportamiento como el Mn-Ni, Mn-Zn, Mn-Fe, Ni-Fe, y Ni-Zn.

Otra conclusión importante es que, cuanto más básico es el pH se incrementan los ácidos húmicos inmovilizando los MPT y contrariamente cuando el pH es más ácido se incrementan los ácidos fúlvicos facilitando su movilidad. La calidad de la materia orgánica, tiene un efecto significativo en estos procesos. La de mejor calidad, redonda en menor movilidad de los MPT.

Ruma 2

Las correlaciones en la movilidad de los MPT del proceso de compostaje y lixiviados con pH, materia orgánica, oxígeno, ácidos húmicos, y ácidos fúlvicos, **del mismo proceso.**

El **cuadro 107**, presentado en la página siguiente, muestra las concentraciones de los MPT del proceso de compostaje y las concentraciones de algunos elementos fisicoquímicos teóricamente correlacionales con ellos, desarrollados en la ruma 2. El análisis de los MPT, en este caso como componente indeseado del producto final del proceso de compostaje, tiene el propósito central de valorar el potencial de riesgo ambiental y específicamente para la salud de toda forma. Sin embargo, el contenido total del metal no proporciona una valoración apropiada del impacto ambiental causado. Por lo que, es necesario realizar investigaciones de especiación para obtener información más detallada sobre su biodisponibilidad. Además, no debe perderse la perspectiva de que el compost final del proceso, será usado para enmendar suelos agrícolas, con el consecuente riesgo de la magnificación ecológica. (Chira, 2010, p. 13)

En el **cuadro 108**, observado dos páginas adelante, se muestra la matriz de correlaciones de Pearson entre los MPT y otros parámetros del proceso de compostaje en la ruma 2 del proceso de compostaje.

Cuadro 315.

Reporte para la correlación de metales con parámetros fisicoquímicos del proceso de compostaje en la ruma 2.

O ₂ (%)	pH	Ac. Hum (%)	Ac. Ful (%)	Al (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)
10.81	9.04	5.28	13.57	1693.27	3.77	2510.88	22.74	14.51	270.44	280.60	0.00
16.37	9.44	5.65	14.52	901.28	18.69	475.13	51.23	27.50	423.42	301.03	48.23
17.30	9.67	4.13	10.61	885.77	0.01	417.13	67.89	23.30	454.68	297.31	0.00
13.21	9.46	6.78	17.42	5994.00	0.01	491.51	54.94	19.98	351.29	519.48	0.00
10.89	9.80	6.18	15.88	999.00	0.01	426.57	39.96	17.30	348.23	439.56	41.32
17.77	9.53	6.36	16.35	1101.28	0.01	404.13	53.23	29.50	433.63	294.98	78.66
18.34	9.42	7.31	18.79	1329.60	0.01	430.87	48.23	16.80	603.82	289.91	59.98
14.26	9.70	6.45	16.58	860.53	29.28	401.58	46.71	18.70	378.83	286.84	98.91
17.22	10.08	7.30	14.83	3762.38	38.32	100.99	135.64	17.82	624.75	623.76	0.00
18.50	9.76	8.00	13.03	8200.00	0.01	130.00	135.00	21.00	453.00	460.00	0.00
19.79	9.81	8.40	18.89	3290.13	32.40	439.68	29.91	23.54	574.28	298.13	0.00
19.70	9.71	8.50	15.52	2295.41	31.54	420.16	31.94	29.94	443.11	399.20	0.00
19.02	9.90	8.89	22.85	1693.23	25.10	297.81	9.87	17.36	692.23	338.65	0.00

Para determinar la presencia de los MPT, como Cd, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn, en la materia prima, se realizó usando un procedimiento de extracción secuencial, que es más apropiado que lo realizado durante el proceso de compostaje a través del método espectrofotometría UV-Vis. El objetivo fue determinar las concentraciones en las fracciones biodisponibles. Se obtuvieron las concentraciones totales de metales pesados por medio de una digestión ácida en sistema cerrado y fueron determinadas por espectrofotometría de absorción atómica. Los metales pesados están asociados principalmente a la fracción mineral y a la materia orgánica (ácidos húmicos y ácidos fulvicos) consecuentemente tienen muy baja biodisponibilidad. (González et al., 2009)

Así, el coeficiente de **correlación de Pearson** es el índice usado para tratar de hallar la asociación de la mayor cantidad de análisis de covariación y su

importancia como base para el cálculo de puntos de partida del análisis multivariante con variables cuantitativas. (Manzano, 1995, p. 167)

Cuadro 318.

Matriz de correlaciones de Pearson entre los metales y otros parámetros del proceso de compostaje en la ruma 2.

Variables	O ₂ (%)	pH	Ac. Hum (%)	Ac. Ful (%)	Al (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)	Cu (mg/kg)
O ₂ (%)	1	0.451	0.579	0.248	0.146	0.390	-0.574	0.161	0.506	0.754	-0.082	-0.161
p-value	0	0.122	0.038	0.415	0.633	0.188	0.040	0.598	0.077	0.003	0.790	0.599
pH		1	0.497	0.211	0.189	0.548	-0.771	0.385	0.050	0.609	0.506	-0.171
p-value		0	0.084	0.489	0.536	0.053	0.002	0.195	0.872	0.027	0.078	0.577
Ac. Hum (%)			1	0.680	0.410	0.495	-0.400	-0.015	0.039	0.600	0.267	-0.236
p-value			0	0.011	0.164	0.086	0.175	0.961	0.900	0.030	0.378	0.438
Ac. Ful (%)				1	-0.097	0.304	-0.209	-0.504	-0.192	0.548	-0.095	0.117
p-value				0	0.752	0.312	0.492	0.079	0.530	0.052	0.757	0.704
Al (mg/Kg)					1	-0.096	-0.212	0.610	-0.081	0.024	0.621	-0.508
p-value					0	0.755	0.488	0.027	0.793	0.938	0.024	0.077
Cd (mg/Kg)						1	-0.237	-0.026	0.129	0.457	0.157	-0.106
p-value						0	0.436	0.933	0.673	0.116	0.608	0.730
Fe (mg/Kg)							1	-0.405	-0.337	-0.542	-0.357	-0.142
p-value							0	0.170	0.260	0.055	0.231	0.644
Mn (mg/Kg)								1	-0.027	0.129	0.649	-0.150
p-value								0	0.930	0.676	0.016	0.624
Ni (mg/Kg)									1	-0.052	-0.177	0.112
p-value									0	0.866	0.564	0.717
Pb (mg/Kg)										1	0.112	-0.182
p-value										0	0.717	0.552
Zn (mg/Kg)											1	-0.423
p-value											0	0.150
Cu mg/Kg												1
p-value												0

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0.05

Coefficiente de determinación de Pearson

El coeficiente de determinación es un coeficiente de ajuste, llamando también “bondad de ajuste”, que puede ser lineal o no.

Entonces, el **coeficiente de determinación (R²)**, es el cuadrado del **coeficiente de correlación (r)** de Pearson, y que indica la proporción de la

variación de la variable **y** que es explicada por la variable **x** (variable predictiva o explicativa). Cuanto mayor sea la proporción, mejor será la predicción.

Así, el **R²** (r al cuadrado o r²), es la proporción de la variación en y explicada por x. Un **R²** igual al **valor 1** significa un ajuste lineal perfecto, porque la variación total de la variable **y** es explicada por el modelo de regresión

El **cuadro 109**, presenta los coeficientes de determinación de Pearson entre los MPT y otros parámetros del proceso de compostaje en la **ruma 2** del proceso de compostaje.

Cuadro 321.

Coefficientes de determinación de Pearson entre los MPT y otros parámetros del proceso de compostaje en la ruma 2.

Variables	O ₂ (%)	pH	Ac. Hum (%)	Ac. Ful (%)	Al (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)	Cu (mg/kg)
O ₂ (%)	1	0.204	0.336	0.061	0.021	0.152	0.329	0.026	0.257	0.568	0.007	0.026
pH		1	0.247	0.045	0.036	0.300	0.595	0.148	0.002	0.371	0.256	0.029
Ac. Hum (%)			1	0.463	0.168	0.245	0.160	0.000	0.002	0.360	0.071	0.055
Ac. Ful (%)				1	0.009	0.093	0.044	0.254	0.037	0.301	0.009	0.014
Al (mg/Kg)					1	0.009	0.045	0.372	0.007	0.001	0.385	0.258
Cd (mg/Kg)						1	0.056	0.001	0.017	0.209	0.025	0.011
Fe (mg/Kg)							1	0.164	0.114	0.294	0.128	0.020
Mn (mg/Kg)								1	0.001	0.017	0.422	0.023
Ni (mg/Kg)									1	0.003	0.031	0.012
Pb (mg/Kg)										1	0.012	0.033
Zn (mg/Kg)											1	0.179
Cu (mg/Kg)												1

Jerarquización y Clasificación de los Coeficientes de Correlación de MPT con MPT y MPT con Variables Físicoquímicas del Proceso de Compostaje en la ruma 2

El **cuadro 110**, muestra los **coeficientes de correlación bivariada** de alta significancia estadística. Otros intentos de correlación no fueron significativos estadísticamente o no existe evidencia de la relación entre las variables. Este análisis no implica **causalidad**.

Cuadro 324.

Coefficientes de correlación bivariada de Pearson de alta significancia estadística del proceso de compostaje en la ruma 2.

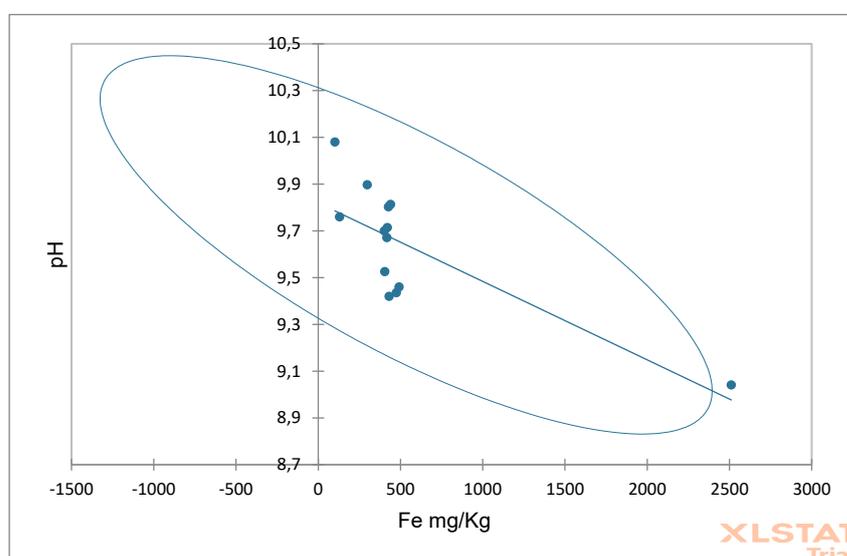
Nº	Variable 01	Variable 02	r - Pearson	N. Significancia	Descripción de la correlación.
1	pH	Hierro	-0.771	0.002	Negativa alta
2	Oxígeno	Plomo	0.754	0.003	Positiva alta
3	Zinc	Manganeso	0.649	0.016	Positiva moderada
4	Zinc	Aluminio	0.621	0.024	Positiva moderada
5	Manganeso	Aluminio	0.610	0.027	Positiva moderada
6	pH	Plomo	0.609	0.027	Positiva moderada
7	Ácidos húmicos	Plomo	0.600	0.030	Positiva moderada
8	Oxígeno	Hierro	-0.574	0.040	Negativa moderada

1. **La correlación entre pH y Fe es negativa alta**, lo que indica que, a un incremento del pH le corresponde un decremento proporcional en la concentración de Fe y viceversa, es decir, existe una relación inversa entre estas variables.

El **dispersiograma (figura 101)**, muestra la nube de puntos de las concentraciones de **Fe** y **pH** medidas al mismo tiempo, y la correlación negativa $r=-0.771$. El coeficiente de determinación $R^2=0.595$, indica que cerca del 59.5% de la variabilidad de la concentración de Fe es explicada por la variabilidad del pH, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 286.

Dispersiograma de la correlación entre Fe y pH, en compost – ruma 2.

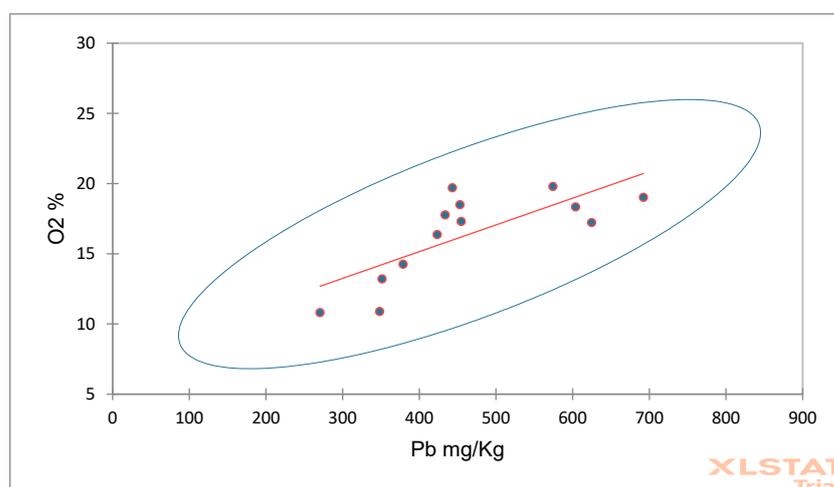


2. **La correlación entre O₂ y Pb es positiva alta**, lo que indica que, a un incremento o decremento en la concentración de O₂ le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de **Pb**; es decir, existe una relación directa entre estas variables.

El **dispersiograma (figura 102)**, muestra la nube de puntos de las concentraciones de O₂ y Pb medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.754$. El coeficiente de determinación $R^2=0.568$, indica que cerca del 56.8% de la variabilidad de la concentración de **Pb** es explicada por la variabilidad de la concentración de O₂, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 289.

Dispersiograma de la correlación entre Pb y O₂, en compost – ruma 2.

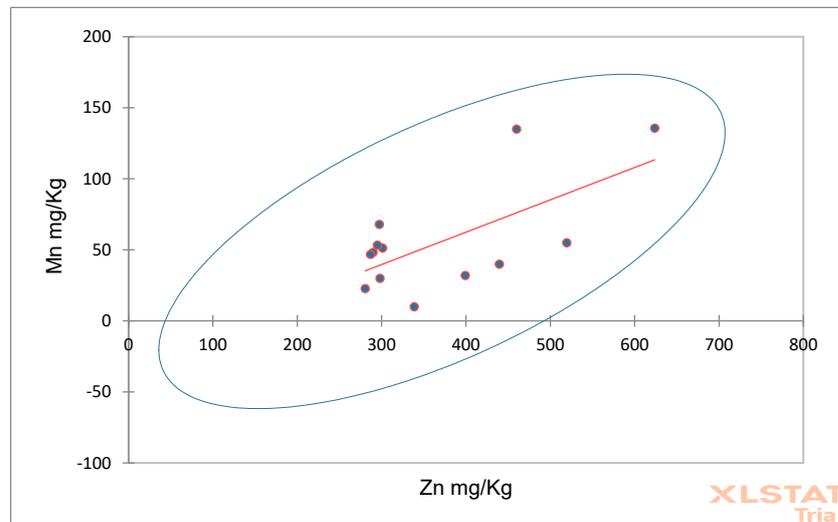


3. **La correlación entre Mn y Zn es positiva moderada**, lo que indica que, a un incremento o decremento en la concentración de uno de los metales le corresponde un incremento o decremento proporcional en el otro; es decir, existe una relación directa entre estos metales.

El **dispersiograma (figura 103)**, muestra la nube de puntos de las concentraciones de Manganeso y Zinc medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.649$. El coeficiente de determinación $R^2=0.422$, indica que cerca del 42.2% de la variabilidad de la concentración de **Mn** es explicada por la variabilidad de la concentración de **Zn**, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 292.

Dispersiograma de la correlación entre Zn y Mn, en compost – ruma 2.

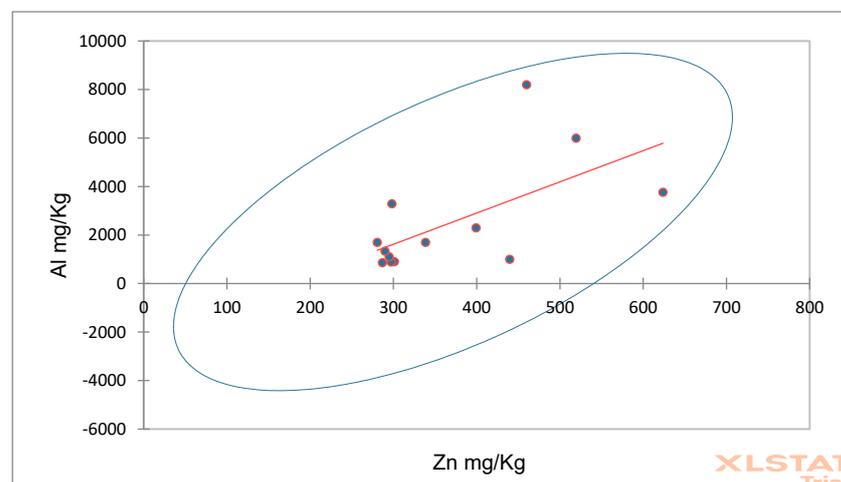


4. **La correlación entre Al y Zn es positiva moderada**, lo que indica que, a un incremento o decremento en la concentración de uno de los metales le corresponde un incremento o decremento proporcional en el otro; es decir, existe una relación directa entre estos metales.

El **dispersiograma (figura 104)**, muestra la nube de puntos de las concentraciones de Al y Zn medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.621$. El coeficiente de determinación $R^2=0.385$, indica que cerca del 38.5% de la variabilidad de la concentración de **Al** es explicada por la variabilidad de la concentración de **Zn**, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 295.

Dispersiograma de la correlación entre Zn y Al, en compost – ruma 2.

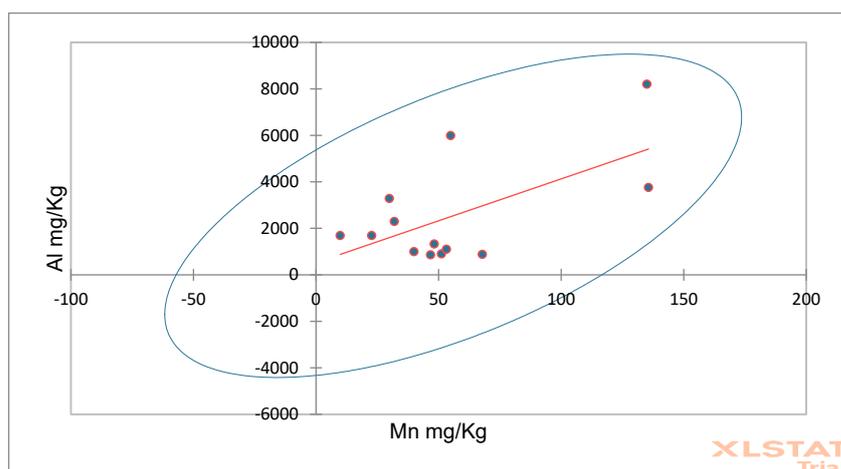


5. **La correlación entre Al y Mn es positiva moderada**, lo que indica que, a un incremento o decremento en la concentración de uno de los metales le corresponde un incremento o decremento proporcional en el otro, es decir, existe una relación directa entre estos metales.

El **dispersiograma (figura 105)**, muestra la nube de puntos de las concentraciones de Al y Mn medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.610$. El coeficiente de determinación $R^2=0.372$, indica que cerca del 37.2% de la variabilidad de la concentración de **Al** es explicada por la variabilidad de la concentración de **Mn**, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 298.

Dispersiograma de la correlación entre Mn y Al, en compost – ruma 2.

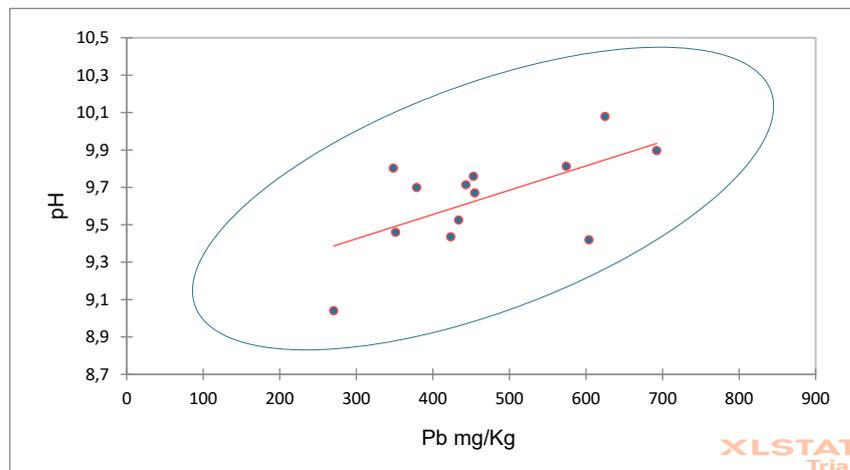


6. **La correlación entre pH y Pb es positiva moderada**, lo que indica que, a un incremento o decremento del pH le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de **Pb**; es decir, existe una relación directa entre estas variables.

El **dispersiograma (figura 106)**, muestra la nube de puntos de las concentraciones de Pb y pH medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.609$. El coeficiente de determinación $R^2=0.371$, indica que cerca del 37.1% de la variabilidad de la concentración de Pb es explicada por la variabilidad del pH, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 301.

Dispersiograma de la correlación entre Pb y pH, en compost – ruma 2.

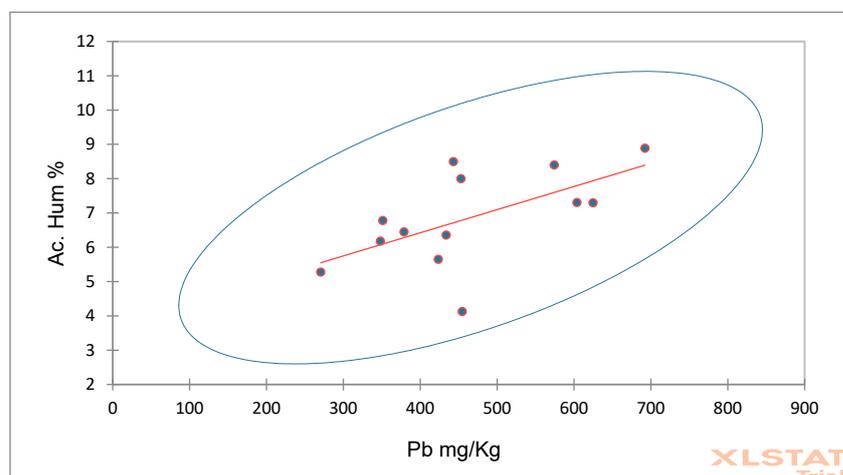


7. **La correlación entre ácidos húmicos y Pb es positiva moderada**, lo que indica que, a un incremento o decremento en la concentración de ácidos húmicos le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Pb; es decir, existe una relación directa entre estas variables.

El dispersiograma (**figura 107**), muestra la nube de puntos de las concentraciones de ácidos húmicos y Pb medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.600$. El coeficiente de determinación $R^2=0.360$, indica que cerca del 36.0% de la variabilidad de la concentración de Pb es explicada por la variabilidad de la concentración de **ácidos húmicos**, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 304.

Dispersiograma de correlación entre Pb y ácidos húmicos, en ruma 2.

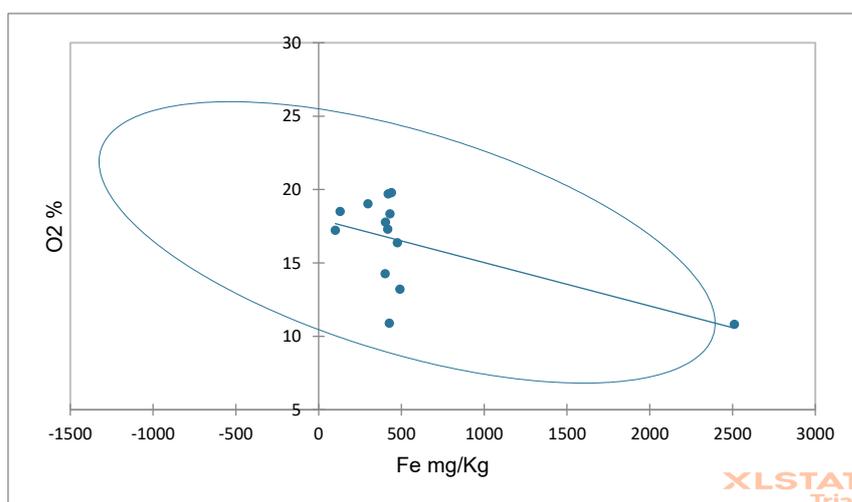


8. **La correlación entre Fe y O₂ es negativa moderada**, lo que indica que a un incremento en la concentración de O₂ le corresponde un decremento proporcional en la concentración de **Fe** y viceversa; es decir, existe una relación inversa entre estas variables.

El **dispersiograma (figura 108)**, muestra la nube de puntos de las concentraciones de **Fe** y O₂ medidas al mismo tiempo, y la correlación negativa $r=-574$. El coeficiente de determinación $R^2=0.329$, indica que cerca del 32.9% de la variabilidad de la concentración de **Fe** es explicada por la variabilidad de la concentración de O₂, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 307.

Dispersiograma de la correlación entre Fe y O₂, en compost – ruma 2.



Resumen de interpretación

En las relaciones entre las variables fisicoquímicas y las concentraciones de MPT, destaca la correlación positiva alta entre Pb y O₂. La correlación positiva moderada con ácidos húmicos y pH, que podrían ser explicados por procesos de oxidación, reducción o complejación del **Pb**.

El **Fe**, presentó una correlación negativa alta con pH; es decir, que a concentraciones bajas de Fe le corresponde valores altos de pH. También, el Fe tiene una correlación negativa moderada con el O₂, los cuales, no implican necesariamente causalidad. Algunos metales analizados poseen afinidad en su comportamiento como el Mn–Al, Mn-Zn, y Al-Zn.

Ruma 3

Las correlaciones en la movilidad de los MPT del proceso de compostaje y lixiviados con pH, materia orgánica, oxígeno, ácidos húmicos, y ácidos fúlvicos, **del mismo proceso.**

El **cuadro 111**, presentado en la página siguiente muestra las concentraciones de los MPT del proceso de compostaje y las concentraciones de algunos elementos fisicoquímicos teóricamente correlacionales con ellos, desarrollados en la ruma 3, que fue la ruma testigo (blanco).

Cuadro 327.

Reporte para la correlación de metales con parámetros fisicoquímicos del proceso de compostaje en la ruma 3.

O ₂ (%)	pH	Ac. Hum (%)	Ac. Ful (%)	Al (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
16.04	9.26	4.29	11.03	229.04	15.11	239.28	25.34	18.42	339.18	155.94
15.69	9.60	4.95	12.72	229.07	15.12	238.14	25.34	19.36	339.11	156.00
15.61	9.48	4.84	12.44	5312.21	0.001	461.32	40.07	27.96	331.75	521.90
15.80	9.13	5.56	14.29	1023.62	0.001	376.97	12.36	29.53	321.13	462.60
15.80	9.17	5.0	12.18	1011.32	0.001	565.12	39.05	18.62	310.11	528.44
18.29	9.61	5.7	12.05	410.00	12.00	375.00	44.00	50.00	495.00	290.00
17.58	9.56	6.03	15.50	18000.00	34.90	129.00	105.00	23.00	216.00	540.00
18.78	9.10	5.81	14.93	7699.90	6.022	127.34	130.31	27.69	370.19	937.81
18.42	9.84	4.83	12.41	957.13	8.37	336.99	66.80	17.84	731.80	249.25
18.47	9.39	6.59	16.94	3592.81	28.64	423.15	34.93	29.94	661.68	359.28
15.04	8.96	5.1	21.85	2592.22	0.001	382.85	52.84	29.82	902.29	368.89
17.27	9.28	5.2	18.74	4700.00	23.30	434.00	49.00	17.45	615.00	460.00
18.03	8.97	5.0	21.05	5666.00	29.32	384.69	24.85	18.66	773.36	467.20
15.62	9.68	4.3	10.20	5174.13	0.001	329.35	77.61	19.62	555.22	258.71
16.94	9.57	4.8	10.95	3496.50	9.19	424.57	76.92	29.97	685.31	349.65
20.40	9.79	5.0	2.90	3254.40	0.01	380.48	54.10	24.25	610.28	295.47

En el **cuadro 112**, se muestra la matriz de correlaciones de Pearson entre los MPT y otros parámetros del proceso de compostaje en la ruma 3 del proceso de compostaje.

Cuadro 330.

Matriz de correlaciones de Pearson entre los metales y otros parámetros del proceso de compostaje en la ruma 3.

Variables	O2 (%)	pH	Ac. Hum (%)	Ac. Ful (%)	Al (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
O2 (%)	1	0.328	0.416	-0.268	0.196	0.297	-0.177	0.323	0.164	0.212	0.176
p-value	0	0.215	0.109	0.316	0.467	0.264	0.512	0.222	0.545	0.430	0.515
pH		1	-0.154	-0.712	0.010	-0.062	-0.093	0.187	0.046	-0.070	-0.483
p-value		0	0.569	0.002	0.972	0.820	0.732	0.488	0.867	0.796	0.058
Ac. Hum (%)			1	0.337	0.377	0.458	-0.161	0.188	0.460	-0.104	0.448
p-value			0	0.201	0.150	0.074	0.553	0.485	0.073	0.700	0.082
Ac. Ful (%)				1	0.209	0.453	-0.003	-0.070	-0.029	0.322	0.310
p-value				0	0.437	0.078	0.992	0.797	0.914	0.223	0.243
Al (mg/Kg)					1	0.488	-0.489	0.646	-0.116	-0.243	0.512
p-value					0	0.055	0.055	0.007	0.668	0.364	0.043
Cd (mg/Kg)						1	-0.312	0.020	-0.132	0.012	-0.003
p-value						0	0.240	0.940	0.626	0.966	0.991
Fe (mg/Kg)							1	-0.541	0.077	0.336	-0.165
p-value							0	0.030	0.776	0.203	0.542
Mn (mg/Kg)								1	0.022	-0.062	0.549
p-value								0	0.934	0.819	0.028
Ni (mg/Kg)									1	0.037	0.070
p-value									0	0.891	0.796
Pb (mg/Kg)										1	-0.248
p-value										0	0.354
Zn (mg/Kg)											1
p-value											0

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0.05

Coefficiente de determinación de Pearson

Entonces, el **coeficiente de determinación (R^2)**, es el cuadrado del **coeficiente de correlación (r)** de Pearson e indica la proporción de la variación de la variable **y** que es explicada por la variable **x** (variable predictiva o explicativa). Cuanto mayor sea la proporción, mejor será la predicción.

Así, **R^2** , es la proporción de la variación en **y** explicada por **x**. Un **R^2** igual al **valor 1** significa un ajuste lineal perfecto, porque la variación total de la variable **y** es explicada por el modelo de regresión. El **cuadro 113**, presenta los coeficientes de determinación de Pearson entre los MPT y otros parámetros del proceso de compostaje en la **ruma 3** del proceso de compostaje.

Cuadro 333.

Coefficientes de determinación de Pearson entre los MPT y otros parámetros del proceso de compostaje en la ruma 3.

Variables	O2 (%)	pH	Ac. Hum (%)	Ac. Ful (%)	Al (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
O2 (%)	1	0.107	0.173	0.072	0.038	0.088	0.031	0.105	0.027	0.045	0.031
pH		1	0.024	0.507	0.000	0.004	0.009	0.035	0.002	0.005	0.233
Ac. Hum (%)			1	0.114	0.142	0.210	0.026	0.035	0.212	0.011	0.201
Ac. Ful (%)				1	0.044	0.206	0.000	0.005	0.001	0.104	0.096
Al (mg/Kg)					1	0.238	0.239	0.418	0.014	0.059	0.262
Cd (mg/Kg)						1	0.097	0.000	0.017	0.000	0.000
Fe (mg/Kg)							1	0.293	0.006	0.113	0.027
Mn (mg/Kg)								1	0.001	0.004	0.301
Ni (mg/Kg)									1	0.001	0.005
Pb (mg/Kg)										1	0.062
Zn (mg/Kg)											1

Jerarquización y Clasificación de los Coeficientes de Correlación de MPT con MPT y MPT con Variables Físicoquímicas del Proceso de Compostaje en la ruma 3

El **cuadro 114**, muestra los **coeficientes de correlación bivariada** de alta significancia estadística. Otros intentos de correlación no fueron significativos estadísticamente o no existe evidencia de la relación entre las variables. Este análisis no implica **causalidad**.

Cuadro 336.

Coefficientes de correlación bivariada de Pearson de alta significancia estadística del proceso de compostaje en la ruma 3.

Nº	Variable 01	Variable 02	r - Pearson	N. Significancia	Descripción de la correlación.
1	Manganeso	Aluminio	0.646	0.007	Positiva moderada
2	Manganeso	Zinc	0.549	0.028	Positiva moderada
3	Manganeso	Hierro	-0.541	0.030	Negativa moderada
4	Zinc	Aluminio	0.512	0.043	Positiva moderada

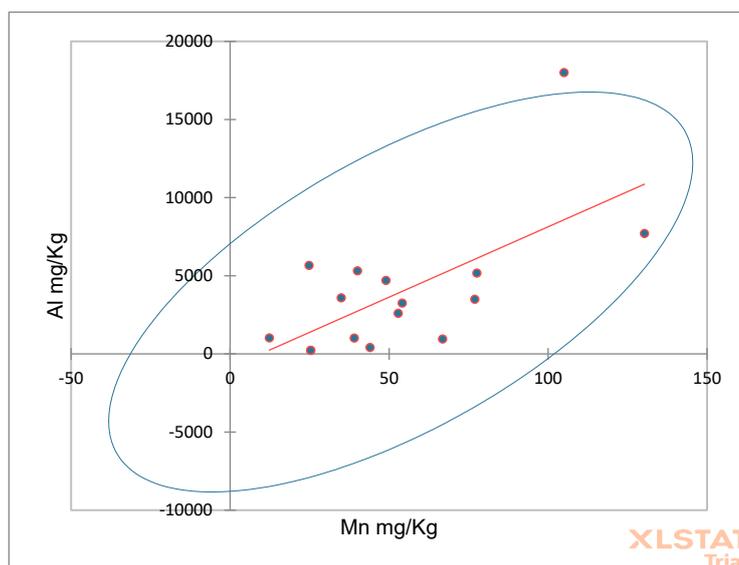
- 1. La correlación entre Al y Mn es positiva moderada**, lo que indica que, a un incremento o decremento en la concentración de uno de los metales le

corresponde un incremento o decremento proporcional en el otro; es decir, existe una relación directa entre estos metales.

El **dispersiograma (figura 109)**, muestra la nube de puntos de las concentraciones de Al y Mn medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.646$. El coeficiente de determinación $R^2=0.418$, indica que cerca del 41.8% de la variabilidad de la concentración de Al es explicada por la variabilidad de la concentración de Mn, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 310.

Dispersiograma de la correlación entre Mn y Al, en compost – ruma 3.

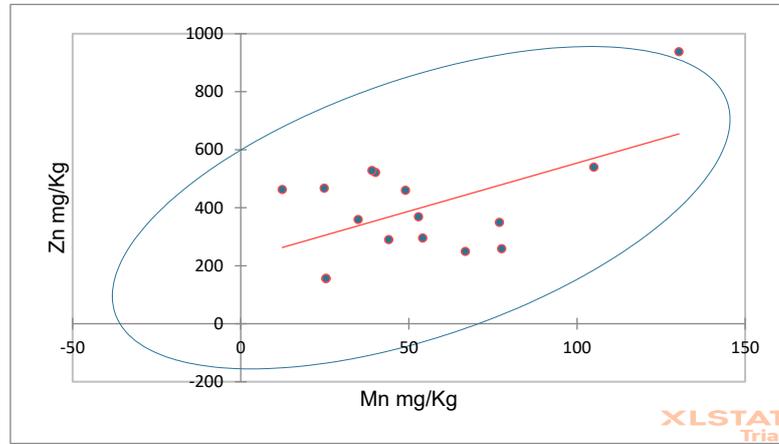


- 2. La correlación entre Mn y Zn es positiva moderada**, lo que indica que, a un incremento o decremento en la concentración de uno de los metales le corresponde un incremento o decremento proporcional en el otro, es decir, existe una relación directa entre estos metales.

El **dispersiograma (figura 110)**, muestra la nube de puntos de las concentraciones de Mn y Zn medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.549$. El coeficiente de determinación $R^2=0.301$, indica que cerca del 30.1% de la variabilidad de la concentración de Mn es explicada por la variabilidad de la concentración de Zn, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 313.

Dispersiograma de la correlación entre Mn y Zn, en compost – ruma 3.

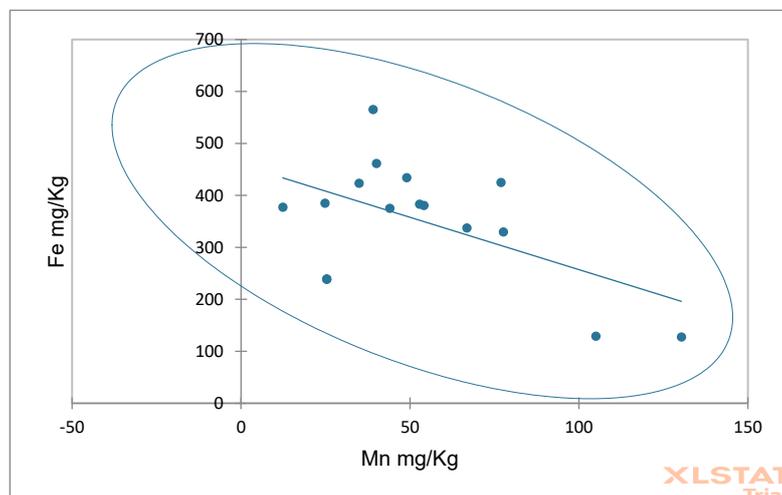


- 3. La correlación entre Fe y Mn es negativa moderada**, lo que indica que a un incremento en la concentración de uno de los metales le corresponde un decremento proporcional en el otro y viceversa, es decir, existe una relación inversa entre estos metales.

El **dispersiograma (figura 111)**, muestra la nube de puntos de las concentraciones de **Fe** y **Mn** medidas al mismo tiempo, y la correlación negativa entre estos, igual a $r=-0.541$. El coeficiente de determinación $R^2=0.293$, indica que cerca del 29.3% de la variabilidad de la concentración de Fe es explicada por la variabilidad de la concentración de Mn, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 316.

Dispersiograma de la correlación entre Mn y Zn, en compost – ruma 3.

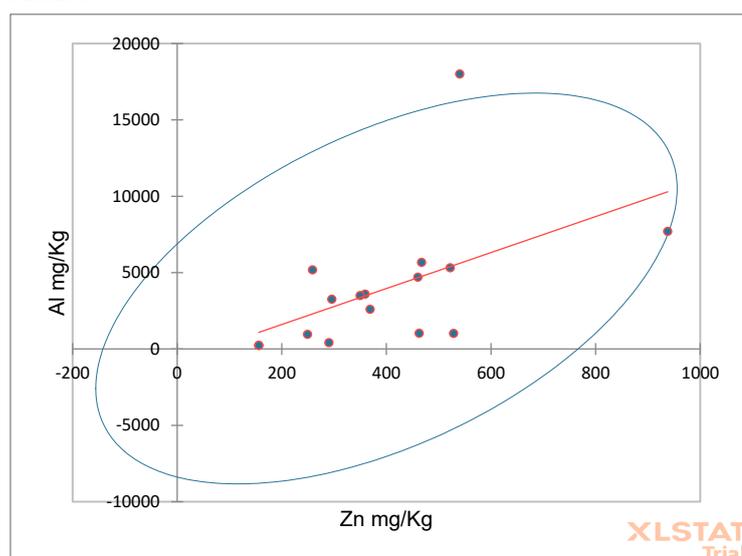


4. **La correlación entre Al y Zn es positiva moderada**, lo que indica que, a un incremento o decremento en la concentración de uno de los metales le corresponde un incremento o decremento proporcional en el otro; es decir, existe una relación directa entre estos metales.

El **dispersiograma (figura 112)**, presenta la nube de puntos de las concentraciones de Al y Zn medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.512$. El coeficiente de determinación $R^2=0.262$, indica que cerca del 26.2% de la variabilidad de la concentración de Al es explicada por la variabilidad de la concentración de Zn, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 319.

Dispersiograma de la correlación entre Zn y Al, en compost – ruma 3.



Resumen de interpretación

En la relación entre las variables fisicoquímicas y los MPT, destacan las correlaciones entre metales y la afinidad en su comportamiento en: Mn-Al, Mn-Zn, Mn-Fe y Zn-Al.

Conclusiones de las correlaciones en compost, en las tres rumas

- En las rumas 1 y 2 destacaron las correlaciones positivas entre las concentraciones de Pb-O₂, Pb-ácidos húmicos, Pb-ácidos fúlvicos, esta

última presentó un nivel de significación ligeramente mayor ($r=0.548$, $p=0.052$).

- En las rumas 1 y 2 se presentaron correlaciones negativas moderadas y altas respectivamente, en relación a las concentraciones de Fe y pH.
- En las rumas 1 y 3 (control), se presentaron correlaciones negativas moderadas entre Mn y Fe.
- En las rumas 2 y 3 (control), se detectaron correlaciones positivas moderadas entre Mn-Al, Mn-Zn y Al-Zn.

6. Resultados de las correlaciones en la movilidad de los metales con pH, materia orgánica, oxígeno, ácidos húmicos, y ácidos fúlvicos en compost estabilizado. CR3

Son las correlaciones en la movilidad de los MPT en el proceso de compostaje y lixiviados con pH, materia orgánica, oxígeno, ácidos húmicos, y ácidos fúlvicos de compost estabilizado. En el **cuadro 115**, se muestran los valores numéricos que serán confrontados entre sí para hallar las correlaciones.

Cuadro 339.

Reporte para la correlación de MPT con parámetros fisicoquímicos del proceso de compostaje en las tres rumas.

Ruma/muestra	pH	M.O. %	Abs. de O ₂	Cd (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)
R1/M1	9.23	44.25	5.37	0.24	18.32	2.00	13.16	6.97
R1/M2	9.45	45.81	5.65	0.20	21.75	1.69	3.98	5.58
R1/M3	9.37	50.16	5.10	1.02	11.79	3.45	4.93	3.85
Ruma/muestra	pH	M.O. %	Abs. de O ₂	Cd (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)
R2/M1	9.28	47.20	5.61	2.30	13.38	6.07	5.97	4.82
R2/M2	9.37	50.79	4.97	3.68	13.28	0.89	3.97	7.29
R2/M3	9.17	52.88	11.33	0.60	18.17	7.14	20.97	4.14
Ruma/muestra	pH	M.O. %	Abs. de O ₂	Cd (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)
R3/M1	9.67	45.79	10.85	1.20	24.77	6.53	22.43	3.84

El reporte se divide en **dos partes**:

- i. En la primera se detalla las correlaciones y regresiones lineales encontradas en el análisis de datos por ruma; y
- ii. En la segunda parte, el análisis se realiza sobre el conjunto de datos de las rumas, incluyendo el registro de la ruma 3 (control).

RUMA 1

En el **cuadro 116**, se muestra la matriz de correlaciones de Pearson entre los MPT y algunas variables fisicoquímicas de la **ruma 1** del proceso de compostaje.

Cuadro 342.

Matriz de correlaciones de Pearson de MPT y variables fisicoquímicas – Ruma 1.

Variables	pH	M.O. %	Abs. de O ₂	Cd (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)
pH	1	0.402	0.369	0.113	0.188	-0.010	-0.963	-0.579
p-value	0	0.737	0.759	0.928	0.879	0.994	0.174	0.607
M.O. %		1	-0.703	0.955	-0.823	0.912	-0.634	-0.979
p-value		0	0.504	0.191	0.384	0.269	0.563	0.129
Abs. de O ₂			1	-0.882	0.982	-0.933	-0.105	0.545
p-value			0	0.312	0.120	0.235	0.933	0.633
Cd (mg/Kg)				1	-0.955	0.993	-0.377	-0.876
p-value				0	0.193	0.078	0.754	0.321
Cu (mg/Kg)					1	-0.984	0.083	0.692
p-value					0	0.115	0.947	0.513
Cr (mg/Kg)						1	-0.261	-0.810
p-value						0	0.832	0.399
Ni (mg/Kg)							1	0.777
p-value							0	0.433
Pb (mg/Kg)								1
p-value								0

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0.05

Coefficiente de determinación de Pearson

El coeficiente de determinación es un coeficiente de ajuste, llamando también “bondad de ajuste”, que puede ser lineal o no.

Entonces, el **coeficiente de determinación (R^2)**, es el cuadrado del **coeficiente de correlación (r)** de Pearson, donde R^2 , es la proporción de la variación en **y** explicada por **x**. Un R^2 igual al **valor 1** significa un ajuste lineal perfecto, porque la variación total de la variable **y** es explicada por el modelo de regresión

El **cuadro 117**, presenta los coeficientes de determinación de Pearson entre los MPT y variables fisicoquímicas del proceso de compostaje en la **ruma 1**.

Cuadro 345.

Coefficientes de determinación de Pearson entre los MPT y variables fisicoquímicas del proceso de compostaje en la ruma 1.

Variables	pH	M. O. %	Abs. de O2	Cd (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)
pH	1	0.162	0.136	0.013	0.036	0.000	0.927	0.335
M. O. %		1	0.494	0.912	0.678	0.831	0.402	0.959
Abs. de O2			1	0.778	0.965	0.870	0.011	0.297
Cd (mg/Kg)				1	0.911	0.985	0.142	0.767
Cu (mg/Kg)					1	0.968	0.007	0.479
Cr (mg/Kg)						1	0.068	0.656
Ni (mg/Kg)							1	0.604
Pb (mg/Kg)								1

Jerarquización y clasificación de los coeficientes de correlación – metales vs variables fisicoquímicas y metales vs metales.

No se han encontrado correlaciones significativamente estadísticas entre las variables analizadas.

RUMA 2

En el **cuadro 118**, se muestra la matriz de correlaciones de Pearson entre los MPT y algunas variables fisicoquímicas de la **ruma 2** del proceso de compostaje.

Cuadro 348.

Matriz de correlaciones de Pearson de MPT y variables fisicoquímicas – Ruma 2.

Variables	pH	M.O. %	Abs. de O ₂	Cd (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)
pH	1	-0.417	-0.931	1.000	-0.901	-0.913	-0.937	0.931
p-value	0	0.726	0.238	0.001	0.285	0.268	0.228	0.239
M.O. %		1	0.720	-0.419	0.769	0.009	0.709	-0.055
p-value		0	0.488	0.725	0.441	0.994	0.498	0.965
Abs. de O ₂			1	-0.932	0.997	0.700	1.000	-0.732
p-value			0	0.237	0.047	0.506	0.010	0.477
Cd (mg/Kg)				1	-0.902	-0.912	-0.937	0.930
p-value				0	0.284	0.269	0.227	0.240
Cu (mg/Kg)					1	0.646	0.996	-0.680
p-value					0	0.553	0.057	0.524
Cr (mg/Kg)						1	0.712	-0.999
p-value						0	0.496	0.029
Ni (mg/Kg)							1	-0.743
p-value							0	0.467
Pb (mg/Kg)								1
p-value								0

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0.05

Coefficiente de determinación de Pearson

El coeficiente de determinación es un coeficiente de ajuste, llamando también “bondad de ajuste”, que puede ser lineal o no.

Entonces, el **coeficiente de determinación (R^2)**, es el cuadrado del **coeficiente de correlación (r)** de Pearson, donde R^2 , es la proporción de la variación en y explicada por x . Un R^2 igual al **valor 1** significa un ajuste lineal perfecto, porque la variación total de la variable y es explicada por el modelo de regresión

El **cuadro 119**, presenta los coeficientes de determinación de Pearson entre los MPT y variables fisicoquímicas del proceso de compostaje en la **ruma 2**.

Cuadro 351.

Coefficientes de determinación de Pearson entre los MPT y variables fisicoquímicas del proceso de compostaje en la ruma 2.

Variables	pH	M. O. %	Abs. de O2	Cd (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)
pH	1	0.174	0.866	1.000	0.812	0.833	0.877	0.866
M. O. %		1	0.519	0.175	0.592	0.000	0.503	0.003
Abs. de O2			1	0.868	0.995	0.490	1.000	0.536
Cd (mg/Kg)				1	0.814	0.832	0.879	0.865
Cu (mg/Kg)					1	0.417	0.992	0.463
Cr (mg/Kg)						1	0.507	0.998
Ni (mg/Kg)							1	0.553
Pb (mg/Kg)								1

Jerarquización y clasificación de los coeficientes de correlación – metales vs variables fisicoquímicas y metales vs metales.

En el **cuadro 120**, se muestran los **coeficientes de correlación bivariada** de alta significancia estadística. Otras correlaciones fueron no significativas estadísticamente o no existe evidencia de la relación entre las variables. Este análisis no implica **causalidad**.

Cuadro 354.

Coefficientes de correlación bivariada de Pearson de alta significancia estadística del proceso de compostaje en la ruma 2.

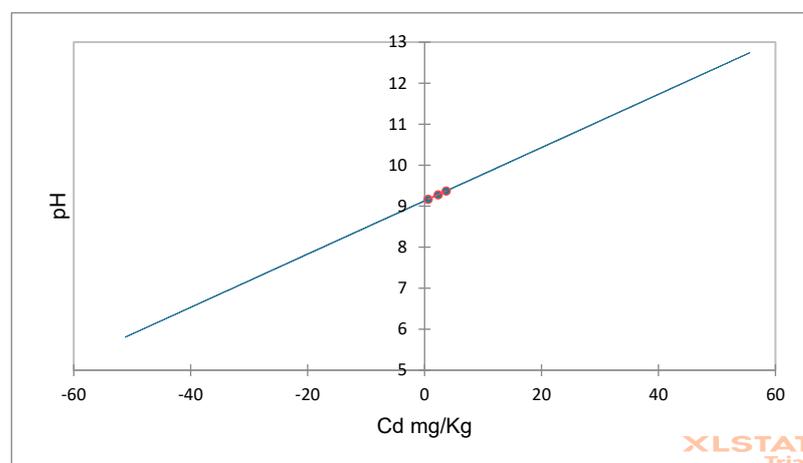
Nº	Variable 01	Variable 02	r - Pearson	N. Significancia	Descripción de la correlación.
01	pH	Cadmio	1.000	0.001	Positiva perfecta
02	Oxígeno	Níquel	1.000	0.010	Positiva perfecta
03	Plomo	Cromo	-0.999	0.029	Negativa muy alta
04	Oxígeno	Cobre	0.997	0.047	Positiva muy alta

1. **La correlación entre pH y Cadmio es positiva perfecta**, lo que indica que, a un incremento o decremento del pH le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Cadmio, es decir, existe una relación directa entre estas variables.

El **dispersiograma (figura 113)**, muestra la nube de puntos de pH y Cadmio medidos al mismo tiempo, y la relación positiva entre estos. El coeficiente de determinación obtenido, indica que cerca del 99.9% de la variabilidad de la concentración de Cadmio es explicada por la variabilidad de la concentración de pH, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 322.

Dispersiograma de la correlación entre Cd y pH, en compost – ruma 2.



- 2. La correlación entre Oxígeno y Níquel es positiva perfecta**, lo que indica que, a un incremento o decremento en la concentración de Oxígeno le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Níquel, es decir, existe una relación directa entre estas variables.

El **dispersiograma (figura 114)**, observado en la página siguiente, muestra la nube de puntos de las concentraciones de Oxígeno y Níquel medidas al mismo tiempo, y la relación positiva entre estos. El coeficiente de determinación obtenido, indica que cerca del 99.9% de la variabilidad de la concentración de Níquel es explicada por la variabilidad de la concentración de Oxígeno, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

- 3. La correlación entre Cromo y Plomo es negativa muy alta**, lo que indica que a un incremento en la concentración de Plomo le corresponde un decremento proporcional en la concentración de Cromo y viceversa, es decir, existe una relación inversa entre estas variables.

El **dispersiograma (figura 115)**, muestra la nube de puntos de las concentraciones de Cromo y Plomo medidas al mismo tiempo, y la relación negativa entre estos. El coeficiente de determinación obtenido indica que cerca del 99.8% de la variabilidad de la concentración de Cromo es explicada por la variabilidad de la concentración de Plomo, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 325.

Dispersiograma de la correlación entre O₂ y Ni, en compost – ruma 2.

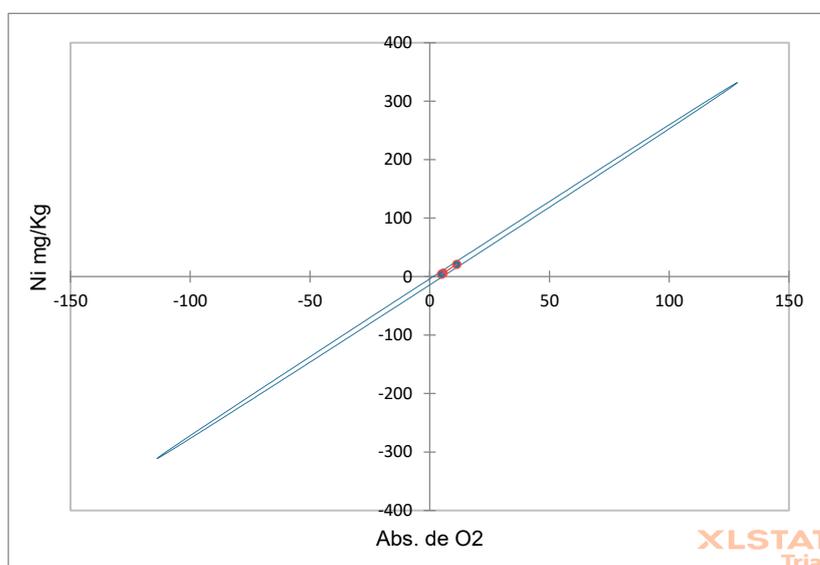
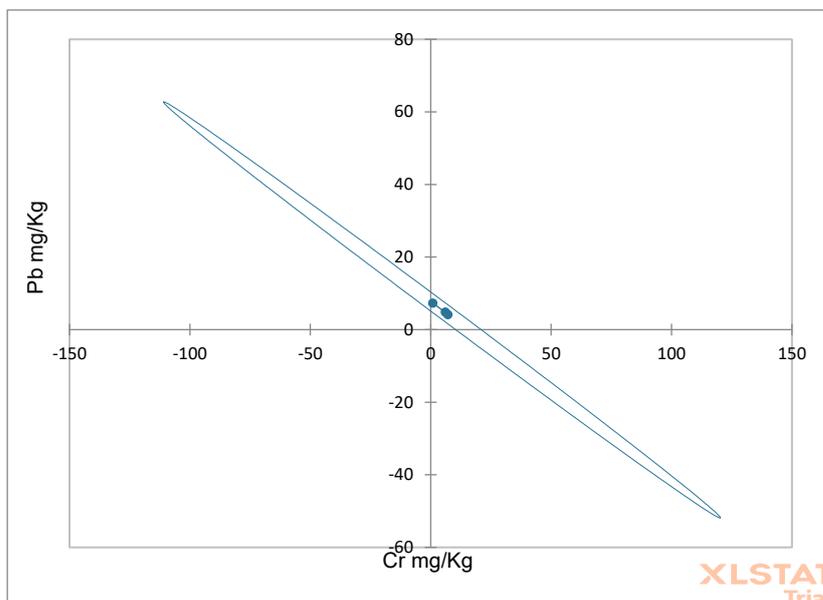


Figura 328.

Dispersiograma de la correlación entre Cr y Pb, en compost – ruma 2.

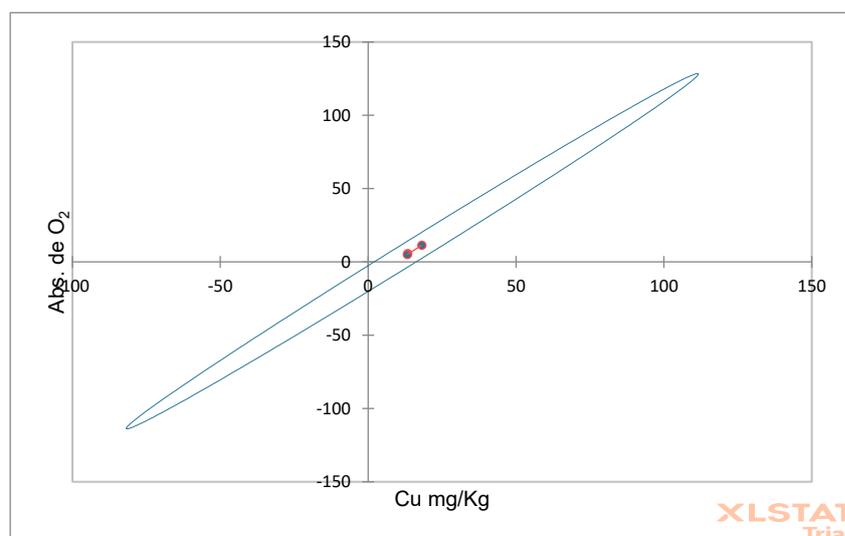


4. **La correlación entre Oxígeno y Cobre fue positiva muy alta**, lo que indica que, a un incremento o decremento en la concentración de Oxígeno le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Cobre, es decir, existe una relación directa entre estas variables.

El **dispersiograma (figura 116)**, muestra la nube de puntos de las concentraciones de Oxígeno y Cobre medidas al mismo tiempo, y la relación positiva entre estos. El coeficiente de determinación obtenido, indica que cerca del 99.5% de la variabilidad de la concentración de Níquel es explicada por la variabilidad de la concentración de Oxígeno, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 331.

Dispersiograma de la correlación entre Cu y O₂, en compost – ruma 2.



RUMA 3

En la ruma 3 solo se registró una muestra, por lo cual no se puede ejecutar el análisis de correlación entre las variables de interés.

RUMAS 1, 2 y 3

En el **cuadro 121**, se muestra la matriz de correlaciones de Pearson entre los MPT y algunas variables fisicoquímicas de las **rumas 1, 2 y 3** del proceso de compostaje.

Cuadro 357.

Matriz de correlaciones de Pearson de MPT y variables fisicoquímicas – Rumas 1, 2 y 3.

Variables	pH	M.O. %	Abs. de O ₂	Cd (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)
pH	1	-0.385	0.191	0.065	0.552	0.015	0.126	-0.264
p-value	0	0.394	0.682	0.890	0.199	0.975	0.788	0.568
M.O. %		1	0.243	0.349	-0.499	0.220	0.014	-0.233
p-value		0	0.600	0.443	0.254	0.636	0.976	0.615
Abs. de O ₂			1	-0.276	0.600	0.784	0.917	-0.587
p-value			0	0.550	0.154	0.037	0.004	0.166
Cd (mg/Kg)				1	-0.528	-0.152	-0.369	0.324
p-value				0	0.223	0.745	0.415	0.479
Cu (mg/Kg)					1	0.225	0.625	-0.169
p-value					0	0.628	0.134	0.718
Cr (mg/Kg)						1	0.692	-0.792
p-value						0	0.085	0.034
Ni (mg/Kg)							1	-0.419
p-value							0	0.350
Pb (mg/Kg)								1
p-value								0

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0.05

Coefficiente de determinación de Pearson

El coeficiente de determinación es un coeficiente de ajuste, llamando también “bondad de ajuste”, que puede ser lineal o no.

Entonces, el **coeficiente de determinación (R^2)**, es el cuadrado del **coeficiente de correlación (r)** de Pearson, donde R^2 , es la proporción de la variación en **y** explicada por **x**. Un R^2 igual al **valor 1** significa un ajuste lineal perfecto, porque la variación total de la variable **y** es explicada por el modelo de regresión

El **cuadro 122**, presenta los coeficientes de determinación de Pearson entre los MPT y variables fisicoquímicas del proceso de compostaje en las **rumas 1, 2 y 3**.

Cuadro 360.

Coefficientes de determinación de Pearson entre los MPT y variables fisicoquímicas del proceso de compostaje en las rumas 1, 2 y 3.

Variables	pH	M. O. %	Abs. de O2	Cd (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)
pH	1	0.148	0.036	0.004	0.305	0.000	0.016	0.070
M. O. %		1	0.059	0.122	0.249	0.048	0.000	0.054
Abs. de O2			1	0.076	0.360	0.615	0.841	0.344
Cd (mg/Kg)				1	0.279	0.023	0.136	0.105
Cu (mg/Kg)					1	0.051	0.390	0.028
Cr (mg/Kg)						1	0.479	0.627
Ni (mg/Kg)							1	0.175
Pb (mg/Kg)								1

Jerarquización y clasificación de los coeficientes de correlación – metales vs variables fisicoquímicas y metales vs metales.

En el **cuadro 123**, se muestran los **coeficientes de correlación bivariada** de alta significancia estadística. Otras correlaciones fueron no significativas estadísticamente o no existe evidencia de la relación entre las variables. Este análisis no implica **causalidad**.

Cuadro 363.

Coefficientes de correlación bivariada de Pearson de alta significancia estadística del proceso de compostaje en las rumas 1, 2 y 3.

Nº	Variable 01	Variable 02	r - Pearson	N. Significancia	Descripción de la correlación.
01	Oxígeno	Níquel	0.917	0.004	Positiva muy alta
02	Cromo	Plomo	-0.792	0.034	Negativa alta
03	Oxígeno	Cromo	0.784	0.037	Positiva alta

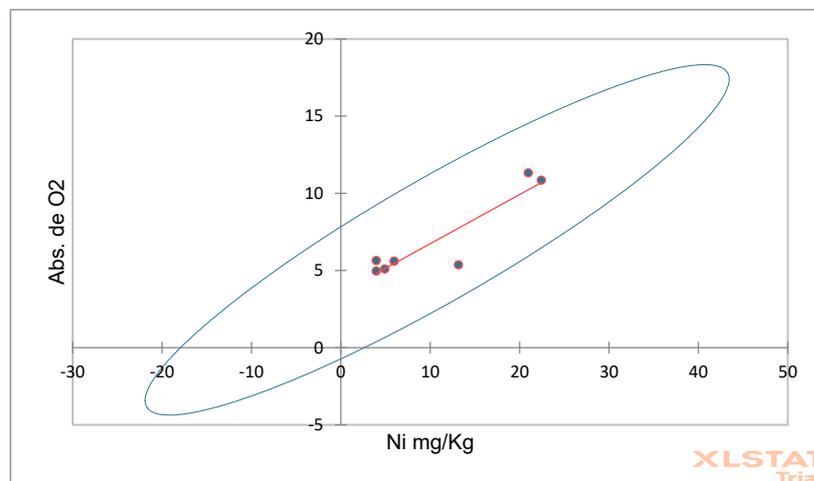
- 1. La correlación entre Oxígeno y Níquel es positiva muy alta**, lo que indica que, a un incremento o decremento en la concentración de Oxígeno le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Níquel, es decir, existe una relación directa entre estas variables.

El **dispersiograma (figura 117)**, muestra la nube de puntos de las concentraciones de Oxígeno y Níquel medidas al mismo tiempo, y la

relación positiva entre estos. El coeficiente de determinación obtenido, indica que cerca del 84.1% de la variabilidad de la concentración de Níquel es explicada por la variabilidad de la concentración de Oxígeno, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 334.

Dispersiograma de la correlación entre Ni y O₂, en compost – rumas 1, 2 y 3.



- 2. La correlación entre Cromo y Plomo fue negativa alta**, lo que indica que a un incremento en la concentración de Plomo le corresponde un decremento proporcional en la concentración de Cromo y viceversa, es decir, existe una relación inversa entre estas variables.

El **dispersiograma (figura 118)**, presentado en la siguiente página, muestra la nube de puntos de las concentraciones de Cromo y Plomo medidas al mismo tiempo, y la relación negativa entre estos. El coeficiente de determinación obtenido indica que cerca del 62.7% de la variabilidad de la concentración de Cromo es explicada por la variabilidad de la concentración de Plomo, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

- 3. La correlación entre Oxígeno y Cromo es positiva alta**, lo que indica que, a un incremento o decremento en la concentración de Oxígeno le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Cromo, es decir, existe una relación directa entre estas variables.

El **dispersiograma (figura 119)**, muestra la nube de puntos de las concentraciones de Oxígeno y Cromo medidas al mismo tiempo, y la relación positiva entre estos. El coeficiente de determinación obtenido, indica que cerca del 61.5% de la variabilidad de la concentración de Cromo es explicada por la variabilidad de la concentración de Oxígeno, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 337.

Dispersiograma de la correlación entre Pb y Cr, en compost – rumas 1, 2 y 3.

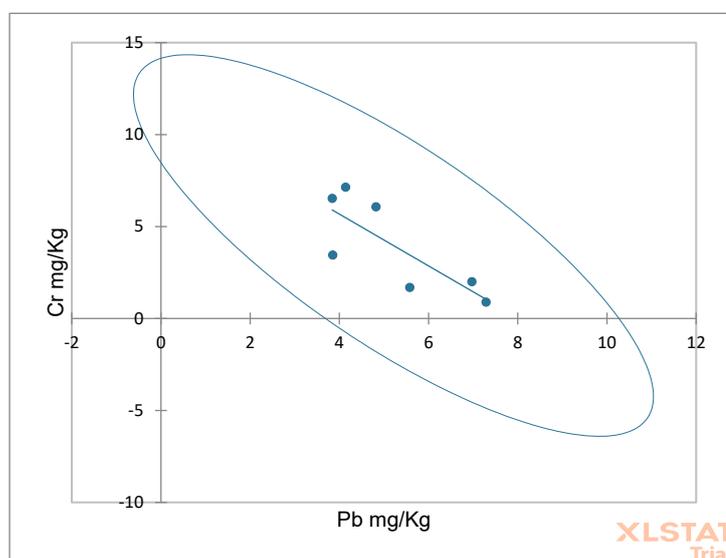
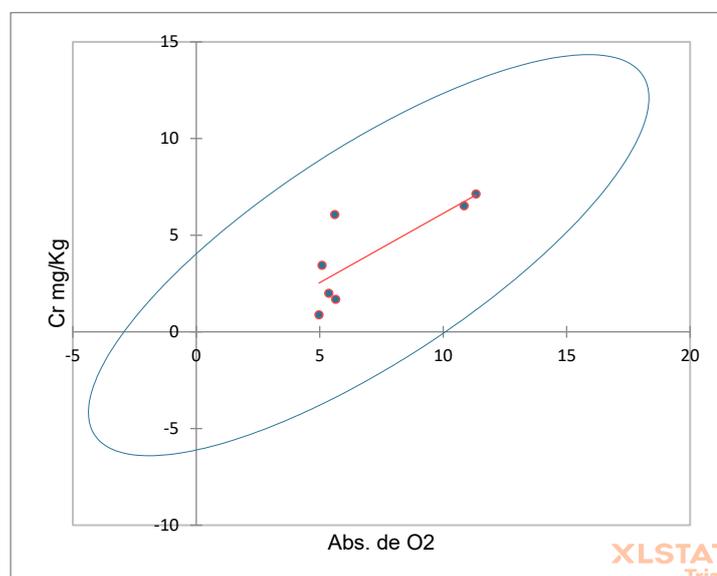


Figura 340.

Dispersiograma de la correlación entre O₂ y Cr, en compost – rumas 1, 2 y 3.



Conclusiones de las correlaciones en compost, en las tres rumas

- En el análisis de resultados de tres muestras de la ruma R1, no se encontraron correlaciones significativas.
- En el análisis de resultados de la ruma R2, se encontraron 04 correlaciones significativas, considerando que se tuvieron tres muestras las correlaciones fueron, pH – Cadmio, Oxígeno - Níquel y Oxígeno - Cobre mostrando relaciones positivas, mientras, la relación entre Plomo y Cromo fue negativa.
- No se ejecutó el análisis de correlación con los datos de la ruma R3 ya que solo se tuvo un registro.
- En el análisis global, se encontraron las siguientes correlaciones, Oxígeno - Níquel y Oxígeno - Cromo presentaron correlaciones positivas, mientras, las concentraciones de Plomo y Cromo mostraron una correlación negativa.

7. Resultados de la calidad del compost estabilizado, desde la perspectiva de la presencia de los metales pesados, teniendo como referente las normas NCh2880-2004 de Chile y NADF-020-AMBT-2011 de México D.F.

Sedimentos de compost estabilizado

La norma ambiental **NADF-020-AMBT-2011 de México D.F.**, no consigna estándares de calidad en relación a las materias primas, motivo por el cual no se realizó el análisis comparativo.

La **norma chilena Nch2880 (2004)**, establece los niveles máximos de concentración de **elementos traza en materias primas** para compostaje en relación a los metales **Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn**. Sin embargo, no se pudo realizar el análisis comparativo de los metales **Cd, Cr, Hg y Ni**, debido a que estos no se encontraron en los resultados obtenidos del rastreo de la materia prima a través del método de especiación de metales pesados en sedimentos de compost estabilizado.

Por otra parte, tras el método de análisis mencionado, se obtuvieron las concentraciones de los metales **Al, Fe, Cu, Pb, Mn y Zn**; sin embargo, solo se

realizó el análisis comparativo con la norma Nch2880, para los metales **Cu, Pb y Zn**, debido a que los otros no se encuentran considerados dentro de la norma. El análisis comparativo se muestra en el **cuadro 124**.

Cuadro 366.

Análisis comparativo de los valores de los MPT (mg/Kg) en sedimentos de compost estabilizado.

Elementos Traza	Metales pesados totales (mg/Kg)			Norma Nch2880
	R1	R2	R3	
Al	1030	395	930	-
Cu	175	295	555	1000
Fe	1605	1530	1645	-
Mn	1700	810	1800	-
Pb	2235	1210	1350	800
Zn	1120	1180	740	3000

Según la norma chilena las materias primas, desde la perspectiva de la concentración de **Cu y Zn** halladas en el proceso, se encuentran por debajo de las concentraciones máximas, puesto que ninguna de las tres rumas supera los valores de 1000 y 3000 mg/Kg respectivamente; mientras que las concentraciones de **Pb** halladas en el proceso, se encuentran por encima de la concentración máxima. En ese sentido, con respecto a la concentración de **Pb**, las materias primas no serían adecuadas para el proceso de compostaje.

Proceso de compostaje

En el proceso de compostaje, respecto a la presencia de **metales pesados en el compost**, se encontraron concentraciones de los micronutrientes Mn, Cu, Zn, Fe y de los metales pesados tóxicos Al, As, Cd, Cr, Hg, Ni y Pb.

La **norma chilena Nch2880 (2004)** considera concentraciones máximas para diez metales pesados: **As, Cd, Cu, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb, Se y Zn**; mientras que la norma ambiental mexicana para el Distrito Federal **NADF-020-AMBT-2011**, solo consideran concentraciones máximas para ocho metales pesados: **As, Cd, Cr total, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn**. En ese sentido, en relación a la norma Nch2880, dentro de los resultados en todas las rumas al final de proceso no se encontraron concentraciones de Se y Mo.



Micronutrientes en compost

Manganeso (Mn) en compost

El análisis comparativo de los resultados de los valores hallados de concentración de Mn en todas las rumas **AL FINAL DEL PROCESO** de la investigación (**cuadro 42**), con los valores establecidos en la norma chilena Nch2880 (2004) y la norma ambiental mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011, no es posible, porque las mencionadas normas aun en el nivel de elementos traza establecidos, no consideran valores de la concentración de **Mn**.

Cobre (Cu) en compost

En el **cuadro 125**, se presenta los resultados del análisis comparativo de los resultados de los valores hallados de concentración de **Cu** en todas las rumas **AL FINAL DEL PROCESO** de la investigación (**cuadro 45**) con los valores establecidos en las normas chilena Nch2880 (2004) y norma ambiental mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011. Los detalles, son los siguientes:

Cuadro 369.

Análisis comparativo de la concentración de Cu con normas.

Análisis comparativo Valores de Cu (mg/kg)	Clases/ Tipos	Valor Estándar	Ruma 1	Ruma 2	Ruma 3
Norma Nch2880	Clase A	100	00	00	00
	Clase B	1000			
NADF-020-AMBT-2011	N1-TA	70			
	N2-TB	150			
	N3-TC	400-500			

A juzgar por los resultados de los valores de la concentración nula de **Cu** al final del proceso de compostaje en todas las rumas, incluyendo en la testigo desarrollada artesanalmente, el compost de todas las rumas, desde la perspectiva de la presencia de Cu, es de la mejor calidad para ambas normas: de clase A y de nivel 1-tipo A respectivamente.

Zinc (Zn) en compost

En el **cuadro 126**, se presenta los resultados del análisis comparativo de los resultados de los valores hallados de concentración de **Zn** en todas las rumas **AL FINAL DEL PROCESO** de la investigación (**cuadro 51**), con los valores establecidos en las normas chilena Nch2880 (2004) y norma ambiental mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011. Los detalles, son los siguientes:

Cuadro 372.

Análisis comparativo de la concentración de Zn con normas.

Análisis comparativo Valores de Zn (mg/kg)	Clases/ Tipos	Valor Estándar	Ruma 1	Ruma 2	Ruma 3
Norma Nch2880	Clase A	200	238.80	338.65	295.47
	Clase B	2000			
NADF-020-AMBT- 2011	N1-TA	200			
	N2-TB	500			
	N3-TC	1200-1800			

Según la norma chilena el compost de las tres rumas, desde la perspectiva de la concentración de **Zn** halladas en el proceso, se categorizan como de clase B, porque todas superan el valor de 200 pero están por debajo de 2000 mg/kg. Con respecto a la norma mexicana, también el compost de todas las rumas son de nivel 2 – tipo B, porque en todos los casos, la concentración hallada de **Zn**, supera el valor de 200 pero está por debajo de 500 mg/kg.

Hierro (Fe) en compost

El análisis comparativo de los resultados de los valores hallados de concentración de **Fe** en todas las rumas **AL FINAL DEL PROCESO** de la investigación (**cuadro 48**), con los valores establecidos en la norma chilena Nch2880 (2004) y la norma ambiental mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011, no es posible, porque las mencionadas normas aun en el nivel de elementos traza establecidos, no consideran valores de la concentración de **Fe**.

Metales pesados tóxicos

Aluminio (Al) en compost

El análisis comparativo de los resultados de los valores hallados de concentración de **Al** en todas las rumas **AL FINAL DEL PROCESO** de la investigación (**cuadro 54**), con los valores establecidos en la norma chilena Nch2880 (2004) y la norma ambiental mexicana NADF-020-AMBT-2011, no es posible, porque las mencionadas normas aun en el nivel de elementos traza establecidos, no consideran valores de la concentración de **Al**.

Arsénico (As) en compost

Los valores de las concentraciones de **As** total en todas las rumas, estuvieron por debajo del nivel de detección a través del método correspondiente a As, por lo que no se realizó el análisis comparativo de los resultados de los valores hallados de concentración en todas las rumas **AL FINAL DEL PROCESO** (**cuadro 57**), con los valores establecidos en la norma chilena Nch2880 (2004) y la norma ambiental mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011.

Cadmio (Cd) en compost

En el **cuadro 127**, se presenta los resultados del análisis comparativo de los resultados de los valores hallados de concentración de **Cd** en todas las rumas **AL FINAL DEL PROCESO** de la investigación (**cuadro 58**), con los valores establecidos en la norma chilena Nch2880 (2004) y la norma ambiental mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011. Los detalles, son los siguientes:

Cuadro 375.

Análisis comparativo de la concentración de Cd con normas.

Análisis comparativo Valores de Cd (mg/kg)	Clases/ Tipos	Valor Estándar	Ruma 1	Ruma 2	Ruma 3
Norma Nch2880	Clase A	2.00	0.01	25.10	0.01
	Clase B	8.00			
NADF-020-AMBT-2011	N1-TA	0.70			
	N2-TB	1.00			
	N3-TC	3.00			

Según la norma chilena el compost de las rumas 1 y 3 se categorizan como de clase A, en cambio el compost de la ruma 2 está fuera de rango porque supera el máximo permitido de 8 mg/kg de la clase B. Con respecto a la norma mexicana, de manera similar el compost de las rumas 1 y 3 son de nivel 1-tipo A por tener valores de Cd casi imperceptibles, en cambio el compost de la ruma 2, no califica ni para el nivel 3-tipo C porque supera ampliamente el valor máximo permitido de concentración de **Cd** de 3.0 mg/kg.

Cromo (Cr) en compost

Los valores de las concentraciones de **Cr** total en todas las rumas, estuvieron por debajo del nivel de detección a través del método correspondiente a **Cr** de la técnica: espectrofotometría UV-Vis, por lo que no se pudo realizar el análisis comparativo de los resultados de los valores hallados de concentración en todas las rumas **AL FINAL DEL PROCESO** de la investigación (**cuadro 61**), con los valores establecidos en la norma chilena Nch2880 (2004) y la norma ambiental mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011.

Mercurio (Hg) en compost

El análisis comparativo de los resultados de los valores hallados de concentración de **Hg** en todas las rumas **AL FINAL DEL PROCESO** de la investigación (**cuadro 62**), con los valores establecidos en la norma chilena Nch2880 (2004) y la norma ambiental mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011, no es posible, porque los valores de las concentraciones de **Hg** total en todas las rumas, estuvieron por debajo del nivel de detección a través del método correspondiente a Hg de la técnica: espectrofotometría UV-Vis, por lo que no se pudo realizar el análisis comparativo.

Níquel (Ni) en compost

En el **cuadro 128**, se presenta los resultados del análisis comparativo de los resultados de los valores hallados de concentración de **Ni** en todas las rumas **AL FINAL DEL PROCESO** de la investigación (**cuadro 63**), con los valores establecidos en la norma chilena Nch2880 (2004) y la norma ambiental

mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011. Los detalles, son los siguientes:

Cuadro 378.

Análisis comparativo de la concentración de Ni con normas.

Análisis comparativo Valores de Ni (mg/kg)	Clases/ Tipos	Valor Estándar	Ruma 1	Ruma 2	Ruma 3
Norma Nch2880	Clase A	20.00	15.74	17.36	24.25
	Clase B	80.00			
NADF-020-AMBT-2011	N1-TA	25.00			
	N2-TB	60.00			
	N3-TC	10.00			

Según la norma chilena y en función al contenido de **Ni**, el compost de las rumas 1 y 2 se categorizan como de clase A, y de la ruma 3 de clase B. De conformidad con la norma mexicana, el compost producido en las tres rumas se categoriza de nivel 1-tipo A.

Plomo (Pb) en compost

En el **cuadro 129**, se presenta los resultados del análisis comparativo de los resultados de los valores hallados de concentración de **Pb** en todas las rumas **AL FINAL DEL PROCESO** de la investigación (**cuadro 66**), con los valores establecidos en la norma chilena Nch2880 (2004) y en la norma ambiental mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011. Los detalles, son los siguientes:

Cuadro 381.

Análisis comparativo de la concentración de Pb con normas.

Análisis comparativo Valores de Pb (mg/kg)	Clases/ Tipos	Valor Estándar	Ruma 1	Ruma 2	Ruma 3
Norma Nch2880	Clase A	100.00	534.33	692.23	610.28
	Clase B	300.00			
NADF-020-AMBT-2011	N1-TA	45.00			
	N2-TB	120.00			
	N3-TC	200.00			

Según la norma Nch2880 (2004) chilena y la norma ambiental mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011, el compost producido en las tres

rumas del proceso, desde la presencia de la concentración de Pb, no son viables, debido a que tomando como referencia los valores máximos establecido en ambas normas, los valores de concentración hallados, superan en exceso los límites máximos establecidos para las clases, niveles y tipos, respectivamente.

Micronutrientes en lixiviados

En lixiviados, del conjunto de elementos previstos en las normas mencionadas y descritas anteriormente, se hallaron solo Cu, Fe, Mn y Zn; sin embargo solo se realizó el análisis comparativo para Cu y Zn, puesto que las normas usadas en esta investigación, la norma chilena Nch2880 (2004) y la norma ambiental mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011, **no establecen el requisito** de concentración máxima para los micronutrientes **Mn y Fe**. Además este análisis es referencial, porque los valores establecidos en las normas son para resultados de análisis de muestras de compost seco estabilizado y **no de lixiviados del proceso**.

Cobre (Cu) en lixiviados

En el **cuadro 130**, se presenta los resultados del análisis comparativo normativo **REFERENCIAL** de los resultados de los valores hallados de concentración de **Cu** en todas las rumas **AL FINAL DEL PROCESO** de la investigación (**cuadro 69**), con los valores establecidos en la norma chilena Nch2880 (2004) y la norma ambiental mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011. Los detalles referenciales, son los siguientes:

Cuadro 384.

Análisis comparativo referencial de la concentración de Cu en lixiviados del proceso de compostaje.

Análisis comparativo Valores de Cu (mg/L)	Clases/ Tipos	Valor Estándar	Ruma 1	Ruma 2	Ruma 3
Norma Nch2880	Clase A	100.00	2.48	0.05	0.02
	Clase B	1000.00			
NADF-020-AMBT-2011	N1-TA	70.00			
	N2-TB	150.00			
	N3-TC	400.00- 500.00			

Según las normas chilena y mexicana, los lixiviados provenientes del proceso de compostaje en las tres rumas habrían contenido valores de concentraciones de Cu muy por debajo de las exigencias de ambas normas, debiendo dar origen al producto final estabilizado con valores que lo clasifiquen como de clase A, según la norma NCh2880 y de nivel 1-tipo A, según la norma mexicana.

Zinc (Zn) en lixiviados

En el **cuadro 131**, se presenta los resultados del análisis comparativo normativo **REFERENCIAL** de los resultados de los valores hallados de concentración de **Zn** en todas las rumas **AL FINAL DEL PROCESO** de la investigación, con los valores establecidos en la norma chilena Nch2880 (2004) y la norma ambiental mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011. Los detalles referenciales, son los siguientes:

Cuadro 387.

Análisis comparativo referencial de la concentración de Zn en lixiviados del proceso de compostaje.

Análisis comparativo Valores de Zn (mg/L)	Clases/ Tipos	Valor Estándar	Ruma 1	Ruma 2	Ruma 3
Norma Nch2880	Clase A	100.00	0.09	0.52	0.56
	Clase B	1000.00			
NADF-020-AMBT-2011	N1-TA	200.00			
	N2-TB	500.00			
	N3-TC	1200.00- 1800.00			

Según las normas chilena y mexicana, los lixiviados provenientes del proceso de compostaje en las tres rumas habrían contenido valores de concentraciones de Zn muy por debajo de las exigencias de ambas normas, debiendo dar origen al producto final estabilizado con valores que lo clasifiquen como de clase A, según la norma NCh2880 y de nivel 1-tipo A, según la norma mexicana.

Metales pesados tóxicos en lixiviados

En los lixiviados de los procesos de compostaje en las rumas, se hallaron los siguientes metales pesados tóxicos Al, As, Cd, Cr, Hg, Ni y Pb.

Aluminio (Al) en lixiviados

Debido a que, en las normas usadas en esta investigación para realizar el análisis comparativo estandarizado, la norma chilena Nch2880 (2004) y la norma ambiental mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011, **no establecen el requisito** de concentración máxima para los metal pesado tóxico **Al**, no es posible hacer tal análisis con los valores de hallados en los lixiviados.

Arsénico (As) en lixiviados

Debido a que, los valores de las concentraciones de **As** total en los lixiviados del proceso de compostaje en las tres rumas, estuvieron por debajo del nivel de detección a través del método correspondiente a As de la técnica: espectrofotometría UV-Vis, por lo que no se pudo realizar el análisis comparativo estandarizado con la norma chilena Nch2880 (2004) y la norma ambiental mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011.

Cadmio (Cd) en lixiviados

En el **cuadro 132**, observado en la página siguiente, se presenta los resultados del análisis comparativo normativo **REFERENCIAL** de los resultados de los valores hallados de concentración de **Cd** en todas las rumas **AL FINAL DEL PROCESO** de la investigación (**cuadro 79**), con los valores establecidos en la norma chilena Nch2880 (2004) y la norma ambiental mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011. Los detalles referenciales, son los siguientes:

Cuadro 390.

Análisis comparativo referencial de la concentración de Cd en lixiviados del proceso de compostaje.

Análisis comparativo Valores de Cd (mg/L)	Clases/ Tipos	Valor Estándar	Ruma 1	Ruma 2	Ruma 3
Norma Nch2880	Clase A	2.00	0.15	0.03	0.24
	Clase B	8.00			
NADF-020-AMBT-2011	N1-TA	0.70			
	N2-TB	1.00			
	N3-TC	3.00			

Según la norma chilena los lixiviados provenientes del proceso de compostaje en las tres rumas habrían contenido valores de concentraciones de Cd muy por debajo de las exigencias de ambas clases de clasificación, debiendo dar origen al producto final estabilizado con valores que lo clasifiquen como de clase A. Según la norma mexicana, de manera similar, a juzgar por los valores de concentraciones de Cd hallados, habría dado origen a un compost clasificado en el nivel 1-tipo A.

Cromo (Cr) en lixiviados

En el **cuadro 133**, se presenta los resultados del análisis comparativo normativo **REFERENCIAL** de los resultados de los valores hallados de concentración de **Cr** en todas las rumas **AL FINAL DEL PROCESO** de la investigación (**cuadro 82**), con los valores establecidos en la norma chilena Nch2880 (2004) y la norma ambiental mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011. Los detalles referenciales, son los siguientes:

Cuadro 393.

Análisis comparativo referencial de la concentración de Cr en lixiviados del proceso de compostaje.

Análisis comparativo Valores de Cr (mg/L)	Clases/ Tipos	Valor Estándar	Ruma 1	Ruma 2	Ruma 3
Norma Nch2880	Clase A	120.00	0.10	0.12	0.26
	Clase B	600.00			
NADF-020-AMBT-2011	N1-TA	70.00			
	N2-TB	70.00			
	N3-TC	250.00			

Según la norma chilena los lixiviados provenientes del proceso de compostaje en las tres rumas habrían contenido valores de concentraciones de **Cr total** muy por debajo de las exigencias de ambas clases de clasificación, debiendo dar origen al producto final estabilizado con valores que lo clasifiquen como de clase A. Según la norma mexicana, de manera similar, a juzgar por los valores de concentraciones de **Cr total** hallados, habría dado origen a un compost clasificado en el **nivel 1-tipo A**.

Mercurio (Hg) en lixiviados

Debido a que, los valores de las concentraciones de **Hg** total en los lixiviados del proceso de compostaje en las tres rumas, estuvieron por debajo del nivel de detección a través del método correspondiente a Hg de la técnica: espectrofotometría UV-Vis, por lo que no se pudo realizar el análisis comparativo estandarizado con la norma chilena Nch2880 (2004) y la norma ambiental mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011.

Níquel (Ni) en lixiviados

En el **cuadro 134**, se presenta los resultados del análisis comparativo normativo **REFERENCIAL** de los resultados de los valores hallados de concentración de **Ni** en todas las rumas **AL FINAL DEL PROCESO** de la investigación (**cuadro 86**), con los valores establecidos en la norma chilena Nch2880 (2004) y la norma ambiental mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011. Los detalles referenciales, son los siguientes:

Cuadro 396.

Análisis comparativo referencial de la concentración de Ni en lixiviados del proceso de compostaje.

Análisis comparativo Valores de Ni (mg/L)	Clases/ Tipos	Valor Estándar	Ruma 1	Ruma 2	Ruma 3
Norma Nch2880	Clase A	20.00	3.29	0.08	0.08
	Clase B	80.00			
NADF-020-AMBT-2011	N1-TA	25.00			
	N2-TB	60.00			
	N3-TC	100.00			

Según la norma chilena los lixiviados provenientes del proceso de compostaje en las tres rumas habrían contenido valores de concentraciones de **Ni total** muy por debajo de las exigencias de ambas clases de clasificación, debiendo dar origen al producto final estabilizado con valores que lo clasifiquen como de clase A. Según la norma mexicana, de manera similar, a juzgar por los valores de concentraciones de **Ni total** hallados, habría dado origen a un compost clasificado en el **nivel 1-tipo A**.

Plomo (Pb) en lixiviados

En el **cuadro 135**, se presenta los resultados del análisis comparativo normativo **REFERENCIAL** de los resultados de los valores hallados de concentración de **Pb** en todas las rumas **AL FINAL DEL PROCESO** de la investigación (**cuadro 89**), con los valores establecidos en la norma chilena Nch2880 (2004) y la norma ambiental mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011. Los detalles referenciales, son los siguientes:

Cuadro 399.

Análisis comparativo referencial de la concentración de Pb en lixiviados del proceso de compostaje.

Análisis comparativo Valores de Pb (mg/L)	Clases/ Tipos	Valor Estándar	Ruma 1	Ruma 2	Ruma 3
Norma Nch2880	Clase A	100.00	1.15	0.85	1.62
	Clase B	300.00			
NADF-020-AMBT-2011	N1-TA	45.00			
	N2-TB	120.00			
	N3-TC	200.00			

Según la norma chilena los lixiviados provenientes del proceso de compostaje en las tres rumas habrían contenido valores de concentraciones de **Pb total** muy por debajo de las exigencias de ambas clases de clasificación, debiendo dar origen al producto final estabilizado con valores que lo clasifiquen como de **clase A**. Según la norma mexicana, de manera similar, a juzgar por los valores de concentraciones de **Pb total** hallados, habría dado origen a un compost clasificado en el **nivel 1-tipo A**.

Producto final – Compost estabilizado

Los resultados de la concentración de MPT en compost estabilizado, indican la presencia de los metales pesados siguientes: **As, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni y Pb**. En las tablas presentadas a continuación se presentan los análisis comparativos con la norma chilena Nch2880 (2004) y la norma ambiental mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011.

Arsénico (As)

En el cuadro 138, Los valores de las concentraciones de **As** total en todas las rumas, estuvieron por debajo del nivel de detección a través del método correspondiente a As, por lo que no se realizó el análisis comparativo de los resultados de los valores hallados de concentración en todas las rumas **de compost estabilizado (cuadro 92)**, con los valores establecidos en la norma chilena Nch2880 (2004) y la norma ambiental mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011.

Cadmio (Cd)

En el **cuadro 136**, se presenta los resultados del análisis comparativo de los resultados de los valores hallados de concentración de **Cd** en todas las rumas **de compost estabilizado** de la investigación (**cuadro 92**), con los valores establecidos en la norma chilena Nch2880 (2004) y la norma ambiental mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011. Los detalles, son los siguientes:

Cuadro 402.

Análisis comparativo de la concentración de Cd con normas.

Análisis comparativo Valores de Cd (mg/kg)	Clases/ Tipos	Valor Estándar	Ruma 1	Ruma 2	Ruma 3
Norma Nch2880	Clase A	2.00	0.49	2.19	1.20
	Clase B	8.00			
NADF-020-AMBT-2011	N1-TA	0.70			
	N2-TB	1.00			
	N3-TC	3.00			

Según la norma chilena el compost de las rumas 1 y 3 se categorizan como de clase A, en cambio el compost de la ruma 2 se clasifica como clase B. Con respecto a la norma mexicana, el compost de la ruma 1 es de nivel 1 – tipo A, en cambio el compost de las ruma 2 y 3, clasifican como compost de nivel 3 – tipo C.

Cobre (Cu)

En el **cuadro 137**, se presenta los resultados del análisis comparativo de los resultados de los valores hallados de concentración de **Cu** en todas las rumas **de compost estabilizado** de la investigación (**cuadro 92**) con los valores establecidos en las normas chilena Nch2880 (2004) y norma ambiental mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011. Los detalles, son los siguientes:

Cuadro 405.

Análisis comparativo de la concentración de Cu con normas.

Análisis comparativo Valores de Cu (mg/kg)	Clases/ Tipos	Valor Estándar	Ruma 1	Ruma 2	Ruma 3
Norma Nch2880	Clase A	100	17.29	14.94	24.77
	Clase B	1000			
NADF-020-AMBT-2011	N1-TA	70			
	N2-TB	150			
	N3-TC	400-500			

A juzgar por los resultados de los valores de la concentración de **Cu** entre 17.29 y 24.77 mg/Kg., en compost estabilizado en todas las rumas, incluyendo en la testigo desarrollada artesanalmente, el compost de todas las rumas, desde la perspectiva de la presencia de Cu, es de la mejor calidad para ambas normas: de clase A y de nivel 1 – tipo A respectivamente.

Cromo (Cr)

En el **cuadro 138**, se presenta los resultados del análisis comparativo de los resultados de los valores hallados de concentración de **Cr** en todas las rumas **de compost estabilizado** de la investigación (**cuadro 92**), con los valores establecidos en la norma chilena Nch2880 (2004) y la norma ambiental mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011. Los detalles, son los siguientes:

Cuadro 408.

Análisis comparativo de la concentración de Cr con normas.

Análisis comparativo Valores de Cr (mg/kg)	Clases/ Tipos	Valor Estándar	Ruma 1	Ruma 2	Ruma 3
Norma Nch2880	Clase A	120	2.38	4.70	6.53
	Clase B	600			
NADF-020-AMBT-2011	N1-TA	70			
	N2-TB	70			
	N3-TC	250			

A juzgar por los resultados de los valores de la concentración mínimos de **Cr** entre 2.38 y 6.53 mg/Kg., en compost estabilizado en todas las rumas, incluyendo en la testigo desarrollada artesanalmente, con respecto a los valores consignados en la norma, el compost de todas las rumas, desde la perspectiva de la presencia de Cr, es de la mejor calidad para ambas normas: de clase A y de nivel 1 – tipo A respectivamente.

Mercurio (Hg)

El análisis comparativo de los resultados de los valores hallados de concentración de **Hg** en todas las rumas **de compost estabilizado** de la investigación (**cuadro 92**), con los valores establecidos en la norma chilena Nch2880 (2004) y la norma ambiental mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011, no es posible, porque los valores de las concentraciones de **Hg** total en todas las rumas, estuvieron por debajo del nivel de detección a través del método correspondiente a Hg.

Níquel (Ni)

En el **cuadro 139**, se presenta los resultados del análisis comparativo de los resultados de los valores hallados de concentración de **Ni** en todas las rumas **de compost estabilizado** de la investigación (**cuadro 92**), con los valores establecidos en la norma chilena Nch2880 (2004) y la norma ambiental mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011. Los detalles, son los siguientes:

Cuadro 411.

Análisis comparativo de la concentración de Ni con normas.

Análisis comparativo Valores de Ni (mg/kg)	Clases/ Tipos	Valor Estándar	Ruma 1	Ruma 2	Ruma 3
Norma Nch2880	Clase A	20.00	7.36	10.30	22.43
	Clase B	80.00			
NADF-020-AMBT-2011	N1-TA	25.00			
	N2-TB	60.00			
	N3-TC	10.00			

Según la norma chilena y en función al contenido de **Ni**, el compost de las rumas 1 y 2 se categorizan como de clase A, y de la ruma 3 de clase B. De conformidad con la norma mexicana, el compost producido en las tres rumas se categoriza de nivel 1 – tipo A.

Plomo (Pb)

En el **cuadro 140**, se presenta los resultados del análisis comparativo de los resultados de los valores hallados de concentración de **Pb** en todas las rumas **de compost estabilizado** de la investigación (**cuadro 92**), con los valores establecidos en la norma chilena Nch2880 (2004) y en la norma ambiental mexicana para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011. Los detalles, son los siguientes:

Cuadro 414.

Análisis comparativo de la concentración de Pb con normas.

Análisis comparativo Valores de Pb (mg/kg)	Clases/ Tipos	Valor Estándar	Ruma 1	Ruma 2	Ruma 3
Norma Nch2880	Clase A	100.00	5.47	5.42	3.84
	Clase B	300.00			
NADF-020-AMBT-2011	N1-TA	45.00			
	N2-TB	120.00			
	N3-TC	200.00			

En relación a las concentraciones de Pb presentes en las tres rumas de compost estabilizado, es de la mejor calidad para ambas normas: de clase A y de nivel 1 – tipo A respectivamente.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

OBJETIVO 1

Determinar la concentración de metales en la materia prima del proceso de compost (resultados de la especiación de metales pesados en sedimentos de compost estabilizado).

Características de la materia prima

- La ruma 1, tuvo una relación de C/N = 35, los tipos de residuo orgánico biogénico fueron 26, caracterizados en 8 días y que representaron el 96% del total de los residuos orgánicos compostables, con un volumen de 3.3 m³. El peso inicial húmedo fue de 825.20 Kg, y el peso final de compost seco de 421.13 Kg.
- La ruma 2, tuvo una relación de C/N = 30, los tipos de residuo orgánico biogénico fueron 26, caracterizados durante 8 días y que representaron el 96% del total de los residuos orgánicos compostables, con un volumen de 2.74 m³. El peso inicial húmedo fue de 684.79 Kg, y el peso final de compost seco de 304.57 Kg.
- La ruma 3 (testigo), tuvo una relación de C/N = 42, los tipos de residuo orgánico biogénico fueron 26, que representaron el 96% del total de los residuos orgánicos compostables, con volumen de 4.7 m³ y peso no determinado.

Según la norma chilena NCh2880 (2004), las materias primas para compostaje deben presentar un nivel de elementos traza no mayor a los valores establecidos en concentraciones (mg/Kg) máximas de los MPT siguientes: Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb y Zn. (p. 7)

La norma mexicana NADF-020-AMBT (2011) no establece límites numéricos máximos permitidos de contaminantes e impurezas o elementos traza de concentraciones máximas en MPT para la materia prima de la composta.

En los resultados del rastreo de la materia prima a través del método de la especiación de metales pesados en sedimento de compost estabilizado, permitió

conocer que no hubo ningún macronutriente, los micronutrientes Cu, Mn, Zn y Fe, y los metales pesados tóxicos Al y Pb.

En el análisis comparativo entre lo establecido entre la norma NCh2880 y los resultados del método de la especiación de metales pesados para la **materia prima**, se tiene el siguiente cuadro comparativo-**cuadro 141**.

Cuadro 417.

Análisis comparativo entre la concentración máxima de MPT en materia prima del compost-NCh2880 y los hallados en la especiación de metales.

Análisis comparativo Valores en mg/Kg	Valor Estándar NCh2880	Ruma 1	Ruma 2	Ruma 3
Cu	1500.00	175.00	295.00	555.00
Pb	800.00	2235.00	1210.00	1350.00
Zn	3000.00	1120.00	1180.00	740.00

- En relación al **Cu**, la materia prima de todas las rumas estuvo dentro del intervalo de valores permitido. Fue un presagio de un compost de buena calidad.
- En relación al **Pb**, la materia prima de todas las rumas tuvo la tendencia de estar **fuera del intervalo de valores permitido**. Fue un presagio de un compost de mala calidad.
- En relación al **Zn**, la materia prima de todas las rumas estuvo dentro del intervalo de valores permitido. Fue un presagio de compost de buena calidad.

OBJETIVO 2

Determinar las concentraciones de los metales en el proceso de compostaje, tanto en compost como en sus lixiviados.

Compost

En esta sección, se presentan los análisis comparativos de los resultados de la presencia de macronutrientes, micronutrientes y metales pesados tóxicos (MPT), en el **producto compost** del proceso de compostaje.

En compost se identificaron concentraciones de los macronutrientes

, de los micronutrientes Mn, Cu, Zn, Fe y de los metales pesados tóxicos Al, As, Cd, Cr, Hg, Ni y Pb.

Macronutrientes

Los macronutrientes plenamente identificados y caracterizados fueron N, Ca, P, Mg y K. El **cuadro 142**, resumen los resultados de los análisis comparativos entre las concentraciones de los macronutrientes N, P y K, con los valores establecidos en las normas chilena y mexicana; porque, son las únicas que tiene concentraciones estándar establecidas y consignadas en las normas referentes usadas en la investigación.

Cuadro 420.

Resumen de los análisis comparativos entre valores de la concentración de macronutrientes con valores de las normas referentes.

Análisis comparativo Valores en %	Valor Estándar NCh2880	Valor Estándar NADF-020-AMBT	Ruma 1	Ruma 2	Ruma 3
N (P,K)	≥ 0.5 (sólo N)	1-3, $\Sigma < 7$	2.60	2.10	3.20
P (N,K)	-	1-3, $\Sigma < 7$	0.30	0.80	0.50
K (N, P)	-	1-3, $\Sigma < 7$	7.00	7.20	0.70

- La **figura 28**, de cajas y bigotes, muestra el comportamiento de la distribución de los valores de la **concentración de N** (mg/kg) y los estadísticos de tendencia central y dispersión en las rumas. Las rumas 1 y 2 presentaron valores de concentración relativamente homogéneos, siendo evidente la menor dispersión de datos en la ruma 2. En la ruma 3, se observa un valor alto (outlier), que es mayor a 1.5 veces el valor del rango intercuartil más allá de los cuartiles.

En el análisis de varianza ANOVA, a un nivel de confianza de 95%, el p-valor fue mayor a 0.05 ($0.90 > 0.05$); por tanto, no se rechazó la H_0 ($\mu_1 = \mu_2$); es decir, se ha probado que, es altamente probable que no hayan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **N** en el manejo de las 3 rumas (las concentraciones de N son iguales).

- La **figura 32**, de cajas y bigotes, muestra el comportamiento de la distribución de las concentraciones de **P** (mg/kg) y los estadísticos de tendencia central y dispersión. Las rumas 2 y 3 presentaron concentraciones relativamente homogéneas, notándose una menor dispersión en la ruma testigo. También notándose que, en la ruma 1 hubo la mayor dispersión de datos.

En el análisis de varianza ANOVA, a un nivel de confianza de 95%, el p-valor obtenido es mayor a 0.05 ($0.64 > 0.05$); por tanto, no se rechaza la H_0 ($\mu_1 = \mu_2$); es decir, es altamente probable que no hayan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **P** en las 3 rumas (las concentraciones medias de **P** son iguales).

- Según se visualiza en el **cuadro 142**, las concentraciones de N, en las tres rumas cumplen con los valores exigidos tanto en las dos normas, porque todos los valores son superiores a 0.5 mg/Kg satisfaciendo lo establecido en la norma chilena; y también, tales valores individualmente o sumadas están comprendidos en los intervalos exigidos por la norma mexicana, excepto cuando es sumada a concentraciones de K de las rumas 1 y 2, porque el valor de K en la ruma 3 (testigo) si es compatible.

La suma de las concentraciones de N o P más K de las rumas 1 y 2, según la norma mexicana, no cumple con su estándar establecido, porque solo la concentración de K supera el valor de 7 mg/Kg.

Así, considerando la norma mexicana, las concentraciones de NPK en las rumas 1 y 2 no cumplen con su estándar. Caso contrario, si cumple la combinación en la ruma testigo. Finalmente, también cumplen, las combinaciones NPK de las rumas 1, 2 y 3, sin K de las rumas 1 y 2.

Micronutrientes

Los micronutrientes plenamente identificados y caracterizados fueron Mn, Cu, Zn y Fe. El **cuadro 143**, resumen los resultados de los análisis comparativos entre las concentraciones solo de los micronutrientes Cu y Zn, con los valores establecidos en las normas chilena y mexicana; porque, son las únicas que tiene

concentraciones estándar establecidas y consignadas en las normas referentes usadas en la investigación.

Cuadro 423.

Resumen de los análisis comparativos entre valores de la concentración de micronutrientes Cu y Zn con valores de las normas referentes.

Análisis comparativo Valores en mg/Kg	Valor Estándar NADF-020-AMBT	Valor Estándar NCh2880	Ruma 1	Ruma 2	Ruma 3
Cu	N1-TA=70	Clase A=100	0.00	98.91	0.00
	N2-TB=150				
	N3-TC=400-500	Clase B=1000			
Zn	N1-TA=200	Clase A=200	238.80	338.65	295.47
	N2-TB=500				
	N3-TC=1200-1800	Clase B=2000			

- El gráfico de la **figura 38**, de cajas y bigotes, muestra el comportamiento de la distribución de los escasos registros de las concentraciones de **Cu** (mg/kg) y los estadísticos de tendencia central y dispersión en todas las rumas. Se observó que, la dispersión de datos de concentración de **Cu** en la ruma 2, tiene el referente el valor cero para la mediana, indicando que el 50 % de los datos es 0.00 mg/Kg, y que los datos restantes son diferentes de cero pero con una amplia dispersión.

En el análisis de varianza ANOVA, a un nivel de confianza de 95%, el p-valor fue menor a 0.05 ($0.02 < 0.05$), y en la prueba de hipótesis, entre los grupos de rumas, el F calculado fue mayor que el F crítico ($5.91 > 4.28$). Por tanto, se rechazó la H_0 ($\mu_1 = \mu_2$); es decir, se ha probado que, es altamente probable que si hayan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **Cu** en el manejo de las 3 rumas (las concentraciones de Cu no son iguales).

- El gráfico de la **figura 42**, de cajas y bigotes, muestra el comportamiento de la distribución de las concentraciones de **Zn** (mg/kg) y los estadísticos de tendencia central y dispersión en todas las rumas. Se observó en la ruma 1 la mayor dispersión de datos, y la mayor distribución dentro del 50% superior a la

mediana (Q3). La ruma 2 mostró una mayor concentración de datos, denotando un comportamiento más uniforme con menores valores extremos. La ruma 3 (testigo) presentó un valor atípico extremo outlier.

En el análisis de varianza ANOVA, a un nivel de confianza de 95%, el p-valor fue mayor a 0.05 ($0.55 > 0.05$); por tanto, no se rechazó la H_0 ($\mu_1 = \mu_2$); es decir, es altamente probable que no hayan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **Zn** en el manejo de las 3 rumas (las concentraciones medias de Zn en compost son iguales).

- Observando el **cuadro 143**, desde la perspectiva de las concentraciones de Cu, el valor de 98.91 mg/Kg en la ruma 2, según la norma mexicana, el compost de esta ruma es de N2-TB, y según la norma chilena, es de clase A.

Desde la perspectiva de las concentraciones de **Zn** hallados en las rumas, según la norma mexicana, el compost de las rumas 1, 2 y 3 (testigo), son susceptibles de ser comprendidas en el nivel 2-tipo B. Según la norma chilena, el compost de las rumas 1, 2 y 3 (testigo), por su concentración solo alcanzan a ser comprendidos en la clase B, porque en todas supera los 200 mg/Kg. La concentración final de Zn en la ruma 1, ubica al producto final más próximo a la clasificación N1-tipo A según los estándares mexicanos, y de clase A, de conformidad con la norma chilena. En cambio, las concentraciones de Zn en las rumas 2 y 3, ubican al compost de estas rumas más próximo al de N2-TB según la norma mexicana.

Metales Pesados Tóxicos

Los metales pesados totales tóxicos (MPT) plenamente identificados y caracterizados fueron Al, As, Cd, Cr, Hg, Ni y Pb. El **cuadro 144**, resume los resultados de los análisis comparativos entre las concentraciones de los MPT siguientes As, Cd, Cr, Hg, Ni y Pb, con los valores de concentraciones máximas establecidas en las normas referentes de análisis chilena y mexicana.

Cuadro 426.

Análisis comparativo, **en compost**, entre valores de la concentración de MPT con valores estándar establecidas en las normas referentes chilena y mexicana.

Análisis comparativo Valores en mg/Kg	Valor Estándar NADF-020-AMBT	Valor Estándar NCh2880	Ruma 1	Ruma 2	Ruma 3
As	N1-TA = 0.1	Clase A= 15.0	0.10	0.10	0.10
	N2-TB = 0.7				
	N3-TC = 2.0	Clase B= 20.0			
Cd	N1-TA = 0.7	Clase A= 2.0	0.01	25.10	0.01
	N2-TB = 1.0				
	N3-TC = 3.0	Clase B= 8.0			
Cr	N1-TA = 70.0	Clase A= 120.0	< 0.4	< 0.4	< 0.4
	N2-TB = 70.0				
	N3-TC = 250.0	Clase B= 600.0			
Hg	N1-TA = 0.4	Clase A= 1.0	0.1	0.1	0.1
	N2-TB = 0.7	Clase B= 4.0			
	N3-TC = 3.0				
Ni	N1-TA = 25.0	Clase A= 20.0	15.74	17.36	24.25
	N2-TB = 60.0	Clase B= 80.0			
	N3-TC = 100.0				
Pb	N1-TA = 45.0	Clase A = 100.0	534.33	692.23	610.28
	N2-TB = 120.0	Clase B= 300.0			
	N3-TC = 200.0				

- Según se observa en el **cuadro 57**, las concentraciones de **As** total en las tres rumas, estuvieron por debajo del nivel de detección a través del método estandarizado. Significa con valores próximos a 0.00 mg/Kg, por lo que no fue posible determinar los estadígrafos correspondientes y la consecuente evaluación.

- El gráfico de la **figura 46**, de cajas y bigotes, muestra el comportamiento de la distribución de las concentraciones de **Cd** (mg/L) y los estadísticos de tendencia central y dispersión en las tres rumas. Se observó en la ruma 1 una gran dispersión por encima de la mediana y un valor atípico extremo (54.90 mg/kg). En la ruma 2, se mostró la mayor dispersión de concentraciones de Cd en el proceso. En la ruma 3, estuvo la menor dispersión. Además, se debe puntualizar que, sólo en la ruma 2 se registró un valor significativo al final del proceso. En las rumas 1 y 3, los registros fueron mínimas, que lindó con lo imperceptible 0.01 mg/kg y con una mediana menor a 5,0 mg/Kg.

En el análisis de varianza ANOVA, a un nivel de confianza de 95%, el p-valor fue mayor a 0.05 ($0.86 > 0.05$); por tanto, no se rechazó la H_0 ($\mu_1 = \mu_2$); es decir, es altamente probable que no hayan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **Cd** en el manejo de las 3 rumas (las concentraciones medias de Cd en compost son iguales).

- Según se observa en el **cuadro 61**, las concentraciones de **Cr** total en las tres rumas, estuvieron por debajo del nivel de detección a través del método estandarizado. Significa con valores próximos a 0.00 mg/Kg, por lo que no fue posible determinar los estadígrafos correspondientes y la consecuente evaluación.
- Según se observa en el **cuadro 62**, las concentraciones de **Hg** total en las tres rumas, estuvieron por debajo del nivel de detección a través del método estandarizado. Significa con valores próximos a 0.00 mg/Kg, por lo que no fue posible determinar los estadígrafos correspondientes y la consecuente evaluación.
- El gráfico de la **figura 48**, de cajas y bigotes, muestra el comportamiento de la distribución de la concentración de **Ni** (mg/kg) y los estadísticos de tendencia central y dispersión en todas las rumas. En un contexto de escasa dispersión de datos, en la ruma 1 estuvo la mayor y por encima de la mediana, y con valores atípicos extremos. En las rumas 2 y 3 la dispersión fue mucho menor porque registraron concentraciones con menores valores.

En el análisis de varianza ANOVA, a un nivel de confianza de 95%, el p-valor fue mayor a 0.05 ($0.07 > 0.05$); por tanto, no se rechazó la H_0 ($\mu_1 = \mu_2$); es decir, es altamente probable que no hayan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **Ni** en el manejo de las 3 rumas. Debido a que, la probabilidad es tan cercana, podría indicarse que, el proceso de compostaje en las rumas controladas si presentaron diferencias significativas.

- El gráfico de la **figura 50**, de cajas y bigotes, muestra el comportamiento de la distribución de las concentraciones de **Pb** (mg/kg) y los estadísticos de tendencia central y dispersión en todas las rumas. En la ruma 2 la dispersión de valores de la concentración de **Pb** fue menor, distribuyéndose la mayoría por encima de su mediana; estando, la mayoría de los registros por debajo de los valores de las rumas 1 y 3. La mayor dispersión estuvo en la ruma 3.

En el análisis de varianza ANOVA, a un nivel de confianza de 95%, el p-valor fue mayor a 0.05 ($0.07 > 0.05$); por tanto, no se rechazó la H_0 ($\mu_1 = \mu_2$). Es decir, es altamente probable que no hayan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **Pb** en el manejo de las 3 rumas (las concentraciones medias de Pb en compost son iguales).

- Observando el **cuadro 144**, desde la perspectiva de las concentraciones de **As**, los valores finales escasamente registrados en las tres rumas (0,10 mg/Kg), según la norma NADF-020-AMBT el compost de las tres rumas fue calificada como N1-T1, y según la norma Nch 2880 de clase A.

Desde la perspectiva de las concentraciones de **Cd**, los valores finales escasamente registrados en las rumas 1 y 3 (0,10 mg/Kg), según la norma NADF-020-AMBT el compost fue calificada como de N1-T1, y según la norma Nch 2880 de clase A. En contraste, el compost de la ruma 2, no alcanza a tener clasificación en ninguna de las dos normas, porque su valor supera el límite máximo establecido.

Desde la perspectiva de las concentraciones de **Cr**, los valores finales escasamente (valores traza) registrados en las tres rumas (< 0.4 mg/Kg), según

la norma NADF-020-AMBT el compost de las tres rumas sería calificada como N1-T1, y según la norma Nch2880 de clase A.

Desde la perspectiva de las concentraciones de **Hg**, los valores finales escasamente registrados en las tres rumas (0,10 mg/Kg), según la norma NADF-020-AMBT el compost de las tres rumas sería calificada como N1-T1, y según la norma Nch 2880 de clase A.

Desde la perspectiva de las concentraciones de **Hg**, los valores finales escasamente registrados en las tres rumas (0,10 mg/Kg), según la norma NADF-020-AMBT el compost de las tres rumas sería calificada como N1-T1, y según la norma Nch 2880 de clase A.

Considerando las concentraciones de **Ni**, escasamente registrados al final del proceso en las tres rumas, según la norma NADF-020-AMBT, el compost de las tres rumas sería calificada como N1-T1. El compost de las rumas 1 y 2, y según la norma Nch 2880 se clasifica como de clase A; sin embargo, el compost de la ruma testigo se clasifica como de clase B.

Considerando las concentraciones de **Pb**, registrados al final del proceso en las tres rumas, según las normas NADF-020-AMBT y Nch 2880, el compost de las tres rumas no alcanza a tener clasificación, porque sus valores superan el límite máximo establecido (están fuera de rango).

Lixiviados

En esta sección, se presentan los análisis comparativos de los resultados de la presencia de macronutrientes, micronutrientes y metales pesados tóxicos (MPT), en los **lixiviados** de compost del proceso de compostaje.

Macronutrientes en lixiviados

Estando previsto el muestreo, análisis y detección de los macronutrientes N, Ca, P, Mg, K, S, Cl y Na, en las tres rumas del proceso, esto no fue posible, debido a que, solo fueron detectados a nivel traza, no detectables por los métodos aplicados.

Micronutrientes en lixiviados

En lixiviados, del conjunto de elementos previsto a ser hallados fueron Zn, Cu, Mn, Co, F, Fe y Se; pero, solo se detectaron Cu y Fe. Por lo que, solo fueron estos, los micronutrientes plenamente identificados y caracterizados. El **cuadro 145**, resumen los resultados del análisis comparativo **REFERENCIAL** entre las concentraciones solo de **Cu**, con los valores **para compost** establecidos en las normas NADF-020-AMBT y NCh2880; porque, es el único elemento, que tiene concentraciones estándar establecidas y consignadas en las referidas normas.

Cuadro 429.

Resultado del **análisis comparativo referencial** entre valores de la concentración del micronutriente **Cu en lixiviados** con valores de las normas referentes.

Análisis comparativo Valores en mg/Kg	Valor Estándar NADF-020-AMBT	Valor Estándar NCh2880	Ruma 1	Ruma 2	Ruma 3
Cu	N1-TA=70	Clase A=100	2.48	0.05	0.02
	N2-TB=150				
	N3-TC=400-500	Clase B=1000			

- El gráfico de la **figura 52**, de cajas y bigotes, muestra el comportamiento de la distribución de las concentraciones de **Cu** (mg/kg) en los lixiviados y los estadísticos de tendencia central y dispersión en todas las rumas. La mayor dispersión ocurrió en la ruma 2. En la ruma 1, se observaron pocos valores por debajo de 3,0 mg/L, pero superiores en la distribución a los valores consignados en la ruma 3. La ruma 3, presentó valores atípicos extremos (outlier) que se sitúan fuera del grafico de caja, probablemente a razones metodológicas.

En el análisis de varianza ANOVA, a un nivel de confianza de 95%, el p-valor obtenido fue mayor a 0.05 ($0.26 > 0.05$); por lo que, no se rechazó la H_0 ($\mu_1 = \mu_2$); es decir, es altamente probable que no hayan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **Cu** en el manejo de las 3 rumas (las concentraciones medias de Cu en lixiviados son iguales).

- Según se muestra en el **cuadro 145**, los valores de las concentraciones de **Cu** en los lixiviados del proceso de compostaje, están muy por debajo de los valores máximos exigidos por las dos normas referentes.

Cuadro 432.

Análisis comparativo referencial entre valores de la concentración del micronutriente **Cu tanto en compost como en lixiviados**, con valores de las normas referentes.

Análisis comparativo Valores en mg/Kg	Valor Estándar NADF-020-AMBT	Valor Estándar NCh2880	Ruma 1	Ruma 2	Ruma 3
Cu (en compost)	N1-TA=70	Clase A=100	0.00	98.91	0.00
	N2-TB=150				
	N3-TC=400-500	Clase B=1000			
Cu (en lixiviados)	N1-TA=200	Clase A=200	2.48	0.05	0.02
	N2-TB=500				
	N3-TC=1200-1800	Clase B=2000			

- Según el **cuadro 146**, que presenta valores para el análisis comparativo referencial entre la concentración del micronutriente Cu tanto en compost como en lixiviados, con valores de las normas referentes, la presencia de Cu en las rumas 1 y 3 (testigo) mantienen su tendencia baja; pero, no así en la ruma 2 que, en los lixiviados baja drásticamente no confirmando el valor hallado en compost, deduciéndose que, éste micronutriente no fue lixiviado.

Metales pesados tóxicos en lixiviados

Los metales pesados totales tóxicos (MPT) plenamente identificados y caracterizados en **lixiviados** del proceso de compostaje, fueron Al, As, Cd, Cr, Hg, Ni y Pb. El **cuadro 147**, resume los resultados de los análisis comparativos **REFERENCIALES** entre las concentraciones de los MPT caracterizados con los valores de concentraciones máximas establecidas en las normas referentes de análisis mexicana y chilena; porque, son las que tienen concentraciones estándar establecidas y consignadas en las referidas normas.

- En el **cuadro 78**, las concentraciones de **As** total en las tres rumas, estuvieron por debajo del nivel de detección del método estandarizado. Significa con valores próximos a 0.00 mg/Kg, por lo que no fue posible determinar los estadígrafos correspondientes y la consecuente evaluación.

Cuadro 435.

Resumen de los **análisis comparativos referencial** entre valores de la concentración de MPT en **lixiviados** con valores estándar establecidas en las normas referentes chilena y mexicana.

Análisis comparativo Valores en mg/L	Valor Estándar NADF-020-AMBT	Valor Estándar NCh2880	Ruma 1	Ruma 2	Ruma 3
As	N1-TA = 0.1	Clase A = 15.0	>0.01	>0.10	>0.10
	N2-TB = 0.7				
	N3-TC = 2.0	Clase B = 20.0			
Cd	N1-TA = 0.7	Clase A = 2.0	0.15	0.03	0.24
	N2-TB = 1.0				
	N3-TC = 3.0	Clase B = 8.0			
Cr	N1-TA = 70.0	Clase A=120.0	0.10	0.12	0.26
	N2-TB = 70.0				
	N3-TC = 250.0	Clase B=600.0			
Hg	N1-TA = 0.4	Clase A = 1.0	0.025	0.025	0.025
	N2-TB = 0.7	Clase B = 4.0			
	N3-TC = 3.0				
Ni	N1-TA = 25.0	Clase A = 20.0	3.29	0.08	0.08
	N2-TB = 60.0	Clase B = 80.0			
	N3-TC = 100.0				
Pb	N1-TA = 45.0	Clase A=100.0	1.15	0.85	1.62
	N2-TB = 120.0	Clase B=300.0			
	N3-TC = 200.0				

- El gráfico de la **figura 58**, de cajas y bigotes, se aprecia el comportamiento de la distribución de las concentraciones de **Cd** (mg/L) en los lixiviados y los estadísticos de tendencia central y dispersión en todas las rumas. La mayor dispersión estuvo en la ruma 1. En la ruma 2, los datos tuvieron un comportamiento más homogéneo con valores en su mayoría menores que en las otras dos rumas, su rango de datos no supera los 0.15 mg/L. La dispersión en la ruma testigo estuvo muy cercana a la de la ruma 1.

En el análisis de varianza ANOVA, realizado a un nivel de confianza de 95%, el p-valor obtenido es mayor a 0.05 ($0.09 > 0.05$); por lo tanto, no se rechaza la H_0 ($u_1 = u_2$). Es decir, es muy probable que no existan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **Cd** en los tratamientos realizados.

- El gráfico de la **figura 60**, de cajas y bigotes, muestra el comportamiento de la distribución de las concentraciones de **Cr** (mg/L) en los lixiviados y los estadísticos de tendencia central y dispersión en todas las rumas. La ruma 1 presentó la mayor dispersión, seguido de la ruma 2. La ruma 3, presentó la menor dispersión, experimentando un comportamiento relativamente homogéneo.

En el análisis ANOVA realizado a un nivel de confianza de 95%, el **p-valor** fue mayor a 0.05 ($0.87 > 0.05$); por lo tanto, no se rechazó la H_0 ($u_1 = u_2$). Es decir, es muy probable que no existan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **Cr**.

- Según el **cuadro 85**, los valores de las concentraciones de **Hg** total en los lixiviados del proceso de compostaje de las tres rumas, estuvieron por debajo del nivel de detección del método estándar empleado. Significa que fueron valores muy próximos a 0.00 mg/L, por lo que no se puede determinar los estadígrafos correspondientes y posterior evaluación.
- El gráfico de la **figura 62**, de cajas y bigotes, muestra el comportamiento de las concentraciones de **Ni** (mg/L) en los lixiviados. La ruma 1 presentó la mayor dispersión. La ruma 2 aparentemente presenta menor dispersión, pero también muestra un valor atípico extremo fuera de la caja. La ruma 3, presentó escasos valores.

En el análisis ANOVA, a un nivel de confianza de 95%, el p-valor obtenido es mayor a 0.05 ($0.55 > 0.05$); por lo tanto, no se rechazó la H_0 ($u_1 = u_2$). Es decir, es muy probable que no existan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **Ni**.

- El gráfico de la **figura 64**, de cajas y bigotes, muestra el comportamiento de las concentraciones de **Pb** (mg/L) en los lixiviados. La ruma 1 presentó la menor dispersión y por debajo de 1.5 mg/L. La ruma 2 mostró la más alta dispersión de las concentraciones de Pb, en su mayoría altos. La dispersión de datos en la ruma 3 fue similar a lo que sucedió en la ruma 2.
- En el análisis ANOVA, a un nivel de confianza de 95%, el p-valor fue mayor a 0.05 ($0.35 > 0.05$); por lo tanto, no se rechazó la H_0 ($\mu_1 = \mu_2$). Es decir, es muy probable que no existan diferencias significativas en las medias de las concentraciones de **Pb**.
- Observando el **cuadro 147**, desde la perspectiva de un análisis REFERENCIAL, las concentraciones de **As, Cd, Cr, Hg, Ni y Pb** a juzgar por sus valores finales escasamente registrados en las tres rumas, según la norma NADF-020-AMBT el compost de las tres rumas amerita a que hayan sido calificadas como N1-T1, y según la norma Nch2880 de clase A.
- A la luz de lo que se revela en el **cuadro 148**, las concentraciones de As en los lixiviados mantienen su tendencia que linda con valores traza de lo hallado en el compost, estando comprendidas normativamente en el N1-TA según NADF-020-AMBT y de clase A según la NCh2880.

En concentraciones de **Cd**, entre valores de lixiviados y compost mantiene la tendencia de valores traza en las rumas 1 y 3; más no en la ruma 2, que de un valor atípico de 25.10 mg/Kg en compost que lo sitúa fuera de todo rango normativo, drásticamente desciende a un valor traza en los lixiviados.

Las concentraciones de Cr y Hg en los lixiviados mantienen su tendencia que linda con valores traza de lo hallado en el compost, estando comprendidas normativamente en el N1-TA según NADF-020-AMBT y de clase A según la NCh2880.

Las concentraciones de **Ni** en los lixiviados tienen un descenso con valores mucho menores que en compost, en las tres rumas, debiendo interpretarse éstos valores como parciales y que orientan una tendencia del contenido de

concentraciones de este metal en el producto final. Además, todas estas concentraciones tanto de compost como de sus lixiviados, estando comprendidas normativamente en el N1-TA según NADF-020-AMBT y de clase A según la NCh2880.

Las concentraciones de **Pb**, marcan una gran diferencia entre sus valores en compost muy altas fuera de todo rango normativo, con los valores de lixiviados que drásticamente descienden a valores bajos en los lixiviados, en las tres rumas. Su interpretación, se torna difusa, debido a la gran diferencia, y por obvias razones no amerita hacer ningún análisis comparativo con las normas.

Cuadro 438.

Análisis comparativo referencial entre valores de las concentraciones de los MPT en compost y lixiviados, con valores de las normas referentes.

Análisis comparativo Valores en mg/L	Valor Estándar NADF-020-AMBT	Valor Estándar NCh2880	Ruma 1	Ruma 2	Ruma 3
As	N1-TA = 0.1	Clase A = 15.0	Compost 0.10 Lixiviados >0.01	Compost 0.10 Lixiviados >0.01	Compost 0.10 Lixiviados >0.01
	N2-TB = 0.7				
	N3-TC = 2.0	Clase B = 20.0			
Cd	N1-TA = 0.7	Clase A = 2.0	Compost 0.01 Lixiviados 0.15	Compost 25.10 Lixiviados 0.03	Compost 0.01 Lixiviados 0.24
	N2-TB = 1.0				
	N3-TC = 3.0	Clase B = 8.0			
Cr	N1-TA = 70.0	Clase A= 120.0	Compost < 0.4 Lixiviados 0.10	Compost <0.4 Lixiviados 0.12	Compost <0.4 Lixiviados 0.26
	N2-TB = 70.0				
	N3-TC = 250.0	Clase B= 600.0			
Hg	N1-TA = 0.4	Clase A= 1.0	Compost 0.1 Lixiviados 0.025	Compost 0.1 Lixiviados 0.025	Compost 0.1 Lixiviados 0.025
	N2-TB = 0.7	Clase B= 4.0			
	N3-TC = 3.0				
Ni	N1-TA = 25.0	Clase A= 20.0	Compost 15.74 Lixiviados 3.29	Compost 17.36 Lixiviados 0.08	Compost 24.25 Lixiviados 0.08
	N2-TB = 60.0	Clase B= 80.0			
	N3-TC = 100.0				
Pb	N1-TA = 45.0	Clase A = 100.0	Compost 534.33 Lixiviados 1.15	Compost 692.23 Lixiviados 0.85	Compost 610.28 Lixiviados 1.62
	N2-TB = 120.0	Clase B= 300.0			
	N3-TC = 200.0				

- A continuación, se muestra el cuadro 149, con los resultados del análisis comparativo de las concentraciones de MPT consignados por los autores referenciados en la sección de antecedentes de la presente investigación mencionados con los valores hallados en cada una de las rumas del proceso de compostaje, debidamente referenciados con los valores estándar de las normas NCh2880 y NADF-020-AMBT.

Cuadro 441.

Análisis comparativo referencial entre las concentraciones de los **MPT en compost**, registrado por autores consignado en los antecedentes con valores de las tres rumas.

Análisis comparativo Valores en mg/Kg	Valor Estándar NADF-020-AMBT	Valor Estándar NCh2880	Según Paccini (2019)	Según Vargas (2017)	Según Juan de Dios (2019)	Ruma 1	Ruma 2	Ruma 3
Al	No registran valores de concentración					3184.08	1693.23	3254.40
As	N1-TA = 0.1	Clase A= 15.0		79.5		<0.1	<0.10	<0.10
	N2-TB = 0.7							
	N3-TC = 2.0	Clase B= 20.0						
Cd	N1-TA = 0.7	Clase A = 2.0	2.13	2.22	4.23	0.01	25.10	0.01
	N2-TB = 1.0							
	N3-TC = 3.0	Clase B = 8.0						
Cr	N1-TA = 70.0	Clase A = 120	24.13			< 4.0	< 4.0	< 4.0
	N2-TB = 70.0							
	N3-TC = 250.0	Clase B = 600						
Hg	N1-TA = 0.4	Clase A = 1.0				< 0.10	< 0.10	0.10
	N2-TB = 0.7	Clase B = 4.0						
	N3-TC = 3.0							
Ni	N1-TA = 25.0	Clase A= 20.0		16.60		15.74	17.36	24.25
	N2-TB = 60.0	Clase B= 80.0						
	N3-TC = 100.0							
Pb	N1-TA = 45.0	Clase A = 100	64.5	285.85	46.00	534.33	692.23	610.28
	N2-TB = 120.0	Clase B = 300						
	N3-TC = 200.0							

Análisis comparativo con información de los antecedentes de la investigación

El análisis comparativo, se desarrolla en función a los valores de concentración consignados en el **cuadro 149**.

- Según el análisis comparativo para los MPT, el autor Vargas obtuvo para As 79.5 mg/Kg, que supera ampliamente los valores de los estándares de las normas NCh2880 y NADF-020-AMBT-2011; mientras que, los valores de las tres rumas casi son imperceptibles (< 0.1 mg/Kg), muy debajo de los umbrales establecidos en las dos normas.
- Para Cadmio, los valores obtenidos por Paccini y Vargas, ubican su compost respectivo en el N3-TC según la NADF-020-AMBT-2011, y de clase B según NCh2880. El valor obtenido por Juan de Dios, está fuera de rango estadístico para la norma mexicana y tal compost alcanza la clase B según la norma chilena. En tanto, los valores de las rumas 1 y 3 (testigo) ubican su compost en el N1-TA según la norma NADF-020-AMBT-2011; estando, la de la ruma 2 fuera de rango. Se concluye que, el compost de las rumas 1 y 3, son de mejor calidad que las de Paccini y Vargas.
- Para la concentración de Cr, la concentración obtenida por Paccini clasificó su compost de N1-TA según la NADF-020-AMBT-2011 y de clase A según la NCh2880. Similares clasificaciones obtuvieron los compost de las tres rumas.
- Las concentraciones de Hg, casi imperceptibles en las tres rumas de la investigación, permitieron clasificar los compost como de N1-TA y de clase A, según las normas respectivas.
- Según lo reportado por Vargas para el Ni (16.60 mg/Kg), éste valor jerarquiza su compost en el N1-TA según la norma NADF-020-AMBT-2011 y de clase A según los estándares de la NCh2880. Según la norma NADF-020-AMBT-2011 las concentraciones de Ni, de las tres rumas ubican su compost respectivo en el N1-TA. Pero, según la norma NCh2880, solo los compost de las rumas 1 y 2 alcanzan la clase A, porque la concentración de la ruma testigo, la ubica en clase B.

- A juzgar por el valor obtenido por Paccini (64.5 mg/Kg) para la concentración de Pb, ubica su compost en el N2-TB según la NADF-020-AMBT-2011 y de clase A, según Nch2880. Lo de Vargas, la concentración de 285.85 mg/Kg, ubica su compost fuera de rango, según la norma NADF-020-AMBT-2011; pero, de clase B, según la Nch2880. La concentración hallada por Juan de Dios (46.00 mg/Kg), sitúa su compost en el N2-TB según la norma NADF-020-AMBT-2011, y de clase A según la norma NCh2880. Comparativamente, los valores de las tres rumas de la investigación tienen valores muy altos, fuera de rango, que las inhabilita para cualquier análisis comparativo.

OBJETIVO 3

Determinar la concentración de metales y de parámetros fisicoquímicos asociados en compost estabilizado (materia seca).

La determinación de la concentración de MPT en compost estabilizado (materia seca), está vinculada al **análisis comparativo** entre valores de reportes de concentraciones de parámetros fisicoquímicos asociados a los de **MPT** con valores estándar de las normas NADF-020-AMBT y NCh2880 en **compost estabilizado**. Teniendo como base la información del **cuadro 150**, los resultados más significativos del análisis, fueron los siguientes:

- Desde los valores de la CE (dS/m), los valores de las tres rumas se encuentran comprendidas plenamente en el intervalo de los estándares exigidos por las dos normas referentes, porque están muy por debajo de los estándares más exigentes 4.0 y 3.0 respectivamente, revelando que existe en la masa del compost mucho menor CIC.
- De similar modo, que el caso anterior, el análisis comparativo de los valores de los parámetros materia orgánica (%), NT (%), As (mg/Kg), Cu (mg/Kg), Cr (mg/Kg), Hg (mg/Kg), Ni (mg/Kg) y Pb (mg/Kg), están comprendidos dentro de los valores de los estándares máximos exigidos por las dos normas referentes.

Cuadro 444.

Análisis comparativo entre valores de reportes de concentraciones de parámetros fisicoquímicos asociados a los de metales con valores estándar de las normas NADF-020-AMBT y NCh2880 en **compost estabilizado**.

Parámetro	Valor Estándar NADF-020-AMBT			Valor Estándar NCh2880		Rumas		
	N1-TA	N2-TB	N3-TC	Clase A	Clase B	R1	R2	R3
CE (dS/m)	< 4.0	< 8.0	< 12.0	< 3.00	< 8.0	1.94	1.99	1.65
pH	6.7-7.5	6.5-8.0	6.5-8.0	5.0-8.5	5.0-8.5	9.35	9.27	9.67
Mat. orgánica (%)	> 20.0	> 20.0	> 25.0	≥ 20.0	≥ 20.0	46.74	50.29	45.79
Humedad (%)	25 -35	25 -35	25 - 45	30 - 45	30 - 45	44.63	45.36	44.21
Relación C/N (%)	< 15.00	< 20.00	< 25.00	≤ 25.00	≤ 30.00	18.33	25.00	24.00
NT (%)	-	-	-	≥ 0.5	≥ 0.5	1.41	1.14	1.06
P (%)	-	-	-	-	-	0.12	0.09	0.14
K (%)	-	-	-	-	-	2.64	3.20	1.66
Ca (%)	-	-	-	-	-	3.87	3.48	3.79
As (mg/Kg)	0.1	0.7	2.0	15.0	20.0	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Cd (mg/Kg)	0.7	1.0	3.0	2.0	8.0	0.49	2.19	1.20
Cu (mg/Kg)	70	150	400-500	100.0	1000.0	17.29	14.94	24.77
Cr (mg/Kg)	70	70	250	120.0	600.0	2.38	4.70	6.53
Hg (mg/Kg)	0.4	0.7	3.0	1.0	4.0	< 1	< 1	< 1
Ni (mg/Kg)	25	60	100	20.0	80.0	7.36	10.30	22.43
Pb (mg/Kg)	45	120	200	100.0	300.0	5.47	5.42	3.84

- Según los valores registrados de pH en las tres rumas, éstos superan ampliamente los estándares establecidos en las normas NADF-020-AMBT y la NCh2880, constituyéndose en altamente alcalinos.

El comportamiento del pH en el proceso de compostaje, estuvo influenciado por el estiércol de animales menores como el “Cuy”, haciendo que en la etapa termófila se incremente el valor del pH hacia valores que superaron 8.5, debido a la formación de $N-NH_4^+$ producto de la degradación del material orgánico nitrogenado. En la etapa de enfriamiento, también se notó que, los microorganismos mesofílicos reiniciaron el proceso de degradación de residuos con degradación inconclusa incrementado también el pH, aunque en proporciones menores. (Jiang et al., 2015, p.82)

- Por los valores de humedad (%) el compost de las rumas 1 y 3 se clasifican como de N3-TC según la norma NADF-020-AMBT y de clase A según la NCh2880. La humedad del compost de la ruma 2, supera ligeramente el valor estándar de las dos normas referentes.
- El compost de la ruma 1, en consideración al valor de su relación C/N, se clasifica en el N2-TB según la norma mexicana. El compost de la ruma 2, está muy próximo al N3-TC. El compost de la ruma testigo, también con holgura es de N3-TC. Para la norma NCh2880, el compost de las tres rumas, están comprendidas en el intervalo de la clase A.
- Los valores de la concentración de Cd en el compost de la ruma 1, se sitúa cumpliendo lo establecido en el N1-TA de la NADF-020-AMBT, y el compost de las rumas 2 y 3 se sitúan en el N3-TC. Según la norma Nch2880, el compost de las rumas 1 y 3 están comprendidas en el intervalo de la clase A, y el compost de la ruma 2 en la clase B, aunque con escaso margen se pasó de la A.

Se visibiliza un **contraste notable**, los valores de la concentración de Pb (mg/Kg) en el compost en proceso (ver cuadro N° 149) y del compost estabilizado (seco) (cuadro 150), son asimétricos; mientras que, en el proceso reporta valores muy altos fuera de rango en el seco los reportes lo ubican como el de mejor calidad en función a las dos normas. ¿Qué paso?

Existe tecnología apropiada para eliminar metales pesados, entre ellos el Pb, por métodos de extracción en plantas de compostaje, pero es una alternativa muy costosa que solo lo cubren países con excedentes en su PBI; por lo que, la mejor alternativa para países como Perú, es la clasificación o segregación en la fuente de generación de los residuos sólidos, los compostables no deben ser vinculados a residuos que contengan MPT. La segregación, debe ser cuando la materia biogénica esté húmeda (verde), para evitar que éstos interfieran en el trabajo de los microorganismos y al final del proceso sean componente del compost seco. (Jorgensen, 1993, p.1)

Una teoría aceptable, de la diferencia de concentraciones relativamente altas en el proceso de compostaje y bajas en la cosecha final, es que éstos pudieron haber

sido lixiviados en parte, en fracciones terminan formando parte de los sedimentos del compost. (Jorgensen, 1993, p.1)

La selección de uno de los métodos para la extracción de Pb u otro metal, no es posible de manera general. Su elección depende del nivel de contaminación, la distribución de los MPT, los tipos y especiaciones de los metales pesados y las características del compost. (Jorgensen, 1993, p.1)

En experimentos de compostaje de residuos compostables y lodos de depuradora, para comprender los cambios en la especiación química, distribución y biodisponibilidad del Pb durante el proceso de compostaje, se usó el método de extracción secuencial de Tessier de cuatro etapas. La dinámica de especiación de Pb (intercambiable, ligado a carbonatos, óxidos de Fe-Mn, materia orgánica, sulfuros y plomo residual), generan mínimo cinco fracciones de concentraciones de Pb que suman durante el proceso de compostaje, con concentraciones totales de Pb relativamente altos. Los porcentajes de distribución del Pb total se modificaron de la siguiente manera: intercambiable, ligado a óxidos de Fe-Mn y ligado a carbonatos de Pb, aumentando con respecto al Pb total. (Zheng, et al., 2004, p.1)

Los porcentajes ligados a materia orgánica, sulfuros y a otros Pb residuales, habitualmente en compost maduro, se redujeron con respecto al Pb total. Las concentraciones de Pb están en una proporción menos tóxica, asociado a materia orgánica, sulfuros ligados y Pb residual. (Zheng, et al., 2004, p.1)

OBJETIVO 4

Determinar las correlaciones en metales de la materia prima (resultados de la especiación de metales) en el proceso de compostaje.

Ajuste de correlaciones con datos de las tres rumas – compost

Se presenta las correlaciones ajustadas con todos los datos de las tres rumas, desarrolladas tratando de hallar las mejores bondades de ajuste de cada modelo en la que cada variable tenga la explicación apropiada en su relación con otra.

En el **cuadro 151**, se muestra la **matriz de correlaciones de Pearson** con las concentraciones de MPT provenientes de la especiación de MPT hallados en sedimentos de compost estabilizado de las rumas 1, 2 y 3.

Cuadro 447.

Matriz de correlaciones de Pearson con las concentraciones de MPT de las Rumas 1, 2 y 3.

Variables	Al (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
Al (mg/Kg)	1	0.839	0.557	0.912	0.948	0.656
p -value	0	0.001	0.060	<0.0001	<0.0001	0.021
Fe (mg/Kg)		1	0.709	0.859	0.930	0.738
p -value		0	0.010	0.000	<0.0001	0.006
Cu (mg/Kg)			1	0.372	0.717	0.376
p -value			0	0.234	0.009	0.229
Pb (mg/Kg)				1	0.883	0.739
p -value				0	0.000	0.006
Mn (mg/Kg)					1	0.646
p -value					0	0.023
Zn (mg/Kg)						1
p -value						0

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0.05

Coefficiente de determinación de Pearson

En el **cuadro 152**, se presentan los coeficientes de determinación de Pearson con las concentraciones de MPT provenientes de la especiación de MPT hallados en **sedimentos de compost estabilizado** de las rumas 1, 2 y 3.

Cuadro 450.

Coefficientes de determinación de Pearson de los MPT con las concentraciones de MPT de las rumas 1, 2 y 3.

Variables	Al (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
Al (mg/Kg)	1	0.704	0.310	0.833	0.898	0.430
Fe (mg/Kg)		1	0.502	0.738	0.864	0.544
Cu (mg/Kg)			1	0.138	0.514	0.141
Pb (mg/Kg)				1	0.780	0.545
Mn (mg/Kg)					1	0.418
Zn (mg/Kg)						1



Jerarquización y Clasificación de los Coeficientes de Correlación con las concentraciones de MPT de las Rumas 1, 2 y 3 (metales vs metales)

El cuadro 153, muestra los coeficientes de correlación bivariada de alta significancia estadística. Otras correlaciones no fueron significativas o no existe evidencia de la relación entre las variables. El análisis no es de causalidad.

Cuadro 453.

Coeficientes de correlación bivariada de Pearson de alta significancia estadística con las concentraciones de MPT de las rumas 1, 2 y 3.

Nº	Variable 1	Variable 2	r - Pearson	N. Significancia	Descripción de la correlación.
1	Manganeso	Aluminio	0.948	<0.0001	Positiva muy alta
2	Manganeso	Hierro	0.930	<0.0001	Positiva muy alta
3	Plomo	Aluminio	0.912	<0.0001	Positiva muy alta
4	Manganeso	Plomo	0.883	0.000	Positiva alta
5	Plomo	Hierro	0.859	0.000	Positiva alta
6	Hierro	Aluminio	0.839	0.001	Positiva alta
7	Zinc	Plomo	0.739	0.006	Positiva alta
8	Zinc	Hierro	0.738	0.006	Positiva alta
9	Cobre	Manganeso	0.717	0.009	Positiva alta
10	Cobre	Hierro	0.709	0.010	Positiva alta
11	Zinc	Aluminio	0.656	0.021	Positiva moderada
12	Zinc	Manganeso	0.646	0.023	Positiva moderada

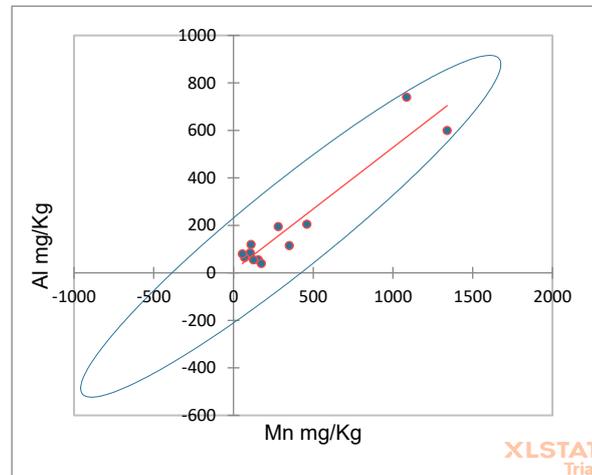
Se describirá, a manera de ejemplo, las 6 primeras correlaciones, cuyos niveles de significancia de correlación están muy próximos al 100%. Son los siguientes:

1. **La correlación entre Mn y Al es positiva muy alta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Mn le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Al; es decir, existe una relación directa entre estas variables.

El **dispersiograma (figura 120)**, muestra la nube de puntos de concentraciones de Mn y Al medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.948$. El coeficiente de determinación $R^2=0.898$, indica que cerca del 89.8% de la variabilidad de la concentración de Al es explicada por la variabilidad de la concentración de Mn, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 342.

Dispersiograma de correlación entre **Mn y Al** en compost-rumas **1,2 y 3**.

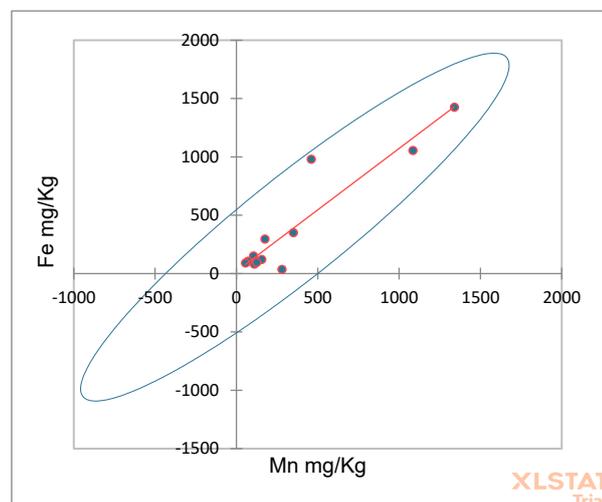


- 2. La correlación entre Mn y Fe es positiva muy alta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Mn le corresponde un incremento o decremento proporcional en la de Fe, existe una relación directa.

El dispersiograma (**figura 121**), muestra la nube de puntos de las concentraciones de Mn y Fe medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.930$. El coeficiente de determinación $R^2=0.864$, indica que cerca del 86.4% de la variabilidad de la concentración de Fe es explicada por la variabilidad de la concentración de Mn, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 344.

Dispersiograma de correlación entre Mn y Fe en compost-rumas 1,2 y 3.

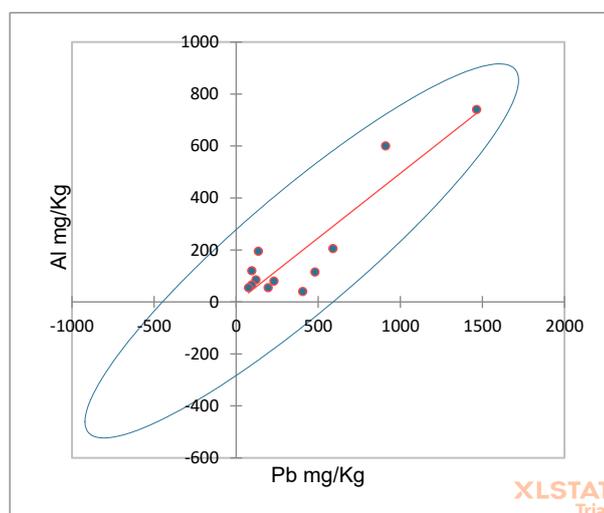


3. **La correlación entre Pb y Al es positiva muy alta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Pb le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Al; es decir, existe una relación directa entre estas variables.

El dispersiograma (**figura 122**), muestra la nube de puntos de concentración de Pb y Al medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.912$. El coeficiente de determinación $R^2=0.833$, indica que cerca del 83.3% de la variabilidad de la concentración de Al es explicada por la variabilidad de la concentración de Pb, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 346.

Dispersiograma de correlación entre Pb y Al en compost-rumas 1,2 y 3.

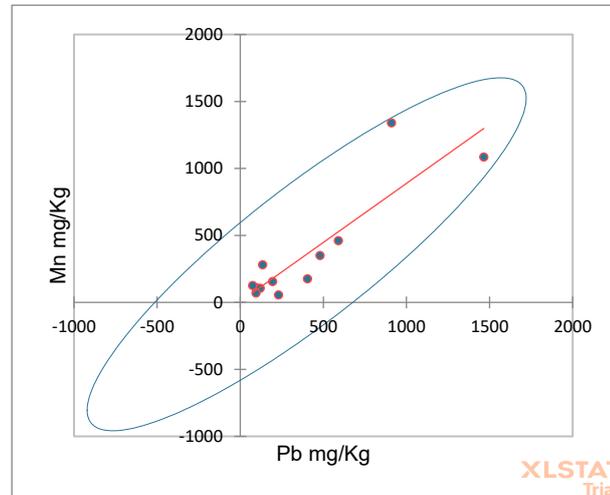


4. **La correlación entre Mn y Pb es positiva alta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Mn le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Pb; es decir, existe una relación directa entre estas variables.

El **dispersiograma (figura 123)**, muestra la nube de puntos de concentración de Mn y Pb medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.883$. El coeficiente de determinación $R^2=0.780$, indica que cerca del 78.0% de la variabilidad de la concentración de Mn es explicada por la variabilidad de la concentración de Pb, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 348.

Dispersiograma de correlación entre Pb y Mn en compost-rumas 1,2 y 3.

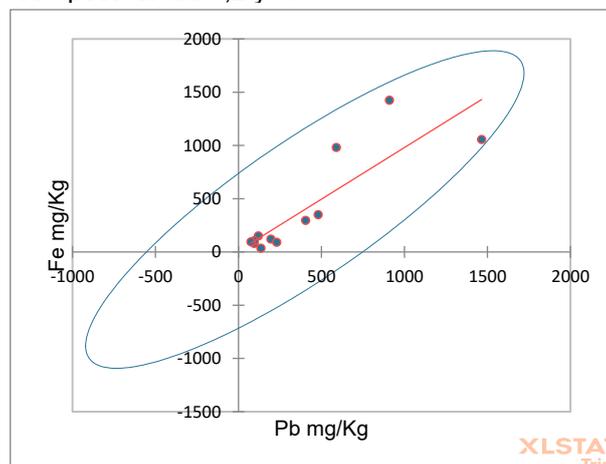


5. **La correlación entre Pb y Fe es positiva alta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Pb le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Fe; es decir, existe una relación directa.

El **dispersiograma (124)**, muestra la nube de puntos de concentración de Pb y Fe medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.859$. El coeficiente de determinación $R^2=0.738$, indica que cerca del 73.8% de la variabilidad de la concentración de Fe explicada por la variabilidad de la concentración de Pb, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 350.

Dispersiograma de correlación entre Pb y Fe en compost-rumas 1,2 y 3.

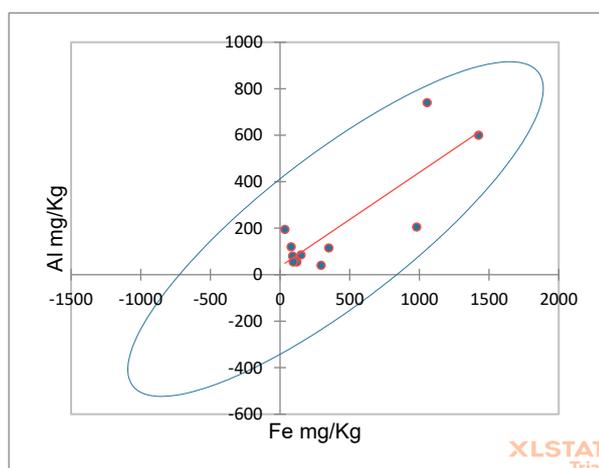


6. **La correlación entre Fe y Al es positiva alta**, indica que, a un incremento o decremento de la concentración de Fe le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Al; es decir, existe una relación directa entre estas variables.

El **dispersiograma (125)**, muestra la nube de puntos de la concentración de Fe y Al medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.839$. El coeficiente de determinación $R^2=0.704$, indica que cerca del 70.4% de la variabilidad de la concentración de Al es explicada por la variabilidad de la concentración de Fe, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 352.

Dispersiograma de correlación entre Fe y Al en compost-rumas 1,2 y 3.



Resumen de interpretación

- Entre las **rumas 1 y 2**, la correlación Mn-Fe fue estadísticamente significativa en ambas.
- Entre las rumas 1 y 3, las correlaciones estadísticamente significativas fueron Mn-Fe, Mn-Pb, Mn-Al, Pb-Fe, Pb-Al y Fe-Al.
- Entre las rumas 2 y 3, las correlaciones estadísticamente significativas fueron Mn-Fe, y las asociadas Mn-Zn, Mn-Cu, Zn-Fe, Zn-Cu, y Fe-Cu.
- Entre las rumas 1, 2 y 3, la correlación Fe-Mn fue estadísticamente significativa entre las tres.

- Por la mayor cantidad de datos analizados, las correlaciones efectuadas con las concentraciones de los MPT de las tres rumas en conjunto, tienen mayor confiabilidad que las correlaciones efectuadas con concentraciones separadas por ruma.

OBJETIVO 5

Determinar las correlaciones en la movilidad de los metales con pH, materia orgánica, oxígeno, ácidos húmicos, y ácidos fúlvicos en el proceso de compostaje.

Ajuste de correlaciones con datos de las tres rumas – compost

Cuadro 456.

Matriz de correlación de Pearson de MPT con pH, materia orgánica, oxígeno, ácidos húmicos, y ácidos fúlvicos en el proceso de compostaje.

Variables	O ₂ (%)	pH	Ac. húm (%)	Ac. Fúl (%)	Al (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
O ₂ (%)	1	0.405	0.342	0.109	0.209	0.251	-0.419	0.266	0.140	0.491	-0.074
p-value	0	0.009	0.032	0.496	0.189	0.114	0.006	0.093	0.384	0.001	0.645
pH		1	0.152	-0.242	-0.042	0.122	-0.280	0.294	0.032	0.116	-0.157
p-value		0	0.343	0.128	0.796	0.448	0.076	0.062	0.843	0.469	0.328
Ac. húm (%)			1	0.692	0.134	0.209	-0.116	0.095	0.137	0.245	0.143
p-value			0	<0.0001	0.403	0.190	0.469	0.555	0.393	0.122	0.371
Ac. fúl (%)				1	0.108	0.209	-0.050	-0.082	0.125	0.397	0.158
p-value				0	0.503	0.190	0.755	0.610	0.437	0.012	0.323
Al (mg/Kg)					1	0.213	-0.197	0.496	0.108	-0.130	0.430
p-value					0	0.182	0.217	0.001	0.503	0.416	0.005
Cd (mg/Kg)						1	-0.176	0.140	0.224	0.116	0.146
p-value						0	0.271	0.382	0.158	0.472	0.363
Fe (mg/Kg)							1	-0.350	-0.222	-0.188	-0.197
p-value							0	0.024	0.164	0.239	0.218
Mn (mg/Kg)								1	0.532	0.062	0.604
p-value								0	0.004	0.702	<0.0001
Ni (mg/Kg)									1	0.052	0.389
p-value									0	0.747	0.011
Pb (mg/Kg)										1	-0.150
p-value										0	0.349
Zn (mg/Kg)											1
p-value											0

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa = 0.05

Cuadro 459.

Coeficientes de determinación de Pearson de MPT con pH, materia orgánica, oxígeno, ácidos húmicos, y ácidos fúlvicos en el proceso de compostaje.

Variables	O ₂ (%)	pH	Ac. Húm (%)	Ac. Fúl (%)	Al (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
O ₂ (%)	1	0.164	0.117	0.012	0.044	0.020	0.176	0.071	0.020	0.241	0.005
pH		1	0.023	0.058	0.002	0.024	0.078	0.087	0.001	0.014	0.025
Ac. Húm (%)			1	0.478	0.018	0.002	0.014	0.009	0.019	0.060	0.021
Ac. Fúl (%)				1	0.012	0.000	0.003	0.007	0.016	0.158	0.025
Al (mg/Kg)					1	0.050	0.039	0.246	0.012	0.017	0.185
Cd (mg/Kg)						1	0.016	0.114	0.000	0.014	0.289
Fe (mg/Kg)							1	0.123	0.049	0.035	0.039
Mn (mg/Kg)								1	0.283	0.004	0.365
Ni (mg/Kg)									1	0.003	0.151
Pb (mg/Kg)										1	0.023
Zn (mg/Kg)											1

Jerarquización y clasificación de los coeficientes de correlación-MPT vs variables fisicoquímicas, y metales vs metales.

Se muestran **coeficientes de correlación bivariada** con **alta significancia estadística**. Otras correlaciones no fueron significativas estadísticamente o no se hallaron evidencias. Este análisis no implica **causalidad**.

Cuadro 462.

Coeficientes de correlación bivariada con alta significancia estadística entre los MPT con pH, materia orgánica, oxígeno, ácidos húmicos, y ácidos fúlvicos.

Nº	Variable 01	Variable 02	r - Pearson	N. Significancia	Descripción de la correlación
01	Ácidos húmicos	Ácidos fúlvicos	0.692	<0.0001	Positiva moderada
02	Manganeso	Zinc	0.604	<0.0001	Positiva moderada
03	Manganeso	Níquel	0.532	0.004	Positiva moderada
04	Manganeso	Aluminio	0.496	0.001	Positiva moderada
05	Oxígeno	Plomo	0.491	0.001	Positiva moderada
06	Zinc	Aluminio	0.430	0.005	Positiva moderada
07	Oxígeno	Hierro	-0.419	0.006	Negativa moderada
08	Ph	Oxígeno	0.405	0.009	Positiva moderada
09	Plomo	Ácidos fúlvicos	0.397	0.012	Positiva baja
10	Zinc	Níquel	0.389	0.011	Positiva baja
11	Manganeso	Hierro	-0.350	0.024	Negativa baja
12	Ácidos húmicos	Oxígeno	0.342	0.032	Positiva baja

Los cuadros 154, 155 y 156, presentan evidencias de las correlaciones ajustadas con todos los datos de las tres rumas, desarrolladas tratando de hallar las mejores bondades de ajuste de cada modelo en la que cada variable tenga la explicación apropiada en su relación con otra.

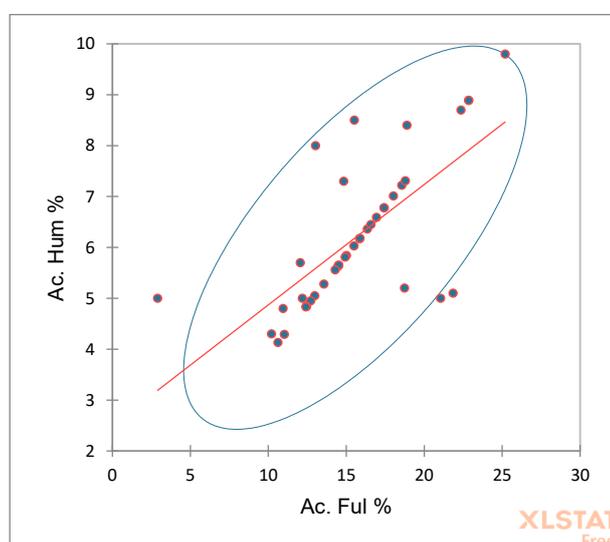
A continuación, se describirá, a manera de ejemplo, las 6 correlaciones, cuyos niveles de significancia de correlación están muy próximos al 100% en el caso de los MPT con MPT y las más significativas de MPT con variables físico químicas. Son los siguientes:

1. **Correlación entre ácidos húmicos y ácidos fúlvicos positiva moderada**, indica que a un incremento o decremento en la concentración de uno de los ácidos le corresponde un aumento o decremento proporcional del otro; es decir, existe una relación directa.

El **dispersiograma (figura 126)**, muestra la nube de puntos de las concentraciones de ácidos húmicos y fúlvicos medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.692$. El coeficiente de determinación $R^2=0.478$, indica que cerca del 47.8% de la variabilidad de la concentración de ácidos húmicos es explicada por la variabilidad de la concentración de ácidos fúlvicos, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 354.

Dispersiograma de correlación entre ácidos fúlvicos y ácidos húmicos en compost-rumas 1,2 y 3.



Los ácidos húmicos son una fracción de las sustancias húmicas solubles en medio alcalino, pero insolubles en medio ácido. Los ácidos fúlvicos, son una fracción de las sustancias húmicas que son solubles en medio alcalino y ácido, siendo la parte más pequeña de las sustancias húmicas. (López, et al., 2014, p.1)

Así, los ácidos húmicos albergan MPT en medios de pH 6, 7, 8 y hasta 9, y los ácidos fúlvicos facilitan la movilidad de los metales en medios de 7, 6, 5 y hasta 4. Los ácidos húmicos y fúlvicos presentan grupos funcionales similares, pero en cantidades diferentes. La mezcla orgánico-mineral de ácidos húmicos y ácidos fúlvicos muestran comportamientos similares en adsorción del elemento incorporados, entre ellos los macro y micronutrientes, y MPT; sin embargo, los ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, ambos con pH 7 tienen mayor adsorción del Ca y Fe, demostrándose de que, son compuestos dependientes del pH del medio, en este caso del compost, y su capacidad de agrupamiento se debe a la reacción de intercambio catiónico dada por los radicales libres. (López, et al., 2014, p.1)

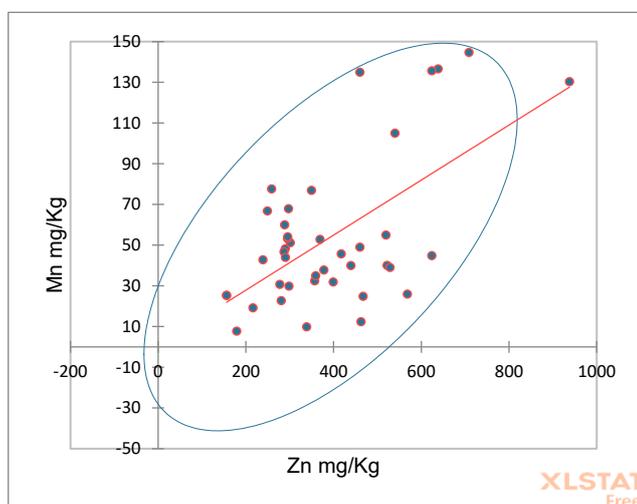
- 2. Correlación entre Mn y Zn positiva moderada**, indica que, a un incremento o decremento en la concentración de uno de los metales le corresponde un incremento o decremento proporcional en el otro; es decir, existe una relación directa entre estos metales.

El dispersiograma (**figura 127**), muestra la nube de puntos de las concentraciones de Mn y Zn medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r = 0.604$. El coeficiente de determinación $R^2 = 0.365$, indica que cerca del 36.5% de la variabilidad de la concentración de Mn es explicada por la variabilidad de la concentración de Zn, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Rivera, et al. (2008), en los resultados de su investigación “Análisis correlacional y evolutivo de los metales pesados en sedimentos del río Santa entre Huaraz-Carhuaz, departamento de Ancash”, investigaron catorce metales pesados (MP) en sedimentos y en quebradas del río Santa, demostrando que, los MP que tienen una distribución normal son Cr-Cu-Mo-Pb-V y distribución lognormal As-Cd-Fe-Hg-Ni-Sb-Sn-W-Zn. (p. 1)

Figura 356.

Dispersiograma de correlación entre Zn y Mn en compost-rumas 1,2 y 3.



El Zn fue el MP más abundante y el Hg fue hallado solo en pequeñas cantidades. El análisis de correlación de Pearson y el análisis de componentes principales determinaron cinco componentes, primero: Zn-Cd-Pb-As-Cu-Sb (antimonio)-Sn (estaño)-Fe, segundo: Ni-Mo-V (vanadio)-W (wolframio)-Fe, tercero: W-Fe, cuarto: Cr-Hg-Fe, y quinto: Hg.

Comparando con los límites establecidos para suelos en la Tabla Holandesa, los MP en los sedimentos en este sector del río Santa, que sobrepasan los límites de intervención son el As, Pb y Zn. (Rivera, et al., 2008, p.1)

En el análisis comparativo se corrobora la presencia permanente del Zn, aunque asociado en este caso a otro MPT como Mn, hallados en sedimentos de compost elaborado con residuos orgánicos transportados de sustratos de una o más quebradas de la provincia de Huaraz.

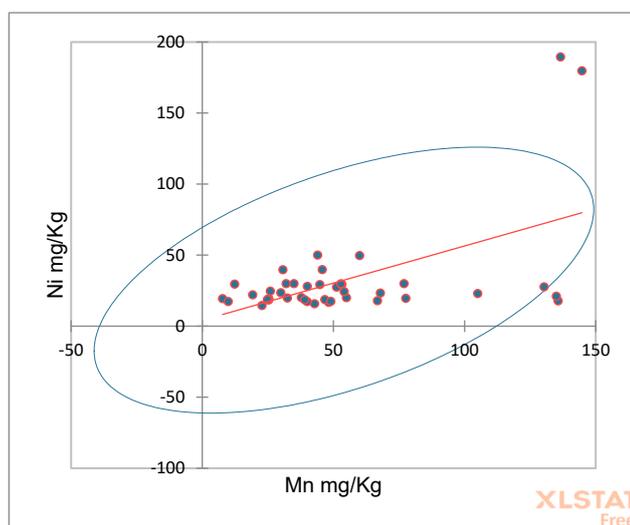
- 3. Correlación entre Ni y Mn positiva moderada**, indica que, a un incremento o decremento en la concentración de uno de los metales le corresponde un incremento o decremento proporcional en el otro; es decir, existe una relación directa entre estos metales.

El dispersiograma (**figura 128**), muestra la nube de puntos de las concentraciones de Ni y Mn medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva

$r=0.532$. El coeficiente de determinación $R^2=0.283$, indica que cerca del 28.3% de la variabilidad de la concentración de Ni es explicada por la variabilidad de la concentración de Mn, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Figura 358.

Dispersiograma de correlación entre Mn y Ni en compost-rumas 1,2 y 3.



- 4. Correlación entre O_2 y Pb positiva moderada**, indica que, a un incremento o decremento en la concentración de O_2 le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Pb; es decir, existe una relación directa entre estas variables.

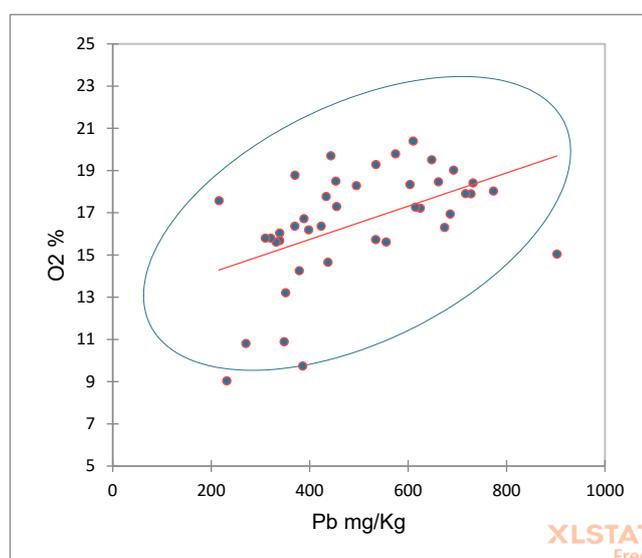
El dispersiograma (**figura 129**), muestra la nube de puntos de las concentraciones de O_2 y Pb medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.491$. El coeficiente de determinación $R^2=0.241$, indica que cerca del 24.1% de la variabilidad de la concentración de O_2 es explicada por la variabilidad de la concentración de Pb, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

El Pb, rara vez se encuentra en su estado elemental, los minerales más comunes que la contienen son sulfuro, galena, y otros minerales de menor importancia comercial. El dióxido de plomo (PbO_2) es un oxidante que reacciona en general con la materia orgánica; y el Pb, en su relación con el O_2 forma óxidos diversos como óxido de plomo (IV) u óxido doble de Pb (II) que son compuestos inorgánicos. Así, en el conjunto de actividades domésticas comunes, es altamente probable que la materia prima compostable se

contamine al contacto con el Pb de electrodos de baterías de acumuladores de plomo-ácido, de pinturas, de combustibles diversos, de cauchos y de cerámicas, entre otros. Esa podría ser una de las probables explicaciones de la correlación entre el Pb y el O₂. (Monteiro, et al., 1985, p. 1)

Figura 360.

Dispersiograma de correlación entre Pb y O₂ en compost-rumas 1,2 y 3.



5. **Correlación entre Fe y O₂ negativa moderada**, indica que a un incremento en la concentración de oxígeno le corresponde un decremento proporcional en la concentración de Fe y viceversa; es decir, existe una relación inversa.

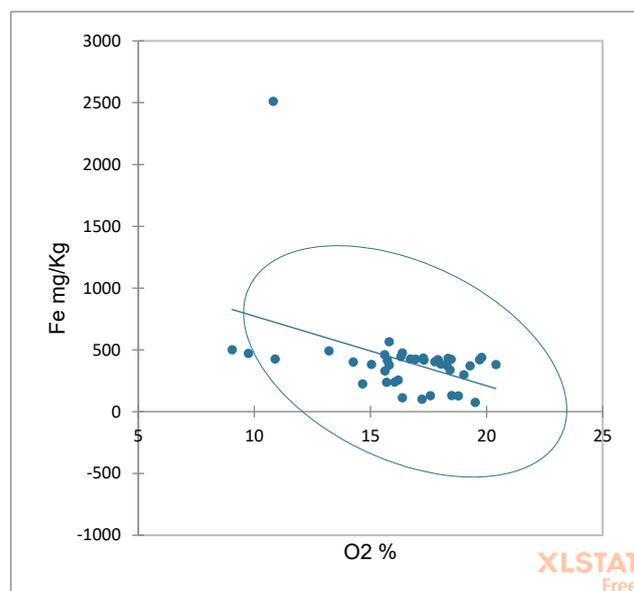
El dispersiograma (**figura 130**), muestra la nube de puntos de las concentraciones de Fe y O₂ medidas al mismo tiempo, y la correlación negativa $r=-0.419$. El coeficiente de determinación $R^2=0.176$, indica que apenas el 17.6% de la variabilidad de la concentración de Fe es explicada por la variabilidad de la concentración de O₂, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

La correlación del Fe frente al O₂, se explica porque es un proceso químico que los combina para formar óxido de Fe. Es una reacción química, en la que, los átomos de Fe pasan electrones a los átomos de O₂. Una película de óxido de Fe se modifica mediante una secuencia de pasos de pulverización catódica

frente a la presencia de O₂. La pulverización catódica reduce el Fe del estado Fe³⁺ a Fe²⁺. (Aronniemi, et al., 2007, p.1)

Figura 362.

Dispersiograma de correlación entre O₂ y Fe en compost-rumas 1,2 y 3.



6. **Correlación entre ácidos fúlvicos y Pb positiva baja**, indica que, a un incremento o decremento en la concentración de ácidos fúlvicos le corresponde un incremento o decremento proporcional en la concentración de Pb; es decir, existe una relación directa.

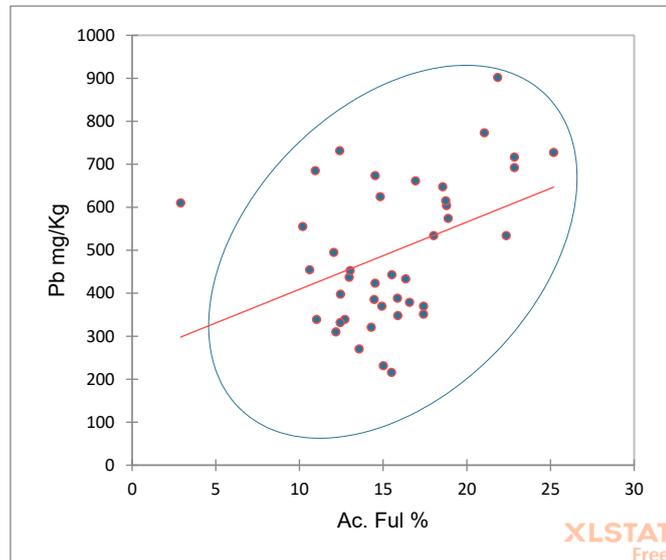
El dispersiograma (**figura 131**), muestra la nube de puntos de las concentraciones de ácidos fúlvicos y Pb medidas al mismo tiempo, y la correlación positiva $r=0.397$. El coeficiente de determinación $R^2=0.158$, indica que cerca del 15,8% de la variabilidad de la concentración de Pb es explicada por la variabilidad de la concentración de ácidos fúlvicos, el porcentaje restante es explicado por otros factores.

Interpretación de correlaciones-ruma 1

- Destaca la **correlación positiva moderada** entre el Pb con O₂, ácidos fúlvicos y ácidos húmicos, explicados por procesos de oxidación, reducción o complejación del Pb.

Figura 364.

Dispersiograma de correlación entre ácidos fúlvicos y Pb en compost-rumas 1,2 y 3.



- La movilidad de los MPT se reduce con la adición de los ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, con mayor retención en el siguiente orden **Ni>Cu>Zn>Cd**, determinado en la fracción residual (sedimento) del compost.

Según Silva Nieto (2010), la interacción de los metales con los ácidos húmicos, provoca la movilidad en el tiempo de los metales en función de la concentración del ácido húmico. La afinidad del ácido húmico hacia los metales decrece en el siguiente orden Cu>Pb>Hg>Co>Cd. (p.1). Aunque solo con Cu y Cd, la afinidad en la ruma 1 es similar.

El **Fe**, presentó una correlación negativa moderada con el pH; es decir, que a concentraciones bajas de **Fe** le corresponde valores altos de pH (alcalinos), lo cual, no implica necesariamente causalidad. Algunos metales analizados poseen afinidad en su comportamiento como el Mn–Ni, Mn-Zn, Mn-Fe, Ni-Fe, y Ni-Zn.

Otra conclusión importante es que, cuanto más básico es el pH se incrementan los ácidos húmicos inmovilizando los MPT y contrariamente cuando el pH es más ácido se incrementan los ácidos fúlvicos facilitando su movilidad. La

calidad de la materia orgánica, tiene un efecto significativo en estos procesos. La de mejor calidad, redundando en menor movilidad de los MPT.

Interpretación de las correlaciones-ruma 2

Destacan las siguientes correlaciones:

- Correlación positiva alta entre Pb y O₂. La correlación positiva moderada con ácidos húmicos y pH, que podrían ser explicados por procesos de oxidación, reducción o complejación del **Pb**.
- Correlación negativa alta del **Fe** con pH; es decir, que a concentraciones bajas de Fe le corresponde valores altos de pH.
- Correlación negativa moderada de Fe con O₂, no necesariamente con causalidad.
- Algunos metales analizados poseen afinidad en su comportamiento como Mn-Al, Mn-Zn, y Al-Zn.

Interpretación de las correlaciones-ruma 3

Destacan las correlaciones entre metales y la afinidad en su comportamiento entre Mn-Al, Mn-Zn, Mn-Fe y Zn-Al.

Resumen de interpretación de correlaciones individuales en las tres rumas

- En las rumas 1 y 2 destacaron las correlaciones positivas entre las concentraciones de Pb-O₂, Pb-ácidos húmicos, Pb-ácidos fúlvicos. Esta última, presentó un nivel de significación ligeramente mayor ($r=0.548$, $p=0.052$).
- En las rumas 1 y 2 se presentaron correlaciones negativas moderadas y altas respectivamente, en relación a las concentraciones de Fe y pH.
- En las rumas 1 y 3 (control), se presentaron correlaciones negativas moderadas entre Mn y Fe.

- En las rumas 2 y 3 (control), se detectaron correlaciones positivas moderadas entre Mn-Al, Mn-Zn y Al-Zn.

Resumen de interpretación de las tres rumas juntas-compost

Destacan las siguientes correlaciones:

- Correlación positiva moderada entre el Pb con O₂.
- Correlación negativa moderada entre Fe y O₂.
- Correlación positiva baja entre el Pb y ácidos fúlvicos, explicados por procesos de oxidación, reducción o complejación del Pb.
- Algunos metales analizados poseen afinidad en su comportamiento como Mn-Ni, Ni-Mn, Zn-Mn, Mn-Fe, Mn-Al, Zn-Al y Ni-Zn.

OBJETIVO 6

Determinar las correlaciones en la movilidad de los metales con pH, materia orgánica, oxígeno, ácidos húmicos, y ácidos fúlvicos en compost estabilizado.

- No se han encontrado correlaciones estadísticamente significativas entre los MPT y variables fisicoquímicas analizadas en las tres muestras de la ruma 1.
- En la ruma 2, se hallaron cuatro correlaciones estadísticamente significativas, pese a tener solo tres muestras. Siendo las de correlaciones positivas pH-Cd, O₂-Ni y O₂-Cu, y la de la correlación negativa Pb-Cr. El cuadro 17, detalle tales correlaciones.

De la correlación positiva perfecta entre pH-Cd, se visualiza que, al aumentar en el compost los valores de pH de 6 a 8, también conducen a un incremento significativo de la concentración de Cd. (Shareef, et al., 2019, p.1)

La otra correlación positiva perfecta entre O₂-Ni en compost, es porque al desprender O₂ se forman a semejanza películas delgadas a partir de soluciones de Ni (aq)²⁺. (Bediako, et al., 2012, p.1)

Cuadro 464.

Coefficientes de correlación de Pearson de alta significancia estadística-ruma 2.

Nº	Variable 01	Variable 02	r - Pearson	Descripción de la correlación.
01	pH	Cadmio	1.000	Positiva perfecta
02	Oxígeno	Níquel	1.000	Positiva perfecta
03	Plomo	Cromo	-0.999	Negativa muy alta
04	Oxígeno	Cobre	0.997	Positiva muy alta

La correlación entre Pb y Cr, dos MPT, encuentran una de tantas explicaciones, en la actividad catalítica y las fluctuaciones electrónicas locales de baja energía en los metales de transición (elementos de los grupos de 3 a 12 en la tabla periódica, que son buenos conductores de electricidad y calor, maleables y dúctiles, con brillo metálico y sólidos, con excepción de Hg). En el proceso de compostaje, ocurre la síntesis de amoníaco a partir de N₂ e H₂ sobre superficies de metales como Fe. (Yang, et al., 2019, p. 1)

Los Cr, en general, tienen correlaciones negativas con seis tipos de metales pesados, entre ellos el Cd, lo que contribuye a su remoción de entre los MPT. Los modelos de ecuaciones estructurales confirmaron además que las bacterias funcionales pueden afectar directamente la eliminación de Cu, Cd y Cr por antagonismos en sus movimientos. Además, también puede eliminar indirectamente el Pb y el Cr cambiando las bacterias nativas. La combinación de bacterias funcionales y materiales adsorbentes fue eficaz para eliminar los metales pesados del sistema de compostaje. (Yang, et al., 2019, p. 1)

Durante el proceso de compostaje, la mayor parte de Pb se encontró en el óxido y fracciones residuales. El Zn se asoció principalmente con óxidos de Fe y Mn. Durante el proceso de compostaje, la cantidad de MPT disminuye en los intercambiables y fracciones unidas orgánicamente. En general, todas las concentraciones de MPT aumentaron en el compost final debido a descomposición de materia orgánica. Las distribuciones de MPT en las diferentes formas químicas son dependientes de: edad de compostaje,

concentraciones totales de MPT en el compost, pH, contenido de materia orgánica y concentraciones de compuestos de Ca y Fe. En el compost maduro, la cantidad de MPT aumenta en la baja fracción móvil y residual, (Szymański, et al., 2005, p. 1)

Sin embargo, el proceso se invierte en algunos casos, cuando en el proceso de compostaje se usa como materia prima estiércol de animales como porcino, cuyes y algunas aves como ocurre con el contenido de los residuos urbanos compostables de la ciudad de Huaraz. Las concentraciones de MPT aumentan rápidamente durante los primeros días y luego se estabilizan. Pero, todas las concentraciones de MPT aumentan aproximadamente 2.7 veces en el compost final debido a la descomposición de la materia orgánica. (Yang, et al., 2019, p. 1).

Un incremento en la relación ácido húmico-ácido fúlvico en los extractos de $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ o NaOH en varias etapas del compostaje representó el proceso de humificación. Durante el compostaje, las porciones principales de Cu, Mn y Zn están unidas orgánicamente y a partículas sólidas y complejadas orgánicamente, respectivamente.

Cuando el compost entre sus componentes primarios tuvo estiércol, las distribuciones de MPT en diferentes fracciones químicas generalmente son independientes de la edad de compostaje. Por lo tanto, independientes de las respectivas concentraciones de metales totales (MT) en los composts. (Hung Hsu & Lien Lo, 2001, p. 1)

En el proceso de compostaje el Cu reaccionó con el oxígeno para formar óxidos que, probablemente reaccionó con el gas hidrógeno para generar concentraciones de Cu y agua. Los resultados mostraron que el pH, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ y los valores de oxidación potencial del NH_3 fueron inhibidos significativamente por el Cu. (Yin et al., 2016, p.1)

- No fue posible hacer el análisis de correlación en la ruma 3, porque se halló un solo registro de variables.

OBJETIVO 7

Determinar la calidad del compost estabilizado, desde la perspectiva de la presencia de los metales pesados, teniendo como referente las normas NCh2880 (2004) de Chile y DNADF-020-AMBT (2011) de México D.F.

Determinación de la calidad del compost estabilizado

Ruma 1

Cuadro 466.

Análisis comparativo de concentraciones de MPT y elementos fisicoquímicos de compost estabilizado de la **ruma 1**, con estándares de las normas NADF-020-AMBT y NCh2880.

Parámetro	Valor Estándar NADF-020-AMBT			Valor Estándar NCh2880		Rumas	
	N1-TA	N2-TB	N3-TC	Clase A	Clase B	R1	¿Cumple con el estándar?
CE (dS/m)	< 4.0	< 8.0	< 12.0	< 3.00	< 8.0	1.94	Sí, con N1-TA y Clase A
pH	6.7-7.5	6.5-8.0	6.5-8.0 c	5.0-8.5	5.0-8.5	9.35	No, con ninguno
Absorción O ₂ (%)						15.78	Si
Ácidos Húmicos %						6.80	Si
Ácidos Fúlvicos %						17.48	Si
Mat. orgánica (%)	> 20.0	> 20.0	> 25.0	≥ 45.0	≥ 25.0	46.74	Sí, con N1-TA y Clase A
Humedad (%)	25 -35	25 -35	25 - 45	30 - 45	30 - 45	44.63	Sí, con N3-TC y Clase A y B
Relación C/N (%)	< 15.00	< 20.00	< 25.00	≤ 25.00	≤ 30.00	18.33	Sí, con N2-TB y Clase A
NT (%)	-	-	-	≥ 0.5	≥ 0.5	1.41	Sí, Clases A y B
P (%)	-	-	-	-	-	0.12	Si
K (%)	-	-	-	-	-	2.64	Si
Ca (%)	-	-	-	-	-	3.87	Si
As (mg/Kg)	0.1	0.7	2.0	15.0	20.0	<10.0	Sí, Clase A
Cd (mg/Kg)	0.7	1.0	3.0	2.0	8.0	0.49	Sí, N1-TA y Clase A
Cu (mg/Kg)	70	150	400-500	100.0	1000.0	17.29	Sí, N1-TA y Clase A
Cr (mg/Kg)	70	70	250	120.0	600.0	2.38	Sí, N1-TA y Clase A
Hg (mg/Kg)	0.4	0.7	3.0	1.0	4.0	<1.0	Sí, N3-TC y Clase A
Ni (mg/Kg)	25	60	100	20.0	80.0	7.36	Sí, N1-TA y Clase A
Pb (mg/Kg)	45	120	200	100.0	300.0	5.47	Sí, N1-TA y Clase A
Zn (mg/Kg)	200.00	500.00	1200.00-1800.00	100.0	1000.00	407.53	Sí, N2-TB y Clase B

El **cuadro 158**, resume el análisis comparativo de las concentraciones de los MPT y elementos fisicoquímicos asociados del compost estabilizado de la ruma 1, con los estándares referentes de las normas NADF-020-AMBT y NCh2880, para determinar la calidad del compost estabilizado.

El análisis comparativo de los valores de las concentraciones de los parámetros registrados de MPT y elementos fisicoquímicos asociados del compost estabilizado de la ruma 1, con los estándares referentes de las normas NADF-020-AMBT y NCh2880, visibilizan la siguiente tendencia:

- Según la norma NADF-020-AMBT, el compost de la ruma 1, cumple con 7 estándares de N1-TA, 2 de N2-TB y 2 de N3-TC.
- Según la norma NCh2880, el compost de la ruma 1, cumple con 12 estándares de clase A y con 3 de clase B.
- Además, el cuadro X1, registra 6 concentraciones de parámetros (O₂, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, P, K y Ca) sin estándares referentes en las normas.
- El valor del pH supera el mayor estándar establecido en las normas.
- En conclusión, el compost de la ruma 1, tiene tendencia a ser de N1-TA y de Clase A.

Ruma 2

El **cuadro 159**, resume el análisis comparativo de las concentraciones de los MPT y elementos fisicoquímicos asociados del compost estabilizado de la ruma 2, con los estándares referentes de las normas NADF-020-AMBT y NCh2880, para determinar la calidad del compost estabilizado.

El análisis comparativo de los valores de las concentraciones de los parámetros registrados de MPT y elementos fisicoquímicos asociados del compost estabilizado de la ruma 2, con los estándares referentes de las normas NADF-020-AMBT y NCh2880, visibilizan la siguiente **tendencia**:

Cuadro 467.

Análisis comparativo de concentraciones de MPT y elementos fisicoquímicos de compost estabilizado de la **ruma 2**, con estándares de las normas NADF-020-AMBT y NCh2880.

Parámetro	Valor Estándar NADF-020-AMBT			Valor Estándar NCh2880		Rumas	
	N1-TA	N2-TB	N3-TC	Clase A	Clase B	R2	¿Cumple con el estándar?
CE (dS/m)	< 4.0	< 8.0	< 12.0	< 3.00	< 8.0	1.99	Sí, con N1-TA y Clase A
pH	6.7-7.5	6.5-8.0	6.5-8.0 c	5.0-8.5	5.0-8.5	9.27	No, con ninguno
Oxígeno %						16.40	Si
Ácidos Húmicos %						6.86	Si
Ácidos Fúlvicos %						16.06	Si
Mat. orgánica (%)	> 20.0	> 20.0	> 25.0	≥ 45.0	≥ 25.0	50.29	Sí, con N1-TA y Clase A
Humedad (%)	25 -35	25 -35	25 - 45	30 - 45	30 - 45	44.63	Sí, con N3-TC y Clase A y B
Relación C/N (%)	< 15.00	< 20.00	< 25.00	≤ 25.00	≤ 30.00	25.00	Sí, con Clase A
NT (%)	-	-	-	≥ 0.5	≥ 0.5	1.14	Sí, Clases A y B
P (%)	-	-	-	-	-	0.09	Si
K (%)	-	-	-	-	-	3.20	Si
Ca (%)	-	-	-	-	-	3.20	Si
As (mg/Kg)	0.1	0.7	2.0	15.0	20.0	<10.0	Sí, Clase A
Cd (mg/Kg)	0.7	1.0	3.0	2.0	8.0	2.19	Sí, N3-TC y Clase B
Cu (mg/Kg)	70	150	400-500	100.0	1000.0	14.94	Sí, N1-TA y Clase A
Cr (mg/Kg)	70	70	250	120.0	600.0	4.70	Sí, N1-TA y Clase A
Hg (mg/Kg)	0.4	0.7	3.0	1.0	4.0	< 1.0	Sí, N3-TC y Clase A
Ni (mg/Kg)	25	60	100	20.0	80.0	10.30	Sí, N1-TA y Clase A
mg/Kg)	45	120	200	100.0	300.0	5.42	Sí, N1-TA y Clase A
Zn mg/Kg)	200.00	500.00	1200.00-1800.00	100.0	1000.00	371.49	Sí, N2-TB y Clase B

- Según la norma NADF-020-AMBT, el compost de la ruma 2, cumple con 6 estándares de N1-TA, 1 de N2-TB y 3 de N3-TC.
- Según la norma NCh2880, el compost de la ruma 2, cumple con 11 estándares de clase A y con 4 de clase B.

- Además, el cuadro X2, registra 6 concentraciones de parámetros (O₂, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, P, K y Ca) sin estándares referentes en las normas.
- El valor del pH supera el mayor estándar establecido en las normas.

En conclusión, el compost de la ruma 2, tiene **tendencia** a ser de N1-TA y de Clase A.

Ruma 3

Cuadro 469.

Análisis comparativo de concentraciones de MPT y elementos fisicoquímicos de compost estabilizado de la **ruma 3 (testigo)**, con estándares de las normas NADF-020-AMBT y NCh2880.

Parámetro	Valor Estándar NADF-020-AMBT			Valor Estándar NCh2880		Rumas	
	N1-TA	N2-TB	N3-TC	Clase A	Clase B	R3	¿Cumple con el estándar?
CE (dS/m)	< 4.0	< 8.0	< 12.0	< 3.00	< 8.0	1.65	Sí, con N1-TA y Clase A
pH	6.7-7.5	6.5-8.0	6.5-8.0	5.0-8.5	5.0-8.5	9.67	No, con ninguno
Oxígeno %						17.11	Si
Ácidos Húmicos %						5.19	Si
Ácidos Fúlvicos %						13.76	Si
Mat. orgánica (%)	> 20.0	> 20.0	> 25.0	≥ 45.0	≥ 25.0	45.79	Sí, con N1-TA y Clase A
Humedad (%)	25 -35	25 -35	25 - 45	30 - 45	30 - 45	45.36	No, con ninguno
Relación C/N (%)	< 15.00	< 20.00	< 25.00	≤ 25.00	≤ 30.00	24.00	Sí, con N3-TC y Clase A
NT (%)	-	-	-	≥ 0.5	≥ 0.5	1.06	Sí, Clases A y B
P (%)	-	-	-	-	-	0.14	Si
K (%)	-	-	-	-	-	1.66	Si
Ca (%)	-	-	-	-	-	166	Si
As (mg/Kg)	0.1	0.7	2.0	15.0	20.0	< 10.0	Sí, Clase A
Cd (mg/Kg)	0.7	1.0	3.0	2.0	8.0	1.2	Sí, N3-TC y Clase A
Cu (mg/Kg)	70	150	400-500	100.0	1000.0	24.77	Sí, N1-TA y Clase A
Cr (mg/Kg)	70	70	250	120.0	600.0	6.53	Sí, N1-TA y Clase A
Hg (mg/Kg)	0.4	0.7	3.0	1.0	4.0	< 1.0	Sí, N3-TC y Clase A
Ni (mg/Kg)	25	60	100	20.0	80.0	22.43	Sí, N1-TA y Clase A
Pb (mg/Kg)	45	120	200	100.0	300.0	3.84	Sí, N1-TA y Clase A
Zn (mg/Kg)	200.00	500.00	1200.00-1800.00	100.0	1000.00	400.07	Sí, N2-TB y Clase B

El **cuadro 160**, resume el análisis comparativo de las concentraciones de los MPT y elementos fisicoquímicos asociados del compost estabilizado de la ruma 3, con los estándares referentes de las normas NADF-020-AMBT y NCh2880, para determinar la calidad del compost estabilizado.

El análisis comparativo de los valores de las concentraciones de los parámetros registrados de MPT y elementos fisicoquímicos asociados del compost estabilizado de la ruma **3 (testigo)**, con los estándares referentes de las normas NADF-020-AMBT y NCh2880, visibilizan la siguiente tendencia:

- Según la norma NADF-020-AMBT, el compost de la **ruma 3**, cumple con 6 estándares de N1-TA, 1 de N2-TB y 3 de N3-TC.
- Según la norma NCh2880, el compost de la ruma 3, cumple con 11 estándares de clase A y con 2 de clase B.
- Además, el cuadro XX, registra 6 concentraciones de parámetros (O₂, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, P, K y Ca) sin estándares referentes en las normas.
- Los valores del pH y la humedad superan el mayor estándar establecido en las normas.

En conclusión, el compost de la ruma 3, tiene **tendencia** a ser de N1-TA y de Clase A.

Conclusión final

Comparando los resultados de las calidades de los compost de las tres rumas, resulta que, considerando el contexto de todos los valores de los parámetros evaluados, el compost de la **ruma 1** es el de mejor calidad técnica porque satisface la mayor cantidad de estándares de N1-TA y clase A respectivamente; excepto, el valor excedido de su pH, que está fuera de rango. Luego, el compost de la ruma 2, con menor cumplimiento de estándares de N1-TA y clase A, y manteniendo la limitación del valor de pH elevado fuera de rango de las normas. Finalmente, **la ruma 3, que fue la testigo**, es la de menor calidad, porque también cumple la menor cantidad de estándares establecidos en las dos normas y presenta valores de pH y humedad fuera de rango.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

1. Rastreando en la materia prima del compost, a través de la especiación de metales pesados en sedimentos, se determinaron las concentraciones de los micronutrientes Cu, Mn, Zn y Fe; y de los de metales pesados tóxicos Al y Pb. No se hallaron concentraciones de ningún macronutriente.

Las concentraciones de Pb, en las tres rumas, fueron las únicas que superaron los valores máximos exigidos por la NCh2880 (800 mg/Kg), siendo la más alta en la ruma 1, con una concentración de 2235.00 mg/Kg.

2. En el proceso de compostaje, en compost se determinaron y caracterizaron plenamente las concentraciones de los macronutrientes N, Ca, P, Mg y K, de los micronutrientes Mn, Cu, Zn y Fe, y de los MPT Al, As, Cd, Cr, Hg, Ni y Pb. Los que fueron sometidos a un análisis comparativo teniendo como referentes estandarizados los valores establecidos en las dos normas. En **macronutrientes**, los valores de N y P, en las tres rumas, cumplen con el estándar de ser superiores a 0.5 mg/Kg exigidos por la NCh2880. Según la NADF-020-AMBT la suma de valores de NPK debe ser menor a 7 mg/Kg, hecho que se cumple solo en la R3, debido a que los valores de K fueron superiores al estándar mexicano en las rumas 1 y 2.

En **micronutrientes**, las concentraciones de Cu y Zn, fueron las únicas sometidas a un análisis comparativo. Así, la concentración de Cu en las rumas 1 y 3, satisfacen las mayores exigencias de las dos normas; más no la de la ruma 2 (98.91 mg/Kg) que ubica a su compost en el N2-TB según la NADF-020-AMBT y de clase A, según la NCh2880. En Zn el compost de las rumas 1, 2 y 3 (testigo), son de N2-TB y de clase B.

En **MPT**, el único sin estándar de comparación fue el Al. Los valores de las concentraciones de As, Cd (excepto en la R2, cuyo valor está fuera de rango), Cr, Hg y Ni (excepto en la R3-testigo, que es de clase B), son de N1-TA según la NADF-020-AMBT y de clase A según la NCh2880. Las concentraciones de

Pb en las tres rumas están lejos fuera de rango, siendo la más alta en la R2 (692.35 mg/Kg), en consideración a la mínima exigente 300 mg/Kg en la NCh2880, de la clase B.

En el proceso de compostaje, en lixiviados, no se hallaron macronutrientes, en micronutrientes solo se detectaron Cu y Fe (sin estándar de comparación). En MPT, se hallaron concentraciones de **As, Cd, Cr, Hg, Ni y Pb** en las tres rumas; todas ellas, referencialmente, dentro de los intervalos más exigentes de las dos normas.

3. En compost estabilizado, se determinaron las concentraciones de 16 parámetros entre metales y fisicoquímicos. Valores de CE (dS/m), materia orgánica (%), NT (%), y mg/Kg de los MPT As, Cu, Cr, Hg, Ni y Pb, están dentro de los intervalos de los estándares más exigentes de las dos normas. Los valores de pH en las tres rumas, superan los valores de los estándares de las normas NADF-020-AMBT y NCh2880, constituyéndose en alcalinos.

Por la humedad (%) el compost de las rumas 1 y 3 se clasifican como de N3-TC y de clase A. En la ruma 2, supera ligeramente el valor estándar en las dos normas. Por la relación C/N, según la NCh2880, el compost de las tres rumas, se clasifican en el intervalo de la clase A; y según la NADF-020-AMBT, el compost de la R1 en N2-TB, y de las rumas 2 y 3, en el N3-TC. Por las concentraciones de Cd, el compost de la R1, se sitúa en el N1-TA, y de las rumas 2 y 3 en el N3-TC; y según la NCh2880, las de las rumas 1 y 3 son de clase A, y de la R2 de clase B.

4. En la materia prima, se han desarrollado 12 correlaciones ajustadas, entre metales, con todos los datos de las tres rumas hallados en la materia prima (especiación de metales en sedimentos de compost estabilizado), tratadas con las mejores bondades de ajuste estadístico, tanto en la matriz de correlación como en el coeficiente de determinación de Pearson. Se han jerarquizado y clasificado los siguientes coeficientes de correlación bivariada de alta significancia estadística: 3 positivas muy altas, Mn-Al ($r=0.948$) (89.8%), Mn-Fe ($r=0.930$) (86.4%) y Pb-Al ($r=0.912$) (83.3%); 7 positivas altas, Mn-Pb ($r=0.883$) (78.0%), Pb-Fe ($r=0.859$) (73.8%), Fe-Al ($r=0.939$) (70.4%), Zn-Pb ($r=0.739$)

(54.5%), Zn-Fe ($r=0.938$) (54.4%), Cu-Mn ($r=0.717$) (51.4%) y Cu-Fe ($r=0.709$) (50.2%); y 2 positivas moderadas, Zn-Al ($r=0.656$) (43.0%) y Zn-Mn ($r=0.646$) (41.8%).

5. En el proceso de compostaje, se han desarrollado 12 correlaciones ajustadas, entre metales y variables fisicoquímicas, y metales con metales, con todos los datos de las tres rumas, tratadas con las mejores bondades de ajuste estadístico, tanto en la matriz de correlación como en el coeficiente de determinación de Pearson. Se han jerarquizado y clasificado los siguientes coeficientes de correlación bivariada de alta significancia estadística, entre metales y variables fisicoquímicas: 3 positivas moderadas, ácidos húmicos-ácidos fúlvicos ($r=0.692$) (47.8%), O_2 -Pb (0.491) (24.1%) y pH- O_2 ($r=0.405$) (16.4%); una negativa moderada, O_2 -Fe ($r=-0.419$) (17.6%); y dos positivas bajas, Pb-ácidos fúlvicos ($r=0.397$) (15.8%) y ácidos húmicos- O_2 ($r=0.342$) (11.7%).

Se han jerarquizado y clasificado los siguientes coeficientes de correlación bivariada de alta significancia estadística, entre metales: 4 positivas moderadas, Mn-Zn ($r=0.604$) (36.5%), Mn-Ni ($R=0.532$) (28.3%), Mn-Al (0.496) (24.6%) y Zn-Al ($r=0.430$) (18.5%); una positiva baja, Zn-Ni ($r=0.389$) (15.1%); y una negativa baja, Mn-Fe ($r=-0.350$) (12.3%).

La movilidad de los metales está en función de la concentración del ácido húmico; la afinidad del ácido húmico hacia los metales, decrece en el siguiente orden $Cu > Pb > Cd$, siendo más evidente con Cu y Cd. (Silva, 2010, p.1)

Cuanto más básico es el pH se incrementan los ácidos húmicos inmovilizando los MPT y contrariamente cuando el pH es más ácido se incrementan los ácidos fúlvicos facilitando su movilidad. La materia orgánica de mejor calidad, redonda en menor movilidad de los MPT.

6. En compost estabilizado (seco), no se han encontrado correlaciones estadísticamente significativas entre los metales y variables fisicoquímicas analizadas en la R1. En la R2, se han determinado 4 correlaciones, entre metales y variables fisicoquímicas, las que han sido jerarquizados y clasificados

debido a que sus coeficientes de correlación bivariada tienen alta significancia estadística, ellos, son: 2 positivas perfectas, pH-Cd ($r=1.00$) (100%) y O₂-Ni ($r=1.00$) (100%); una negativa muy alta, Pb-Cr ($r=-0.999$) (99.8%); y una positiva muy alta O₂-Cu ($r=0.997$) (99.5%). En la ruma 3 solo se registró una muestra, no siendo posible hacer el análisis de correlación entre las variables de interés. En general, todas las concentraciones de MPT aumentaron en el compost final debido a descomposición de materia orgánica.

7. La calidad del compost estabilizado en la **ruma 1**, tiene **tendencia** a ser de N1-TA y de Clase A; porque, según NADF-020-AMBT, cumple con 7 estándares de N1-TA, 2 de N2-TB y 2 de N3-TC; y según NCh2880, cumple con 12 estándares de clase A y con 3 de clase B. Además, se registraron 6 concentraciones de parámetros (O₂, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, P, K y Ca) sin estándares referentes en las normas; y el pH supera el mayor estándar establecido en las normas.

La calidad del compost estabilizado de la **ruma 2**, tiene **tendencia** a ser de N1-TA y de Clase A; porque, según NADF-020-AMBT, cumple con 6 estándares de N1-TA, 1 de N2-TB y 3 de N3-TC; y según NCh2880, cumple con 11 estándares de clase A y con 4 de clase B. Además, se registraron 6 concentraciones de parámetros (O₂, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, P, K y Ca) sin estándares referentes en las normas; y el pH supera el mayor estándar establecido en las normas.

La calidad del compost estabilizado de la **ruma 3**, tiene **tendencia** a ser de N1-TA y de Clase A; porque, según NADF-020-AMBT, cumple con 6 estándares de N1-TA, 1 de N2-TB y 3 de N3-TC; y según NCh2880, cumple con 11 estándares de clase A y con 2 de clase B. Además, se registraron 6 concentraciones de parámetros (O₂, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, P, K y Ca) sin estándares referentes en las normas; y el pH y la humedad superan el mayor estándar establecido en las normas.

Comparando los resultados de las calidades de los compost de las tres rumas, resulta que, considerando el contexto de todos los valores de los parámetros evaluados, el compost de la **ruma 1** es el de mejor calidad técnica porque

satisface la mayor cantidad de estándares de N1-TA y clase A respectivamente; excepto, el valor excedido de su pH, que está fuera de rango. Luego, el compost **de la ruma 2**, con menor cumplimiento de estándares de N1-TA y clase A, y manteniendo la limitación del valor de pH elevado fuera de rango de las normas. Finalmente, **la ruma 3, que fue la testigo**, es la de menor calidad, porque también cumple la menor cantidad de estándares establecidos en las dos normas y presenta valores de pH y humedad fuera de rango.

RECOMENDACIONES

1. Debe determinarse las concentraciones de los metales, en la materia prima biogénica, de similar manera que otros parámetros vitales, antes del compostaje, de tal manera que, sirva como línea base para los análisis comparativos posteriores.
2. Debe el Perú, desarrollar sus propios estándares de calidad de compost, que incorpore valores comparativos para materia prima, NPK y lixiviados, entre otros.
3. Debe desarrollarse investigaciones en procesos de compostaje, de las múltiples correlaciones con diversos grados de coeficientes de determinación (significancia), para conocer las causales de la asociación de los metales tanto entre ellos como con otros parámetros fisicoquímicos.
4. Debe dosificarse adecuadamente el contenido de estiércoles de animales menores como cerdos, cuyes, aves, conejo y otros, para controlar la pérdida de N en todas sus formas a través de la volatilización en forma de NH_3 , especialmente en la etapa termófila; y controlar el valor de pH en el proceso hasta la estabilización del producto final, evitando su exceso de alcalinización.
5. Debe de desarrollarse enmiendas proporcionales controlando el valor del pH, al aplicarse el compost alcalino de las tres rumas en escenarios de sustratos y suelos ácidos.

CAPÍTULO VII

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Acevedo-Sandoval, O., Ortiz-Hernández, E., Cruz-Sánchez, M. & Cruz-Chávez, E. (2004). *El papel de óxidos de hierro en suelos*. Terra Latinoamericana, 22(4), 485-497. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57311096013.pdf>
- Ashraf, M., Maah, M. & Yusoff, I. (2018). *Chemical Speciation and Potential Mobility of Heavy Metals in the Soil of Former Tin Mining Catchment*. The Scientific World Journal, 2018(1), 1-11. <https://doi.org/10.1155/2018/5780515>
- Aronniemi, M., Sainio, J. & Lahtinen, J. (2007). *XPS study on the correlation between chemical state and oxygen-sensing properties of an iron oxide thin film*. Applied Surface Science, 253(24), 9476-9482. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2007.06.007>
- Barbieri, P., Sainz H., Echeverría, H., Salvagiotti, F., Barbagelata, P., Barraco, M., Colazo, J., Ferraris, G., Sánchez, H., Cáceres, R., Reussi, N., Esposito, G., Eyherabide, M. & Larsen, B. (2015). *¿El análisis de suelo permite diagnosticar la deficiencia de zinc en el cultivo de maíz?* Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria: Informaciones agronómicas de Hispanoamérica, 19, 18-21. <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/1358>.
- Barreros, E. (2017). *Efecto de la relación carbono/nitrógeno en el tiempo de descomposición del abono de cuy (Cavia porcellus), enriquecido*. [Proyecto de investigación para obtener el grado de ingeniero agrónomo, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional de la Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25395>
- Barrios, M. & Longa, S. (2007). *Extracción secuencial de níquel, cromo y zinc en un suelo de la cuenca del lago de Valencia y su acumulación en plantas de sorgo*. Revista de la Facultad de Agronomía, 24(4), 739-762. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182007000400009

Bediako, D., Lassalle. B., Surendranath, Y., Yano, J., Yachandra, V. & Nocera D. (2012). *Structure–Activity Correlations in a Nickel–Borate Oxygen Evolution Catalyst*. *Journal of the American Chemical Society*, 134(15), 6801-6809.

<https://doi.org/10.1021/ja301018g>

Berlin, A., Berlin, M., Bidstrup, P., Boiteau, H., Cumpston, A., Dinman, B., Doig, A., Egorov, J., Elinder, C., Elkins, H., Gadaskina, I., Glrmme, J., Glover, J., Gudzovskij, G., Horiguchi, S., Hunter, D., Järup, L., Karimuddin, T., Kehoe, R., ... Zielhuis, R. (1996). Metales: Propiedades Químicas y Toxicidad.

Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo (pp. 63.1-63.75).

<https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtulo+63.+Metales+propiedades+qu%C3%ADmicas+y+toxicidad>.

Bravo, C., Sánchez, M., Antolín, J. & Sánchez, L. (Junio, 2010). *Evolución del contenido de metales pesados con lodos de depuradora y residuos sólidos urbanos* [Sesión de conferencia]. II Red Española de Compostaje, Palencia, España.

https://www.researchgate.net/publication/282605167_EVOLUCION_DEL_CONTENIDO_DE_METALES_PESADOS_EN_UN_SUELO_FERTILIZADO_CON_LODOS_DE_DEPURADORA_Y_RESIDUOS_SOLIDOS_URBANOS

Chira, J. (2010). *Especiación química secuencial de metales pesados en la cuenca del río Torres Vizcarra, Dpto. de Ancash* [Tesis para optar el grado académico de magister en Geología, con mención en minas y recursos energéticos, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Biblioteca Virtual del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, INGEMMET.

<https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/TE0133.pdf>

Cid, S. (28 de setiembre de 2014). *Los nutrientes en el compost*. Compostadores.

<https://es.slideshare.net/innovadordocente/los-nutrientes-en-el-compost>

Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica – CONCYTEC. (2006). *Plan Nacional Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Competitividad y el Desarrollo Humano PNCTI 2006-*

2021. http://portal.concytec.gob.pe/images/stories/images2012/portal/areas-institucion/pyp/plan_nac_ctei/plan_nac_ctei_2006_2021.pdf

Cooper, L. & Abi-Ghanem, R. (2017). *Los micronutrientes son la clave para mejorar la producción: En algunas ocasiones, las cosas más pequeñas pueden liberar nuestro mayor potencial*. Bio Huma Netics Inc.

<https://humagro.com/wp-content/uploads/2017/07/Los-micronutrientes-son-la-clave-para-mejorar-la-produccion-White-Paper-HG-SP.pdf>

Decreto 1713, por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos. (07 de agosto de 2002). Secretaría Jurídica Distrital de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Diario Oficial 44893.

<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=5542>

Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM, que aprueba el reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. (21 de diciembre de 2017). Normas Legales N° 1599656-6. Diario Oficial El Peruano. https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/ds_014-2017-minam.pdf

Fertilab. (2005). Ácidos húmicos y fúlvicos.

<https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/acidos-humicos-y-fulvicos.pdf>

García, E., Hernández, E., Acevedo O., Prieto, F. & Luna, H. (2014). *Cu, Fe, Mn y Zn en suelos agrícolas localizados al noroeste de Tlaxcala, México*. Revista Iberoamericana de Ciencias, 1(2), 205-2012.

<http://www.reibci.org/publicados/2014/julio/2200128.pdf>

Gobierno Regional de Ancash. (2008). *Plan de Desarrollo Regional Concertado 2008-2021 de Ancash*.

https://www.mesadeconcertacion.org.pe/sites/default/files/archivos/2015/documentos/11/2_pdrc_ancash_2008_2021.pdf

- Gómez, M. (2006). *Introducción a la Metodología de la Investigación Científica* (1ª ed.). Editorial Brujas.
https://books.google.com.pe/books?id=9UDXP4U7aMC&printsec=frontcover&dq=metodologia+de+la+investigacion+cientifica&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=metodologia%20de%20la%20investigacion%20cientifica&f=false
- González, E., Tornero, M., Ángeles, Y. & Bonilla, N. (2009). *Concentración total y especiación de metales pesados en biosólidos de origen urbano*. Revista internacional de contaminación ambiental, 25(1), 15-22.
<http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v25n1/v25n1a2.pdf>
- González, F., Escoto, M. & Chávez, J. (2017). *Estadística aplicada en Psicología y Ciencias de la salud* (1ª ed.). Editorial El Manual Moderno S.A. de C.V.
https://books.google.com.pe/books?id=c75ZDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=estadistica+general+para+la+investigacion&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKewjhpru93_TyAhW5GbkGHZ82DiYQ6AF6BAgLEAI#v=onepage&q&f=false
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ª ed.). McGRAW-HILL/Interamericana Editores, S.A.
<https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Hidalgo, R. (2012). *La exposición al aluminio y su relación con el ambiente y la salud*. Revista Tecnogestión, 9 (1), 3-11. ISSN: 1132-6344.
<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tecges/article/view/5646/7164>
- Huaraca, J., Pérez, L., Bustinza, L. & Pampa, N. (2020). *Enmiendas orgánicas en la inmovilización de cadmio en suelos agrícolas contaminados: una revisión*. Información Tecnológica, 31 (4), 139-152.
<https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v31n4/0718-0764-infotec-31-04-139.pdf>
- Hung Hsu, J. & Lien Lo, S. (2001). *Effect of composting on characterization and leaching of copper, manganese, and zinc from swine manure*. Environmental Pollution, 114(1), 119-127. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(00\)00198-6](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(00)00198-6)

- INTAGRI. (2018). *El manganeso en la nutrición vegetal*. Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura.
<https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/el-manganeso-en-la-nutricion-vegetal>
- Jiang, J., Liu, X., Huang, Y. & Huang, H. (2015). *Inoculation with nitrogen turnover bacterial agent appropriately increasing nitrogen and promoting maturity in pig manure composting*. *Waste Management*, 39, 78-85.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.02.025>
- Jorgensen, S. (1993). *Removal of heavy metals from compost and soil by ecotechnological methods*. *Ecological Engineering*, 2(2), 89-100.
[https://doi.org/10.1016/0925-8574\(93\)90032-B](https://doi.org/10.1016/0925-8574(93)90032-B)
- Juan de Dios, M. (2019). *Calidad de compost elaborado a partir de residuos sólidos orgánicos producidos en el caserío de Marona, Tingo María – región Huánuco* [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero en Conservación de Suelos y Agua, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.
<http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1522>
- Laguna, C. (2016). *Correlación y regresión lineal*. Instituto Aragonés de Ciencias de la Salud. <https://docplayer.es/21080189-Correlacion-y-regresion-lineal.html>
- Lazzari, L., Sperti, L., Bertin, P., Pavoni, B. (2000). *Correlation between inorganic (heavy metals) and organic (PCBs and PAHs) micropollutant concentrations during sewage sludge composting processes: Chemosphere*, 41, 427-435.
[https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(99\)00289-1](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(99)00289-1)
- Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos. (20 de julio del 2000).
<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/legislacion/Ley%2027314%20Ley%20General%20de%20Residuos%20S%C3%83%C2%B3lidos.pdf>

- Londoño-Franco, L., Londoño-Muñoz, P. & Muñoz, F. (2016). *Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal*. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 14(2), 145-153.
<http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>
- López, P. & Fachelli, S. (2016). Análisis de Regresión. En López, P. & Fachelli, S. (Eds.), *Metodología de la Investigación Social Cuantitativa* (pp. 6-56).
<https://ddd.uab.cat/record/163569>
- López, P. & Fachelli, S. (2017). El diseño de la muestra. En López, P. & Fachelli, S. (Eds.), *Metodología de la Investigación Social Cuantitativa* (pp. 6-56).
<https://ddd.uab.cat/record/185163>
- López, R., González, G., Vázquez, R., Olivares, E., Vidales, J., Carranza, R. & Ortega M. (2014). *Metodología para obtener ácidos húmicos y fúlvicos y su caracterización mediante espectrofotometría infrarroja*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 8, 1397-1407.
<http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v5nspe8/2007-0934-remexca-5-spe8-1397.pdf>
- Madrid, F., López, R., Cabrera, F. & Murillo, J.M. (2001). *Caracterización de los composts de residuos sólidos urbanos de la planta de Villarrasa (Huelva)*. Investigación agraria. Producción y protección vegetales, 16(1), 105-117.
<http://hdl.handle.net/10261/89340>
- Manzano, V. (1995). *Interferencia estadística aplicaciones con SPSS/PC*. RA-MA.
- Martínez, J. & Gallardo, R. (2017). *Manejando fertilidad del suelo*. INIA – Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura de Chile.
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/66838/NR41300.pdf?sequence=1>
- Méndez, J., Gonzáles, C., Román, A. & Prieto, F. (2009). *Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua*. Agroecosistemas tropicales y subtropicales, 10 (1), 29-44.
<https://www.redalyc.org/pdf/939/93911243003.pdf>

- Ministerio del Ambiente, Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos. (2019). *Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales*. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/523785/Gu%C3%ADa_para_la_caracterizaci%C3%B3n_rsm-29012020_1_.pdf
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2009). *Manual de compostaje*. https://www.miteco.gob.es/images/es/Manual%20de%20compostaje%202011%20PAGINAS%201-24_tcm30-185556.pdf
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (Noviembre de 2007a). *As (Arsénico y compuestos)*. <https://prtr-es.es/Arsenico-compuestos-760112007.html>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (Noviembre de 2007b). *Pb (Plomo y compuestos)*. <https://prtr-es.es/Plomo-compuestos-754112007.html>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (Noviembre de 2007c). *Cr (Cromo y compuestos)*. <https://prtr-es.es/Cr-Cromo-y-compuestos,15606,11,2007.html#>
- Monteiro, H., Abdalla, D., Arcuri, A. & Bechara, E. (1985). *Oxygen toxicity related to exposure to lead*. *Clinical Chemistry*, 31(10), 1673-1676. <https://doi.org/10.1093/clinchem/31.10.1673>
- Navarro, J.P., Aguilar, I. & López-Moya, J.R. (2007). *Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas*. *Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente: Ecosistemas*, 16 (2), 1-17. ISSN: 1132-6344. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54016203>
- Norma ambiental para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011, que establece los Requerimientos Mínimos para la Producción de Composta a partir de la fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos, Agrícolas, Pecuarios y Forestales, así como las especificaciones mínimas de calidad de la composta producida y/o distribuida en el Distrito Federal. (30 de noviembre de 2012).

Normas legales, NADF-020-AMBT-2011. Gaceta Oficial del Distrito Federal, 30 de noviembre de 2012.

Norma Chilena 2880, Compost – Clasificación y requisitos (29 de abril de 2004). Normas legales, NCh2880:2004. INN – Instituto Nacional de Normalización de Chile, 29 de abril de 2004.

Ondarse, D. (14 de octubre de 2021). *Níquel*. Concepto de. <https://concepto.de/niquel/>

Otzen, T. & Manterola, C. (2017). *Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio*. Int. J. M, 35 (1), 227-232. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>

Paccini, A. (2017). *Determinación de la Fitotoxicidad del Compost de la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos Municipales de Carhuaz, utilizando el Cultivo de Trigo como Indicador, Carhuaz-Ancash, 2017* [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3426>

Pineda, J., Domínguez, A., González, R. & García-Martínez, I. (2003). *Evaluación de la presencia de metales pesados en la fracción humica y fulvica de compostas* [Presentación de paper]. XII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería, Ecatepec de Morelos, Estado de México. https://smbb.mx/congresos%20smbb/morelia07/TRABAJOS/Area_II/Carteles/CII-42.pdf.

Pitarque, A. (2018). *Métodos y diseños de investigación* [Documento académico de la asignatura de Métodos y diseños de investigación]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle. <https://www.postgraduone.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/11.pdf>

Plaster, E. J. (2000). *La ciencia del suelo y su manejo*. Madrid: Ed. Paraninfo.

- Quartulli, D., Bageneta, M. & Lacobellis, S. (2019) *Universo, población y muestra*. Diegoteca. <https://diegoteca.com.ar/metodocuanti/unidad-3/>
- Resolución Ministerial N° 100-2019-MINAM, que aprueba la guía para elaborar el Plan Distrital de Manejo de Residuos Sólidos. (07 de abril de 2019). https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/306047/RM_N_100-2019.pdf
- Rivera, H., Chira, J., Campián, M. & Cornelio, F. (2008). *Análisis correlacional y evolutivo de los metales pesados en sedimentos del río Santa entre Huaraz – Carhuaz, departamento de Ancash*. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG, 11(21), 19-24. <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/Geog-25.pdf>
- Rodríguez, D. (2017). *Intoxicación ocupacional por metales pesados*. MEDISAN, 21(12), 1-14. <http://scielo.sld.cu/pdf/san/v21n12/san122112.pdf>
- Rodríguez, F. (2015) *Sustancias húmicas: Origen, caracterización y uso en la agricultura*. Intagri. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/acidos-humicos-fulvicos-nutricion-vegetal>
- Rojas, A., Vásquez, J., Romero, N., Rodríguez, M., Toribio, J. & Romero, Y. (2016). *Evaluación de compost con presencia de metales pesados en el crecimiento de Azospirillum brasilense y Glomus intraradices*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 7 (8), 2047-2054. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v7n8/2007-0934-remexca-7-08-2047.pdf>
- Román, P., Martínez, M. & Pantoja, A. (2013). *Manual del compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>
- Rosal, A., Pérez, J., Arcos, M. & Dios, M. (2007). *La Incidencia de Metales Pesados en Compost de Residuos Sólidos Urbanos y en su uso Agronómico en España*. Universidad de Córdoba: Información Tecnológica, 18(6), 75-82. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-07642007000600010&lng=es&nrm=iso

Rosas, H. (2001). Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat. En Universidad Politécnica de Cataluña, departamento de Ingeniería Minera y Recursos Naturales (Ed.), *Especiación de metales pesados en sedimentos* (pp. 235-243).

<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6978/06MetalesEnSedimentos01.pdf?sequence=40&isAllowed=y>

Servicio Agrícola Ganadero. (2013). *Agricultura orgánica nacional: Bases técnicas y situación actual*. SAG, Gobierno de Chile.

http://www.sag.cl/sites/default/files/agricultura_org_nacional_bases_tecnicas_y_situacion_actual_2013.pdf

Shareef, R., Mamat, A. & Al-Shaheen, M. (2019). *The Effect of Soil PH, High-Calcium Compost and Cadmium on Some of Growth Characters in Corn (Zea maysl)*. Journal of Pharmaceutical Sciences and Research, 4(5), 16-27.

<http://dx.doi.org/10.20431/2455-1538.0504003>

Solano, A. (2005). *Movilización de metales pesados en residuos y suelos industriales afectados por la hidrometalurgia del cinc*. Repositorio Institucional de la Universidad de Murcia.

[Digitum.um.es/digitum/handle/10201/190](http://digitum.um.es/digitum/handle/10201/190)

Suárez, H. (09 de julio de 2015). *¿Qué es una correlación?... y herramientas de análisis de datos*. INCIBE. <https://www.incibe-cert.es/blog/correlacion-herramientas-analisis-datos>

Szymanski, K., Janowska, B. & Sidelko, R. (2015). *Estimation of bioavailability of copper, lead and zinc in municipal solid waste and compost*. Asian Journal of Chemistry, 17(3), 1646-1660.

https://www.researchgate.net/publication/289275295_Estimation_of_bioavailability_of_copper_lead_and_zinc_in_municipal_solid_waste_and_compost

Tapia, Y., Eymar, E., Masaguer, A. & Andrés, G. (2006). *Cultivo de arbustos ornamentales en sustrato orgánico contaminado con Cadmo: Estudio de movilidad del metal*. VIII Jornadas de Sustratos de la SECH, Madrid.

<http://www.sech.info/ACTAS/Acta%20n%C2%BA%2047.%20VIII%20Jornadas%20de%20Sustratos/SESI%C3%93N%20VI.Otros%20t%C3%B3picos,%20Ofitorremediaci%C3%B3n%20y%20econom%C3%ADa/Cultivo%20de%20arbustos%20ornamentales%20en%20sustrato%20org%C3%A1nico%20contaminado%20con%20cadmio.%20Estudio%20de%20movilidad%20del%20metal.pdf>

Tapia, Y. (2007). *Movilidad de metales pesados en sustratos de restos de poda y biosólidos: Ensayos de fitoextracción con Rosmarinus officinalis y Atriplex halimus* [Tesis para optar al Grado Académico de Doctor, Universidad Autónoma de Madrid]. Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma de Madrid. <http://hdl.handle.net/10486/1829>

Tchobanogolus, G., Theisen, H. & Vigi, G. (1994). *Gestión integral de residuos sólidos*. Ed. McGraw-Hill.

Tirado, R. (2014). *Absorción de macro y micronutrientes en ají escabeche (Capsicum baccatum var, pendulum) bajo condiciones del Valle de Cañete* [Tesis para optar el Grado de Magister Scientiae en producción agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1145>

Tomás-Sábado, J. (2009). *Fundamentos de bioestadística y análisis de datos para enfermería* (1ª ed.). Universidad Autónoma de Barcelona. https://books.google.com.pe/books?id=MHgap8IN124C&pg=PA104&dq=que+es+el+análisis+de+correlación+de+pearson&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiWyK640_PyAhVHpJUCHRc6AHAQ6AF6BAgJEA#v=onepage&q&f=false

Tortosa, G. (16 de abril de 2018). *La importancia de la relación carbono-nitrógeno en un compost*. Compostando ciencia. <http://www.compostandociencia.com/2018/04/la-importancia-de-la-relacion-carbono-nitrogeno-en-un-compost/>

- USDA Natural Resources Conservation Service (2011). *Carbon to Nitrogen Ratios in Cropping Systems*. USDA NRCS National Technology Support Center. https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcseprd331820.pdf
- Valles, C. & Alarcón, T. (2008). *Estabilización química de suelos contaminados con metales pesados*. REDISA'2008 I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, Chihuahua, México. <http://www.redisa.net/doc/artSim2008/tratamiento/A30.pdf>
- Vargas, R. (2005). *Eliminación de metales pesados de aguas subterráneas mediante sistemas de lechos sumergidos: estudio microbiológico de las biopelículas* [Tesis doctoral, Universidad de Granada]. Repositorio Institucional de la Universidad de Granada. <https://digibug.ugr.es/handle/10481/615>
- Vázquez, E. & Rojas, T. (2016). *pH: Teoría y 232 problemas*. Universidad Autónoma Metropolitana: Departamento de Ciencias Naturales. <http://www.cua.uam.mx/pdfs/conoce/libroselec/17pHTeoriayproblemas.pdf>
- Vinuesa, P. (14 de octubre de 2016). *Correlación: Teoría y práctica*. Universidad Nacional Autónoma de México - Centro de Ciencias Genómicas. https://www.ccg.unam.mx/~vinuesa/R4biosciences/docs/Tema8_correlacion.html
- White, R. (2000). *Principles and practice of soil science. The soil science. The soils a natural resource*. Blackwell Science.
- Yang, K., Zhu, L., Zhao, Y., Wei, Z., Chen, X., Yao, C., Meng, Q. & Zhao, R. (2019). *A novel method for removing heavy metals from composting system: The combination of functional bacteria and adsorbent materials*. *Bioresource Technology*, 293, 122095. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122095>
- Yin, Y., Song, W., Gu, J., Zhang, K., Qian, X., Zhang, X., Zhang, Y., Li, Y. & Wang, X. (2016). *Effects of copper on the abundance and diversity of*

ammonia oxidizers during dairy cattle manure composting. Bioresource Technology, 221, 181-187. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.09.016>

Zheng, G., Chen, T., Gao D. & Luo, W. (2004). *Dynamic of lead speciation in sewage sludge composting*. Water Sci Technol, 50(9), 75-82. <https://doi.org/10.2166/wst.2004.0539>

ANEXOS



ANEXO A

CONCENTRACION DE MPT EN LA MATERIA PRIMA (Resultado de especiación de metales pesados) EN SEDIMENTOS DE COMPOST ESTABILIZADO

INFORME DE ENSAYO OT170078

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 2 - Muestra 03 - Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170064

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 06/Abril/2017
 Fecha de análisis : 06 - 28 de Abril/2017
 Cotización N° : CO170270

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₂ M ₃
					Fecha de muestreo ¹	06/04/2017
					Hora muestreo ¹	11:20
					Código del Laboratorio	OT170078
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC01	Conductividad (en laboratorio)	µS.cm ⁻¹	NOM21-AS-18 (*)	.....		2380.00
FQC02	pH (en laboratorio)	Unid. pH	NOM21-AS-02 (*)	.....		9.17
FQC03	Materia orgánica	mg/kg	APHA 2540 C - modificado (*)	1		52.88
FQC04	Humedad	%	Gravimétrico (*)	0.01		47.19
MC	METALES EN COMPOST					
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTC (*)	0.010		< 10.000
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.002		0.600
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.02		18.17
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbárida (*)	0.010		7.140
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	0.025		< 1.000
MC22	Níquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	0.02		20.97
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200	0.010		4.140
MZ	MADUREZ					
MZ 02	Absorción de O ₂	....	....	....		11.33
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	....	(*)	...		21.00
NUC06	Nitrógeno Total	% ms	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5		1.4
NUC 11	Fósforo	% ms	Vanadomolibdato (*)	10		0.08
NUC 12	Potasio total	% ms	Kalignost turbidimétrico (*)	0.01		3.34
NUC 13	Calcio total	% ms	APHA 3500-Ca D (*)	1		3

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 28 de Abril de 2017



Mario Leyva Collas
 Quím. Mario Leyva Collas

Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental

FCAM - UNASAM

CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.

Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO OT170077

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 2 - Muestra 02 - Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170064

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 06/Abril/2017
 Fecha de análisis : 06 - 28 de Abril/2017
 Cotización N° : CO170270

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₂ M ₂
					Fecha de muestreo ¹	06/04/2017
					Hora muestreo ¹	11:10
					Código del Laboratorio	OT170077
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC01	Conductividad (en laboratorio)	µS.cm ⁻¹	NOM21 -AS - 18 (*)	.....		1615.00
FQC02	pH (en laboratorio)	Unid. pH	NOM21 -AS - 02 (*)	.....		9.37
FQC03	Materia organica	mg/kg	APHA 2540 C - modificado (*)	1		51
FQC04	Humedad	%	Gravimétrico (*)	0.01		45.39
MC	METALES EN COMPOST					
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTc (*)	0.010		< 10.000
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cation (*)	0.002		3.680
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.02		13.28
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	0.010		0.890
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cetone de Michler (*)	0.025		< 1.000
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	0.02		3.97
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200	0.010		7.290
MZ	MADUREZ					
MZ 02	Absorción de O ₂	....	....	....		4.97
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	....	(*)	...		29.00
NUC06	Nitrógeno Total	% ms	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5		1.0
NUC 11	Fósforo	% ms	Vanadomilbdato (*)	10		0.09
NUC 12	Potasio total	% ms	Kalignost turbidimétric (*)	0.01		2.72
NUC 13	Calcio total	% ms	APHA 3500-Ca D (*)	1		3

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 28 de Abril de 2017



Quim. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO OT170076

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 2 - Muestra 01 - Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170064

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 06/Abril/2017
 Fecha de análisis : 06 - 28 de Abril/2017
 Cotización N° : CO170270

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₂ M ₁
					Fecha de muestreo ¹	06/04/2017
					Hora muestreo ¹	11:00
					Código del Laboratorio	OT170076
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC01	Conductividad (en laboratorio)	µS.cm ⁻¹	NOM21 -AS - 18 ( * )	.....		1971.00
FQC02	pH (en laboratorio)	Unid. pH	NOM21 -AS - 02 ( * )	.....		9.28
FQC03	Materia orgánica	mg/kg	APHA 2540 C - modificado (*)	1		47
FQC04	Humedad	%	Gravimétrico (*)	0.01		43.50
MC	METALES EN COMPOST					
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTc (*)	0.010		< 10.000
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.002		2.300
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.02		13.38
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	0.010		6.070
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	0.025		< 1.000
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	0.02		5.97
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200	0.010		4.820
MZ	MADUREZ					
MZ 02	Absorción de O ₂	....	....	....		5.61
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	....	( * )	...		25.00
NUC06	Nitrogeno Total	% ms	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5		1.1
NUC 11	Fósforo	% ms	Vanadomolibdato (*)	10		0.09
NUC 12	Potasio total	% ms	Kalignost turbidimétrico (*)	0.01		3.55
NUC 13	Calcio total	% ms	APHA 3500-Ca D (*)	1		4

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 28 de Abril de 2017



Quim. Mario Leyva Collas

Dirigente del Laboratorio de Calidad Ambiental

FCAM - UNASAM

CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO OT170075

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 1 - Muestra 03 - Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170064

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 06/Abril/2017
 Fecha de análisis : 06 - 28 de Abril/2017
 Cotización N° : CO170270

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₁ M ₃
					Fecha de muestreo ¹	06/04/2017
					Hora muestreo ¹	10:20
					Código del Laboratorio	OT170075
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC01	Conductividad (en laboratorio)	µS.cm ⁻¹	NOM21 -AS - 18 ( * )	.....		2390.00
FQC02	pH (en laboratorio)	Unid. pH	NOM21 -AS - 02 ( * )	.....		9.37
FQC03	Materia orgánica	mg/kg	APHA 2540 C - modificado (*)	1		50
FQC04	Humedad	%	Gravimétrico (*)	0.01		45.05
MC	METALES EN COMPOST					
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTc (*)	0.010		< 10.000
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.002		1.020
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.02		11.79
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	0.010		3.450
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	0.025		< 1.000
MC22	Níquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	0.02		4.93
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200	0.010		3.850
MZ	MADUREZ					
MZ 02	Absorción de O ₂	....	....	....		5.1
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	....	( * )	...		19.00
NUC06	Nitrógeno Total	% ms	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5		1.5
NUC 11	Fósforo	% ms	Vanadomilidato (*)	10		0.12
NUC 12	Potasio total	% ms	Kalignost turbidimétrico (*)	0.01		3.34
NUC 13	Calcio total	% ms	APHA 3500-Ca D (*)	1		3

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 28 de Abril de 2017



Quím. Mario Leyva Collas

Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental

FCAM - UNASAM

CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO OT170074

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 1 - Muestra 02 - Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170064

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 06/Abril/2017
 Fecha de análisis : 06 - 28 de Abril/2017
 Cotización N° : CO170270

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₁ M ₂
					Fecha de muestreo ¹	06/04/2017
					Hora muestreo ¹	10:10
					Código del Laboratorio	OT170074
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC01	Conductividad (en laboratorio)	µS.cm ⁻¹	NOM21 - AS - 18 ( * )	.....		1608.00
FQC02	pH (en laboratorio)	Unid. pH	NOM21 - AS - 02 ( * )	.....		9.45
FQC03	Materia orgánica	mg/kg	APHA 2540 C - modificado (*)	1		46
FQC04	Humedad	%	Gravimétrico (*)	0.01		44.29
MC	METALES EN COMPOST					
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDT (*)	0.010		< 10.000
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.002		0.200
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.02		21.75
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	0.010		1.690
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	0.025		< 1.000
MC22	Níquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	0.02		3.98
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200	0.010		5.580
MZ	MADUREZ					
MZ 02	Absorción de O ₂	....	....	....		5.65
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	....	( * )	...		17.00
NUC06	Nitrogeno Total	% ms	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5		1.5
NUC 11	Fósforo	% ms	Vanadomolibdato (*)	10		0.11
NUC 12	Potasio total	% ms	Kalignost turbidimétrico (*)	0.01		3.44
NUC 13	Calcio total	% ms	APHA 3500-Ca D (*)	1		3

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 28 de Abril de 2017



Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.

Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO OT170073

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 1 - Muestra 01 - Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170064

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 06/Abril/2017
 Fecha de análisis : 06 - 28 de Abril/2017
 Cotización N° : CO170270

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₁ M ₁
					Fecha de muestreo ¹	06/04/2017
					Hora muestreo ¹	10:00
					Código del Laboratorio	OT170073
FQC ANALISIS FISICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST						
FQC01	Conductividad (en laboratorio)	µS.cm ⁻¹	NOM21 -AS - 18 (*)	.....		1822.00
FQC02	pH (en laboratorio)	Unid. pH	NOM21 -AS - 02 (*)	.....		9.23
FQC03	Materia orgánica	mg/kg	APHA 2540 C - modificado (*)	1		44
FQC04	Humedad	%	Gravimétrico (*)	0.01		44.56
MC METALES EN COMPOST						
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTTC (*)	0.010		< 10.000
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.002		0.240
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.02		18.32
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbárida (*)	0.010		2.000
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	0.025		< 1.000
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	0.02		13.16
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200	0.010		6.970
MZ MADUREZ						
MZ 02	Absorción de O ₂	....	....	....		5.37
NUC ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST						
NUC04	Relación C / N	....	(*)	...		19.00
NUC06	Nitrógeno Total	% ms	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5		1.3
NUC 11	Fósforo	% ms	Vanadomilbato (*)	10		0.14
NUC 12	Potasio total	% ms	Kalignost turbidimétrico (*)	0.01		1.15
NUC 13	Calcio total	% ms	APHA 3500-Ca D (*)	1		5

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 28 de Abril de 2017



Mario Leyva Collas
 Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

ANEXO B

CONCENTRACION DE METALES EN COMPOST Y LIXIVIADOS



INFORME DE ENSAYO AG160752

CLIENTE	Razón Social	: ROSHY MARY FLORES ROMERO
	Dirección	: Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
	Atención	: Roshy Mary Flores Romero
MUESTRA	Producto declarado	: Agua de Lixiviado
	Matriz	: Aguas de Proceso - Agua de Lixiviación
	Procedencia	: Botadero de Residuos Sólidos de Carhuashirca, Centro Poblado de Atipayan, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC160586
MUESTREO	Responsable	: Área de Monitoreo Ambiental de la UNASAM ¹
	Referencia:	: Protocolo de Monitoreo de Agua N° RM-001
LABORATORIO	Fecha de recepción	: 17/Octubre/2016
	Fecha de análisis	: 17 de Octubre al 24 de Octubre/2016
	Cotización N°	: CO160782

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	EM - 01
					Fecha de muestreo	17/10/2016
					Hora de muestreo	10:15
					Código del Laboratorio	AG160892
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B-Versión 2012 (*)	.....		8.39
MT	METALES TOTALES					
MT01	Aluminio total	mg/l Al	Cromoazurol S (*)	0.020		0.430
MT03	Arsénico total	mg/l As	DIN - 38 405 (*)	0.010		< 0.010
MT11	Cobre total	mg/l Cu	Cuprizona (*)	0.02		0.99
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005		26.200
MT19	Manganeso total	mg/l Mn	Formaldoxina (*)	0.010		0.05
MT20	Mercurio total	mg/l Hg	Cétone de Michlor (*)	0.025		< 0.025
MT22	Níquel total	mg/l Ni	Dimetilgloxina (*)	0.02		0.02
MT24	Plomo total	mg/l Pb	PAR (*)	0.010		2.200
MT32	Zinc total	mg/l Zn	CI-PAN (*)	0.05		0.45

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ El muestreo No se encuentra dentro del alcance de la acreditación del Laboratorio de Calidad Ambiental-FCAM-UNASAM
 Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater. 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 24 de Octubre de 2016



[Firma]
 Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO AG160895

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Lixiviado
 Matriz : Lixiviado
 Procedencia : Ruma N -1 - Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160646

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 05/Diciembre/2016
 Fecha de análisis : 05 de Diciembre al 13 de Diciembre/2016
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R _i / M _i / S _i
					Fecha de muestreo	04/12/2016
					Hora de muestreo	09:30
					Código del Laboratorio	AG161035
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B.-Versión 2012 (*)	.....		8.00
SM14	Conductividad (en campo)	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B.-Versión 2012 (*)	.....		7.33
MT	METALES TOTALES					
MT01	Aluminio total	mg/l Al	Cromoazurol S (*)	0.020		0.220
MT03	Arsénico total	mg/l As	DIN - 38 405 (*)	0.010		< 0.010
MT08	Cadmio total	mg/l Cd	Derivé de cadion (*)	0.002		0.081
MT11	Cobre total	mg/l Cu	Cuprizona (*)	0.02		0.02
MT12	Cromo total	mg/l Cr	Difenilcarbazida (*)	0.010		0.161
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005		0.440
MT19	Manganeso total	mg/l Mn	Formaldoxina (*)	0.010		0.048
MT20	Mercurio total	mg/l Hg	Cétone de Michler (*)	< 0.001		< 0.001
MT22	Niquel total	mg/l Ni	Dimetilgloxina (*)	0.02		0.04
MT24	Plomo total	mg/l Pb	PAR (*)	0.010		1.330
MT32	Zinc total	mg/l Zn	CI-PAN (*)	0.05		0.31

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

† Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater. 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 13 de Diciembre de 2016



Rosmary Flores
 Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO OT160279

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma 1 - Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160300

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 05/Diciembre/2016
 Fecha de análisis : 05 - 26 de Diciembre/2016
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R _i / M _i / S _i
					Fecha de muestreo ¹	04/12/2016
					Hora muestreo ¹	09:28
					Código del Laboratorio	OT160392
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B.-Versión 2012 (*)	.....		9.43
SM14	Conductividad (en campo)	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B -Versión 2012 (*)	.....		2260
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		392.93
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTC (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadlon (*)	0.40		3.49
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 0.50
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		8.84
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		254.42
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		19.15
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		< 10.00
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		397.84
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	CI-PAN (*)	50.00		216.11

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 26 de Diciembre de 2016



Mario Leyva Collas
 Quim. Mario Leyva Collas

Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental

FCAM - UNASAM

CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.

Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO OT160296

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 3 - Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160312

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 12/Diciembre/2016
 Fecha de análisis : 12 - 31 de Diciembre/2016
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₃ / M ₁ / S ₁
					Fecha de muestreo ¹	10/12/2016
					Hora muestreo ¹	10:00
					Código del Laboratorio	OT160409
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H* B.-Versión 2012 (*)	.....		9.26
SM14	Conductividad (en campo)	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B.-Versión 2012 (*)	.....		2440
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		229.04
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTc (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.40		15.11
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		53.61
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		< 4.00
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		239.28
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		25.34
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		< 10.00
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		339.18
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	50.00		155.94

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 31 de Diciembre de 2016



Mario Leyva Collas
 Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO OT160297

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 1 - Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160313

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 12/Diciembre/2016
 Fecha de análisis : 12 - 31 de Diciembre/2016
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₁ / M ₁ / S ₂
					Fecha de muestreo ¹	11/12/2016
					Hora muestreo ¹	10:30
					Código del Laboratorio	OT160410
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H* B-Versión 2012 (*)	.....		9.30
SM14	Conductividad (en campo)	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B -Versión 2012 (*)	.....		1703
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		488.39
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTC (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadlon (*)	0.40		4.45
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 0.50
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		8.22
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		224.37
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		7.74
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Níquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		19.34
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		437.14
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	50.00		178.92

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 31 de Diciembre de 2016



Quím. Mario Leyva Collas

Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental

FCAM - UNASAM

CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.

Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de percibibilidad.

INFORME DE ENSAYO OT160308

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 3 - Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160326

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 19/Diciembre/2016
 Fecha de análisis : 19 de Diciembre - 06 de Enero/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₃ / M ₁ / S ₂
					Fecha de muestreo ¹	17/12/2016
					Hora muestreo ¹	10:00
					Código del Laboratorio	OT160423
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B-Versión 2012 (*)	.....		9.60
SM14	Conductividad (en campo)	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B -Versión 2012 (*)	.....		1168
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		5.0
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		5.5
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		31.34
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		229.07
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTC (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.40		15.12
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		53.65
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		< 4.00
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		238.14
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		25.34
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		< 10.00
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		339.11
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	CI-PAN (*)	50.00		156.00

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012



Mario Leyva Collas
 Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Huaraz, 06 de Enero de 2017

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de percibibilidad.

INFORME DE ENSAYO OT160306

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 1 - Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160324

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 14/Diciembre/2016
 Fecha de análisis : 14 de Diciembre - 04 de Enero/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₁ / M ₁ / S3
					Fecha de muestreo ¹	18/12/2016
					Hora muestreo ¹	08:47
					Código del Laboratorio	OT160421
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H* B.-Versión 2012 (*)	.....		9.65
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		4.9
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		5.5
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		27.89
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		392.81
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTc (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cation (*)	0.40		3.48
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 0.50
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		8.85
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		255.11
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		19.20
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cetono de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		< 10.00
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		398.01
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	CI-PAN (*)	50.00		216.15

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 04 de Enero de 2017



Quim. Mario Leyva Collas

Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental

FCAM - UNASAM

CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO OT160310

CLIENTE	Razón Social	: ROSHY MARY FLORES ROMERO
	Dirección	: Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
	Atención	: Roshy Mary Flores Romero
MUESTRA	Producto declarado	: Compost
	Matriz	: Compost
	Procedencia	: Ruma N° 2 - Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC160328
MUESTREO	Responsable	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	Fecha de recepción	: 21/Diciembre/2016
	Fecha de análisis	: 21 de Diciembre - 09 de Enero/2017
	Cotización N°	: CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₂ / M ₁ / S ₃
						21/12/2016
						11:50
						OT160425
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B.-Versión 2012 (*)	.....		9.67
SM14	Conductividad (en campo)	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B -Versión 2012 (*)	.....		1916
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS -MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Acidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		4.13
FQC09	Acidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		4.32
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		25.01
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurof S (*)	2.00		885.77
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTC (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cation (*)	0.40		< 0.40
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 0.50
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		2.94
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		471.13
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		67.89
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		23.30
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		454.68
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	50.00		297.31

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 09 de Enero de 2017



Mario Leyva Collas
Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO AG160947

CLIENTE	Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz Atención : Roshy Mary Flores Romero
MUESTRA	Producto declarado : Lixiviado Matriz : Lixiviado Procedencia : Ruma N° - 1 - Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160686
MUESTREO	Responsable : Muestra proporcionada por el cliente Referencia : No indica
LABORATORIO	Fecha de recepción : 27/Diciembre/2016 Fecha de análisis : 27 de Diciembre al 03 de Enero/2017 Cotización N° : CO160894

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₁ / M ₁ / S ₄
					Fecha de muestreo ¹	22/12/2016
					Hora de muestreo ¹	10:00
					Código del Laboratorio	AG161096
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B.-Versión 2012 (*)	.....		8.59
SM14	Conductividad (en campo)	uS.cm ⁻¹	APHA 2510 B.-Versión 2012 (*)	.....		16.69
MT	METALES TOTALES					
MT01	Aluminio total	mg/l Al	Cromoazurol S (*)	0.020		0.340
MT03	Arsénico total	mg/l As	DIN - 38 405 (*)	0.010		< 0.010
MT08	Cadmio total	mg/l Cd	Derivé de cadlon (*)	0.002		0.304
MT11	Cobre total	mg/l Cu	Cuprizona (*)	0.02		1.14
MT12	Cromo total	mg/l Cr	Difenilcarbáida (*)	0.010		0.354
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005		13.400
MT19	Manganeso total	mg/l Mn	Formaldoxina (*)	0.010		8.710
MT20	Mercurio total	mg/l Hg	Cétone de Michler (*)	0.001		< 0.001
MT22	Niquel total	mg/l Ni	Dimetilgloxina (*)	0.02		0.09
MT24	Plomo total	mg/l Pb	PAR (*)	0.010		348.000
MT32	Zinc total	mg/l Zn	CI-PAN (*)	0.05		0.33

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA
¹ Datos proporcionados por el cliente
 Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 03 de Enero de 2017




 Quim. María Leyra Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO OT160326

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 3 - Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160336

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 26/Diciembre/2016
 Fecha de análisis : 26 Diciembre - 16 de Enero/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R _S / M ₁ / S ₃
					Fecha de muestreo ¹	24/12/2016
					Hora muestreo ¹	10:00
					Código del Laboratorio	OT160441
SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO						
SM						9.48
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B.-Versión 2012 (*)	.....		2.02
SM14	Conductividad (en campo)	uS.cm ⁻¹	APHA 2510 B.-Versión 2012 (*)	.....	
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST						
FQC						4.8
FQC07	Ácidos Húmicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		4.9
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		
ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST						
NUC						28.94
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		
METALES EN COMPOST						
MC						5312.21
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		< 10.00
MC03	Arsénico total	mg / Kg As	Plata - DDTC (*)	10.00		< 0.40
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.40		< 0.50
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 4.00
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		461.32
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		40.07
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		< 1.00
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		27.96
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		331.75
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		521.90
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	CI-PAN (*)	50.00		

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 16 de Enero de 2017



Mario Leyvá Collas
 Quím. Mario Leyvá Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dírimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO AG160952

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Lixiviado
 Matriz : Lixiviado
 Procedencia : Ruma N° - 2 - Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160687

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 27/Diciembre/2016
 Fecha de análisis : 27 de Diciembre al 03 de Enero/2017
 Cotización N° : CO160894

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₂ / M ₁ / S ₄
					Fecha de muestreo	24/12/2016
					Hora de muestreo	10:10
					Código del Laboratorio	AG161097
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B-Versión 2012 (*)	.....		8.58
SM14	Conductividad (en campo)	uS.cm ⁻¹	APHA 2510 B -Versión 2012 (*)	.....		8.46
MT	METALES TOTALES					
MT01	Aluminio total	mg/l Al	Cromoazurol S (*)	0.020		0.051
MT03	Arsénico total	mg/l As	DIN - 38 405 (*)	0.010		< 0.010
MT08	Cadmio total	mg/l Cd	Derivó de cadion (*)	0.002		0.110
MT11	Cobre total	mg/l Cu	Cuprizona (*)	0.02		5.37
MT12	Cromo total	mg/l Cr	Difenilcarbazida (*)	0.010		0.385
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005		15.800
MT19	Manganeso total	mg/l Mn	Formaldoxina (*)	0.010		0.086
MT20	Mercurio total	mg/l Hg	Cétone de Michler (*)	0.001		< 0.001
MT22	Niquel total	mg/l Ni	Dimetilgloxina (*)	0.02		0.08
MT24	Plomo total	mg/l Pb	PAR (*)	0.010		1.540
MT32	Zinc total	mg/l Zn	CI-PAN (*)	0.05		0.70

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

† Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 03 de Enero de 2017



Mario Leyva Collas
 Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO OT160327

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 1 - Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160337

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 26/Diciembre/2016
 Fecha de análisis : 26 de Diciembre - 16 de Enero/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₁ / M ₁ / S ₁
					Fecha de muestreo ¹	25/12/2016
					Hora muestreo ¹	10:00
					Código del Laboratorio	OT160442
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B - Versión 2012 (*)			8.58
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		5.6
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		5.0
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		25.27
NUC06	Nitrógeno Total	mg/Kg N	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5		13750.6
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		653.02
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTC (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cation (*)	0.40		2.41
MC09	Calcio total	mg/Kg Ca	APHA 3500-Ca D (*)	2.50		95712.42
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 0.50
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		< 4.00
MC15	Fósforo	mg/Kg P	Vanadomolibdato (*)	10.00		15718.35
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		471.73
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		44.83
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Níquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		29.24
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		385.51
MC25	Potasio total	mg/kg K	Kalignost turbidimétric (*)	1500.00		20999.01
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	CI-PAN (*)	50.00		623.78

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 16 de Enero de 2017



Mario Leyva Collas
 Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO AG160953

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero
MUESTRA Producto declarado : Lixiviado
 Matriz : Lixiviado
 Procedencia : Ruma N° - 2 - Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160688
MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica
LABORATORIO Fecha de recepción : 27/Diciembre/2016
 Fecha de análisis : 27 de Diciembre al 03 de Enero/2017
 Cotización N° : CO160894

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₂ / M ₂ / S ₄
					Fecha de muestreo ¹	25/12/2016
					Hora de muestreo ¹	10:05
					Código del Laboratorio	AG161098
SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO						
SM						8.63
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B.-Versión 2012 (*)	.....		20
SM14	Conductividad (en campo)	uS.cm ⁻¹	APHA 2510 B.-Versión 2012 (*)	.....	
METALES TOTALES						
MT01	Aluminio total	mg/l Al	Cromoazurol S (*)	0.020		0.171
MT03	Arsénico total	mg/l As	DIN - 38 405 (*)	0.010		< 0.010
MT08	Cadmio total	mg/l Cd	Derivó de cadion (*)	0.002		0.049
MT11	Cobre total	mg/l Cu	Cuprizona (*)	0.02		3.15
MT12	Cromo total	mg/l Cr	Difenilcarbaxida (*)	0.010		0.780
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005		4.250
MT19	Manganeso total	mg/l Mn	Formaldoxina (*)	0.010		0.173
MT20	Mercurio total	mg/l Hg	Cétone de Michler (*)	0.001		< 0.001
MT22	Niquel total	mg/l Ni	Dimotilgloxina (*)	0.02		0.08
MT24	Plomo total	mg/l Pb	PAR (*)	0.010		154.000
MT32	Zinc total	mg/l Zn	Cl-PAN (*)	0.05		0.37

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 03 de Enero de 2017




 Quim. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO OT160328

CLIENTE	Razón Social	: ROSHY MARY FLORES ROMERO
	Dirección	: Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicupampa - Huaraz
	Atención	: Roshy Mary Flores Romero
MUESTRA	Producto declarado	: Compost
	Matriz	: Compost
	Procedencia	: Ruma N° 2 - Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC160338
MUESTREO	Responsable	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	Fecha de recepción	: 28/Diciembre/2016
	Fecha de análisis	: 28 de Diciembre - 18 de Enero/2017
	Cotización N°	: CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₂ / M ₁ / S ₄
					Fecha de muestreo ¹	28/12/2016
					Hora muestreo ¹	10:00
					Código del Laboratorio	OT160443
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H* B.-Versión 2012 (*)	.....		9.46
SM14	Conductividad (en campo)	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B.-Versión 2012 (*)	.....		2830
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS -MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		6.8
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		5.1
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		22.62
NUC06	Nitrógeno Total	mg/Kg N	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5		13458.7
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		5994.00
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTc (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadlon (*)	0.40		< 0.40
MC09	Calcio total	mg/Kg Ca	APHA 3500-Ca D (*)	2.50		93522.81
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 0.50
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbárida (*)	4.00		< 4.00
MC15	Fósforo	mg/Kg P	Vanadomolibdato (*)	10.00		16691.44
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		491.51
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldioxina (*)	10.00		54.94
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Céto-ne de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		19.98
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		351.29
MC25	Potasio total	mg/kg K	Kalngnost turbidimétric (*)	1500.00		21243.51
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	50.00		519.48

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 18 de Enero de 2017



Mario Leyva Collas
Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO AG160960

CLIENTE	Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz Atención : Roshy Mary Flores Romero
MUESTRA	Producto declarado : Lixiviado Matriz : Lixiviado Procedencia : Ruma N° - 2 - Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash Ref./Condición : Cadena de Custodia CC160694
MUESTREO	Responsable : Muestra proporcionada por el cliente Referencia : No indica
LABORATORIO	Fecha de recepción : 29/Diciembre/2016 Fecha de análisis : 29 de Diciembre al 05 de Enero/2017 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₂ / M ₁ / S ₅
					Fecha de muestreo ¹	28/12/2016
					Hora de muestreo ¹	09:50
					Código del Laboratorio	AG161105
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B-Versión 2012 (*)	.....		9.00
SM14	Conductividad (en campo)	uS.cm ⁻¹	APHA 2510 B-Versión 2012 (*)	.....		10.93
MT	METALES TOTALES					
MT01	Aluminio total	mg/l Al	Cromoazurol S (*)	0.020		0.310
MT03	Arsénico total	mg/l As	DIN - 38 405 (*)	0.010		< 0.010
MT08	Cadmio total	mg/l Cd	Derivé de cadion (*)	0.002		0.176
MT11	Cobre total	mg/l Cu	Cuprizona (*)	0.02		5.10
MT12	Cromo total	mg/l Cr	Difenilcarbazida (*)	0.010		0.254
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005		3.750
MT19	Manganeso total	mg/l Mn	Formaldoxina (*)	0.010		0.070
MT20	Mercurio total	mg/l Hg	Cétone de Michler (*)	0.001		< 0.001
MT22	Niquel total	mg/l Ni	Dimetilgloxina (*)	0.02		0.30
MT24	Plomo total	mg/l Pb	PAR (*)	0.010		2.070
MT32	Zinc total	mg/l Zn	CI-PAN (*)	0.05		0.09

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 05 de Enero de 2017



Mario Leyva Collas
Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO OT170001

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicropampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 3, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170001

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 02/Enero/2017
 Fecha de análisis : 02 - 20 de Enero/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₂ /M ₁ /S ₄
					Fecha de muestreo ¹	31/12/2016
					Hora muestreo ¹	09:05
					Código del Laboratorio	OT170001
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H* B - Versión 2012 (*)			9.13
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Húmicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		5.6
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		4.7
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		25.85
NUC06	Nitrógeno Total	mg/Kg N	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5		13191.5
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		1023.62
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTC (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.40		< 0.40
MC09	Calcio total	mg/Kg Ca	APHA 3500-Ca D (*)	2.50		127952.76
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 0.50
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		< 4.00
MC15	Fósforo	mg/Kg P	Vanadomolibdato	10.00		7677.16
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		376.97
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		< 10.00
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cetone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		29.53
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		321.13
MC25	Potasio total	mg/Kg K	Kalignost turbidimétric (*)	1500.00		7578.74
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	CI-PAN (*)	50.00		462.60

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 20 de Enero de 2017



Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO OT170003

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 1, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170003

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 02/Enero/2017
 Fecha de análisis : 02 - 12 de Enero/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₁ /M ₁ /S ₂
					Fecha de muestreo ¹	01/01/2017
					Hora muestreo ¹	09:10
					Código del Laboratorio	OT170003
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B.-Versión 2012 (*)	.....		9.27
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Acidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		7.1
FQC09	Acidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		4.9
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		24.98

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 12 de Enero de 2017



Mario Leyva Collas
 Quím. Mario Leyva Collas

Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO OT170005

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 2, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170005

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 04/Enero/2017
 Fecha de análisis : 04 - 14 de Enero/2017
 Cotización N° : CO160893

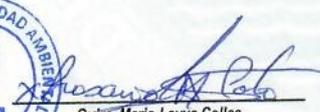
CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₂ / M ₁ / S ₅
					Fecha de muestreo ¹	04/01/2017
					Hora muestreo ¹	08:42
					Código del Laboratorio	OT170005
SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO						
SM						9.80
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B-Versión 2012 (*)	.....	
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST						
FQC						
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		6.2
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		4.7
ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST						
NUC						
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		20.02
METALES EN COMPOST						
MC						
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		999.00
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTc (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.40		< 0.40
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		41.32
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		< 4.00
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		426.57
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		39.96
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		< 10.00
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		348.23
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	CI-PAN (*)	50.00		439.56

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 14 de Enero de 2017



Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO OT170009

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 3, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170009

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 09/Enero/2017
 Fecha de análisis : 09 - 27 de Enero/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R _s /M ₂ /S ₅
					Fecha de muestreo ¹	07/01/2017
					Hora muestreo ¹	10:00
					Código del Laboratorio	OT170009
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H* B -Versión 2012 (*)	.....		9.17
SM14	Conductividad	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B -Versión 2012 (*)	.....		1548
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS -MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		5.0
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		4.6
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		22.76
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		1011.32
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTC (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.40		< 0.40
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		45.43
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		< 4.00
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		555.12
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		39.05
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Níquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		< 10.00
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		310.11
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	CI-PAN (*)	50.00		528.44

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 27 de Enero de 2017



Roshy Mary Flores Romero
 Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO OT170008

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 1, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170008

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 09/Enero/2017
 Fecha de análisis : 09 - 27 de Enero/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R _i / M ₁ / S ₂
					Fecha de muestreo ¹	08/01/2017
					Hora muestreo ¹	09:32
					Código del Laboratorio	OT170008
SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO						
SM						9.12
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B - Versión 2012 (*)	.....		1824
SM14	Conductividad	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B - Versión 2012 (*)	.....	
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST						
FQC						5.8
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		4.7
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		
ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST						
NUC						24.27
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		13791.3
NUC06	Nitrógeno Total	mg/Kg N	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5		
METALES EN COMPOST						
MC						1076.77
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		< 10.00
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTc (*)	10.00		18.54
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.40		96709.87
MC09	Calcio total	mg/Kg Ca	APHA 3500-Ca D (*)	2.50		31.25
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 4.00
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		14257.23
MC15	Fósforo	mg/Kg P	Vanadomolibdato	10.00		501.49
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		25.92
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		< 1.00
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		< 10.00
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		231.57
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		20937.19
MC25	Potasio total	mg/Kg K	Kalignost turbidimétric (*)	1500.00		568.29
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	CI-PAN (*)	50.00		

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 27 de Enero de 2017



Quím. Mario Leyva Collas

Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental

FCAM - UNASAM

CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO OT170010

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 2, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170010

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 11/Enero/2017
 Fecha de análisis : 11- 31 de Enero/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R _d / M _i / S _c
					Fecha de muestreo ¹	11/01/2017
					Hora muestreo ¹	10:00
					Código del Laboratorio	OT170010
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B - Versión 2012 (*)	.....		9.53
SM14	Conductividad	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B - Versión 2012 (*)	.....		1741
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		6.4
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		4.4
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		16.56
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazuro S (*)	2.00		1101.28
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTc (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derive de cation (*)	0.40		< 0.40
MC09	Calcio total	mg/Kg Ca	APHA 3500-Ca D (*)	2.50		85545.72
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		78.66
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		< 4.00
MC15	Fósforo	mg/Kg P	Vanadomolibdato	10.00		6735.50
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		404.13
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		53.23
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Níquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		29.50
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		433.63
MC25	Potasio total	mg/Kg K	Kalignost turbidimétrico (*)	1500.00		51622.42
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	50.00		294.98

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 31 de Enero de 2017



Quim. Mario Leyva Collas

Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental

FCAM - UNASAM

CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO OT170011

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 3, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170010

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 16/Enero/2017
 Fecha de análisis : 16- 03 de Febrero/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₃ / M ₁ / S ₈
					Fecha de muestreo ¹	14/01/2017
					Hora muestreo ¹	09:10
					Código del Laboratorio	OT170011
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B-Versión 2012 (*)			9.42
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS -MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Acidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		5.1
FQC09	Acidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		5.2
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		20.57
NUC06	Nitrógeno Total	mg/Kg N	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5		11453.6
MC	METALES EN COMPOST					
MC09	Calcio total	mg/Kg Ca	APHA 3500-Ca D (*)	2.50		71428.57
MC15	Fósforo	mg/Kg P	Vanadomolibdato (*)	10.00		583.99
MC25	Potasio total	mg/Kg K	Kalignost turbidimétric (*)	1500.00		32496.07

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 03 de Febrero de 2017



Mario Leyva Collas
 Quím. Mario Leyva Collas

Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental

FCAM - UNASAM

CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.

Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO OT170012

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 1, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170012

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 16/Enero/2017
 Fecha de análisis : 16 - 03 de Febrero/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R _i / M _i / S _y
					Fecha de muestreo ¹	15/01/2017
					Hora muestreo ¹	09:20
					Código del Laboratorio	OT170012
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B-Versión 2012 (*)	.....		9.37
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		5.7
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		4.5
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Korpeloff, nitrospectral (*)	0.01		22.33
NUC06	Nitrógeno Total	mg/Kg N	Digestión Korpeloff, nitrospectral (*)	0.5		10974.1
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		775.35
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTc (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.40		18.59
MC09	Calcio total	mg/Kg Ca	APHA 3500-Ca D (*)	2.50		95427.43
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 0.50
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		< 4.00
MC15	Fósforo	mg/Kg P	Vanadomolibdato	10.00		795.23
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		445.33
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		59.97
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		49.70
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		673.96
MC25	Potasio total	mg/Kg K	Kalignost turbidimétric (*)	1500.00		55566.60
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	CI-PAN (*)	50.00		288.27

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 03 de Febrero de 2017



Mario Leyva Collas
 Quím. Mario Leyva Collas

Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental

FCAM - UNASAM

CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO OT170014

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 2, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170014

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 18/Enero/2017
 Fecha de análisis : 18 - 27 de Febrero/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R _d / M _i / S ₇
					Fecha de muestreo ¹	18/01/2017
					Hora muestreo ¹	10:30
					Código del Laboratorio	OT170014
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B - Versión 2012 (*)	.....		9.42
SM14	Conductividad	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B - Versión 2012 (*)	.....		1870
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		7.3
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		4.9
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		16.42
NUC06	Nitrógeno Total	mg/Kg N	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5		13736.6
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		1329.60
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTG (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.40		< 0.40
MC09	Calcio total	mg/Kg Ca	APHA 3500-Ca D (*)	2.50		76976.91
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		59.98
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		< 4.00
MC15	Fósforo	mg/Kg P	Vanadomolibdato	10.00		7497.75
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		430.87
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		48.23
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		< 10.00
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		603.82
MC25	Potasio total	mg/Kg K	Kalignost turbidimétric (*)	1500.00		32290.31
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	50.00		289.91

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 27 de Febrero de 2017



Mario Leyva Collas
 Quim. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.

Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO OT170021

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 3, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170017

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 23/Enero/2017
 Fecha de análisis : 23 - 10 de Febrero/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R _i / M _i / S _r
					Fecha de muestreo ¹	21/01/2017
					Hora muestreo ¹	09:30
					Código del Laboratorio	OT170021
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H* B.-Versión 2012 (*)	.....		9.17
SM16	Temperatura (en campo)	°C	APHA 2550 B (*)	.....		30.77
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Acidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		5.2
FQC09	Acidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		5.2
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		18.18
NUC06	Nitrógeno Total	mg/Kg N	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5		13987.9
MC	METALES EN COMPOST					
MC09	Calcio total	mg/Kg Ca	APHA 3500-Ca D (*)	2.50		82669.32
MC15	Fósforo	mg/Kg P	Vanadomolibdato (*)	10.00		7539.84
MC25	Potasio total	mg/Kg K	Kalignost turbidimétrico (*)	1500.00		46713.15

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 10 de Febrero de 2017



Mario Leyva Collas
 Quím. Mario Leyva Collas

Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental

FCAM - UNASAM

CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO OT170022

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 1, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170018

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 23/Enero/2017
 Fecha de análisis : 23 - 10 de Febrero/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R _i / M _i / S _g
					Fecha de muestreo ¹	22/01/2017
					Hora muestreo ¹	09:10
					Código del Laboratorio	OT170022
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ -B - Versión 2012 (*)			8.89
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Acidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		6.2
FQC09	Acidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		4.5
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		18.59
NUC06	Nitrógeno Total	mg/Kg N	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5		14090.9
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromazurol S (*)	2.00		6243.81
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTc (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.40		44.90
MC09	Calcio total	mg/Kg Ca	APHA 3500-Ca D (*)	2.50		92170.47
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		118.93
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		< 4.00
MC15	Fósforo	mg/Kg P	Vanadomolibdato	10.00		7839.44
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		426.16
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		32.45
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cetone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		19.82
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		388.50
MC25	Potasio total	mg/Kg K	Kalignost turbidimétric (*)	1500.00		45094.15
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	CI-PAN (*)	50.00		356.79

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 10 de Febrero de 2017



Quim. Mario Leyva Collas

Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental

FCAM - UNASAM

CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO OT170023

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucias N° 217 Nicupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma 2 Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170019

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 26/Enero/2017
 Fecha de análisis : 26 - 15 de Febrero/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R _p /M ₁ /S ₈
					Fecha de muestreo ¹	25/01/2017
					Hora muestreo ¹	10:45
					Código del Laboratorio	OT170023
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B - Versión 2012 (*)	.....		9.70
SM14	Conductividad	uS.cm ⁻¹	APHA 2510 B - Versión 2012 (*)	.....		1349
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		6.5
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		5.1
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		21.5
NUC06	Nitrógeno Total	mg/Kg N	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5		11616.0
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazuro S (*)	2.00		860.53
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTC (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.40		29.28
MC09	Calcio total	mg/Kg Ca	APHA 3500-Ca D (*)	2.50		86053.41
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		98.91
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		< 4.00
MC15	Fósforo	mg/Kg P	Vanadomolibdato	10.00		6330.36
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		401.58
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		46.71
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétohe de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		< 10.00
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		378.83
MC25	Potasio total	mg/Kg K	Kalignot turbidimétric (*)	1500.00		42433.23
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	50.00		286.84

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 15 de Febrero de 2017



Mario Leyva Collas
 Quim. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO OT170025

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucslas N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 3, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170021

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 30/Enero/2017
 Fecha de análisis : 30 - 16 de Febrero/2017
 Cotización N° : CO160893

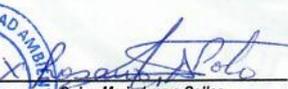
CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R _v /M _i /S _e
					Fecha de muestreo ¹	28/01/2017
					Hora muestreo ¹	09:10
					Código del Laboratorio	OT170025
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B.-Versión 2012 (*)	.....		9.46
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		5.7
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		5.2
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff. nitrospectral (*)	0.01		15.97
NUC06	Nitrógeno Total	mg/Kg N	Digestión Koroleff. nitrospectral (*)	0.5		18979.3
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		410.00
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTc (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derive de cadion (*)	0.40		12.00
MC09	Calcio total	mg/Kg Ca	APHA 3500-Ca D (*)	2.50		84000.00
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		60.00
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		< 4.00
MC15	Fósforo	mg/Kg P	Vanadomolibdato	10.00		4690.00
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		375.00
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		44.00
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgioxina (*)	10.00		50.00
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		495.00
MC25	Potasio total	mg/Kg K	Kalignost turbidimétrica (*)	1500.00		33300.00
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	50.00		290.00

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 16 de Febrero de 2017



Quim. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO OT170030

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 3, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170026

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 06/Febrero/2017
 Fecha de análisis : 06 - 24 de Febrero/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₃ /M ₁ /S ₀
					Fecha de muestreo ¹	04/02/2017
					Hora muestreo ¹	09:15
					Código del Laboratorio	OT170030
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H* B - Versión 2012 (*)			9.56
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		6.0
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		5.8
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		14.12
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazuro S (*)	2.00		18000.00
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTc (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.40		34.90
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 0.50
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbávida (*)	4.00		< 4.00
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		129.00
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		105.00
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		230.00
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		216.00
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	CI-PAN (*)	50.00		540.00

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 24 de Febrero de 2017

Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.

Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de percibibilidad.

INFORME DE ENSAYO OT170031

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 1, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170027

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 06/Febrero/2017
 Fecha de análisis : 06 - 24 de Febrero/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₁ / M ₁ / S ₁₀
					05/02/2017	09:13
					Código del Laboratorio OT170031	
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H* B.-Versión 2012 (*)	.....	9.66	
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1	7.2	
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1	4.4	
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01	14.05	
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00	2295.41	
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTC (*)	10.00	< 10.00	
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.40	54.29	
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50	< 0.50	
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00	< 4.00	
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00	74.85	
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00	144.71	
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00	< 1.00	
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00	179.64	
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00	647.70	
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	50.00	708.58	

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 24 de Febrero de 2017



Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.

Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO OT170032

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170028

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 09/Febrero/2017
 Fecha de análisis : 09 - 01 de Marzo/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₂ / M ₁ / S ₁₀
					Fecha de muestreo ¹	08/02/2017
					Hora muestreo ¹	10:00
					Código del Laboratorio	OT170032
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B-Versión 2012 (*)	.....		10.08
SM14	Conductividad	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B-Versión 2012 (*)	.....		1482
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		7.3
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		3.2
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		11.03
NUC06	Nitrógeno Total	mg/Kg N	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5		22475.1
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		3762.38
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTC (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.40		38.32
MC09	Calcio total	mg/Kg Ca	APHA 3500-Ca D (*)	2.50		178217.82
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 0.50
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		< 4.00
MC15	Fósforo	mg/Kg P	Vanadomolibdato	10.00		152.48
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		100.99
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		135.64
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cetone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		178.22
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		624.75
MC25	Potasio total	mg/Kg K	Kalignost turbidimétrico (*)	1500.00		52970.30
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	CH-PAN (*)	50.00		623.76

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 01 de Marzo de 2017



Quim. Mario Leyvá Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental

FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.

Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO OT170034

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 3, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170030

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 13/Febrero/2017
 Fecha de análisis : 13 - 03 de Marzo/2017
 Cotización N° : CO160893

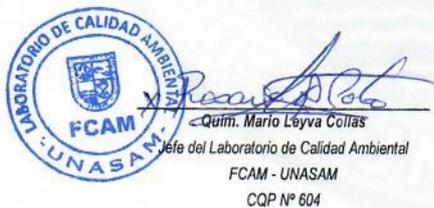
CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R _y / M _i / S ₁₀
					Fecha de muestreo ¹	11/02/2017
					Hora muestreo ¹	10:30
					Código del Laboratorio	OT170034
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B - Versión 2012 (*)	.....		9.10
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		5.8
FQC09	Ácidos Fúlvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		5.2
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		16.21
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazuro S (*)	2.00		7699.90
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTc (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.40		60.22
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 0.50
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		14.81
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		127.34
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		130.31
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		157.95
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		370.19
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	CI-PAN (*)	50.00		937.81

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 03 de Marzo de 2017



Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO OT170035

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 1, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170031

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 13/Febrero/2017
 Fecha de análisis : 13 - 03 de Marzo/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R _i / M _i / S ₁₅
					Fecha de muestreo ¹	12/02/2017
					Hora muestreo ¹	10:30
					Código del Laboratorio	OT170035
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B-Versión 2012 (*)	.....		9.41
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		6.8
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		4.3
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		13.99
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		7278.17
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTC (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.40		3.39
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 0.50
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		< 4.00
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		112.66
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		136.59
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		189.43
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		369.89
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	CI-PAN (*)	50.00		638.09

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 03 de Marzo de 2017



Mario Leyva Collas
 Quím. Mario Leyva Collas

Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental

FCAM - UNASAM

CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.

Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO OT170040

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170034

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 16/Febrero/2017
 Fecha de análisis : 16 - 08 de Marzo/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₂ /M ₁ /S ₁₁
					Fecha de muestreo ¹	15/02/2017
					Hora muestreo ¹	10:00
					Código del Laboratorio	OT170040
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B-Versión 2012 (*)	.....		9.76
SM14	Conductividad (en campo)	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B-Versión 2012 (*)	.....		1780
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		8.0
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		3.5
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		14.42
NUC06	Nitrógeno Total	mg/Kg N	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5		19722.6
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		8200.00
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTC (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.40		< 0.40
MC09	Calcio total	mg/Kg Ca	APHA 3500-Ca D (*)	2.50		306930.69
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 0.50
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		11.00
MC15	Fósforo	mg/Kg P	Vanadomolibdato	10.00		195.05
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		130.00
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		135.00
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétohe de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		210.00
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		453.00
MC25	Potasio total	mg/Kg K	Kalignost turbidimétric (*)	1500.00		51980.20
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	50.00		460.00

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 08 de Marzo de 2017



Mario Leyva Collas
 Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.

Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO OT170043

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 3, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170037

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 20/Febrero/2017
 Fecha de análisis : 20 - 10 de Marzo/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R _g / M _i / S ₁₁
					Fecha de muestreo ¹	18/02/2017
					Hora muestreo ¹	09:16
					Código del Laboratorio	OT170043
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B-Versión 2012 (*)	.....		9.84
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		4.8
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		5.4
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		17.89
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		957.13
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTc (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.40		8.37
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 0.50
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		< 4.00
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		336.99
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		66.80
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Níquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		< 10.00
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		731.80
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	CI-PAN (*)	50.00		249.25

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 10 de Marzo de 2017



Quim. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.

Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO OT170043

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 3, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170037

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 20/Febrero/2017
 Fecha de análisis : 20 - 10 de Marzo/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₂ / M ₁ / S ₁₁
					Fecha de muestreo ¹	18/02/2017
					Hora muestreo ¹	09:16
					Código del Laboratorio	OT170043
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B- Versión 2012 (*)	.....		9.84
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Acidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		4.8
FQC09	Acidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		5.4
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		17.89
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		957.13
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTC (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cation (*)	0.40		8.37
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 0.50
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		< 4.00
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		336.99
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		66.80
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		< 10.00
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		731.80
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	50.00		249.25

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 10 de Marzo de 2017



Quim. Mario Leyva Collas

Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental

FCAM - UNASAM

CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO OT170045

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170039

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 23/Febrero/2017
 Fecha de análisis : 23 - 15 de Marzo/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₂ /M ₁ /S ₁₂
						23/02/2017
						11:00
						OT170045
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B.-Versión 2012 (*)	.....		9.74
SM14	Conductividad (en campo)	uS.cm ⁻¹	APHA 2510 B.-Versión 2012 (*)	.....		3200
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		8.4
FQC09	Ácidos Fúlvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		3.4
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		11.33
NUC06	Nitrógeno Total	mg/Kg N	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5		23618.7
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		3290.13
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTc (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derive de cation (*)	0.40		32.40
MC09	Calcio total	mg/Kg Ca	APHÁ 3500-Ca D (*)	2.50		69790.63
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 0.50
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		< 4.00
MC15	Fósforo	mg/Kg P	Vanadomolibdato (*)	10.00		5383.85
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		439.68
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		29.91
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		< 10.00
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		574.28
MC25	Potasio total	mg/Kg K	Kalignost turbidimétric (*)	1500.00		53240.28
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	50.00		289.13

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 15 de Marzo de 2017



Mario Leyva Collas
 Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO OT170047

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 3 - Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170041

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 27/Febrero/2017
 Fecha de análisis : 27 - 17 de Marzo/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₃ / M ₁ / S ₁₂
					Fecha de muestreo ¹	25/02/2017
					Hora muestreo ¹	09:30
					Código del Laboratorio	OT170047
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B.-Versión 2012 (*)	.....		9.39
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		6.6
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		4.1
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		17.26
NUC06	Nitrógeno Total	mg/Kg N	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5		9924.7
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazuro S (*)	2.00		3592.81
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTC (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.40		28.64
MC09	Calcio total	mg/Kg Ca	APHA 3500-Ca D (*)	2.50		109780.44
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 0.50
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		10.98
MC15	Fósforo	mg/Kg P	Vanadomolibdato (*)	10.00		10279.44
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		423.15
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		34.93
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Níquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		29.94
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		661.68
MC25	Potasio total	mg/Kg K	Kalignost turbidimétric (*)	1500.00		50000.00
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	50.00		359.28

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 17 de Marzo de 2017




 Quim. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO OT170055

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucias Nº 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170047

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 02/Marzo/2017
 Fecha de análisis : 02 - 22 de Marzo/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₂ / M ₁ / S ₁₃
					Fecha de muestreo ¹	01/03/2017
					Hora muestreo ¹	10:00
					Código del Laboratorio	OT170055
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B-Versión 2012 (*)	.....		9.71
SM14	Conductividad (en campo)	uS.cm ⁻¹	APHA 2510 B -Versión 2012 (*)	.....		2159
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Acidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		8.5
FQC09	Acidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		3.3
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		12.75
NUC06	Nitrógeno Total	mg/Kg N	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5		23160.8
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		2295.41
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTc (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.40		31.54
MC09	Calcio total	mg/Kg Ca	APHA 3500-Ca D (*)	2.50		768463.07
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 0.50
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		< 4.00
MC15	Fósforo	mg/Kg P	Vanadomolibdato (*)	10.00		2165.67
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		420.16
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		31.94
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		29.94
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		443.11
MC25	Potasio total	mg/K K	Kalignost turbidimétrico (*)	1500.00		54890.22
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	CI-PAN (*)	50.00		399.20

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 22 de Marzo de 2017



Quim. Mario Leyva Collas

Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental

FCAM - UNASAM

CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO OT170056

CLIENTE
 Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA
 Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 3 - Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170048

MUESTREO
 Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO
 Fecha de recepción : 06/Marzo/2017
 Fecha de análisis : 06 - 24 de Marzo/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₃ / M ₁ / S ₁₃
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H* B-Versión 2012 (*)	.....		8.95
SM14	Conductividad (en campo)	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B -Versión 2012 (*)	.....		2010
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Acidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		5.1
FQC09	Acidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		4.0
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		16.52
NUC06	Nitrógeno Total	mg/Kg N	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5		17064.2
MC	METALES EN COMPOST					
MC15	Fósforo	mg/Kg P	Vanadomolibdato (*)	10.00		6586.83

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 24 de Marzo de 2017



Mario Leyva Collas
 Qulin. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO OT170057

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 1 - Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170049

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 06/Marzo/2017
 Fecha de análisis : 06 - 24 de Marzo/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₁ / M ₁ / S ₁₄
						05/03/2017
						09:25
						OT170057
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B-Versión 2012 (*)	.....		9.34
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		8.7
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		4.2
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		12.65
NUC06	Nitrógeno Total	mg/Kg N	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5		20007.9
MC	METALES EN COMPOST					
MC15	Fósforo	mg/Kg P	Vanadomolibdato (*)	10.00		8500.00

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 24 de Marzo de 2017



Mario Leyva Collas
 Quim. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO OT170060

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 2 - Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170051

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 09/Marzo/2017
 Fecha de análisis : 09 - 29 de Marzo/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₂ /M ₁ /S ₁₄
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H* B - Versión 2012 (*)	9.89		
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1	8.9	
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1	8.9	
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01	11.54	
NUC06	Nitrógeno Total	mg/Kg N	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5	21473.1	
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00	1693.23	
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTIC (*)	10.00	< 10.00	
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.40	25.10	
MC09	Calcio total	mg/Kg Ca	APHA 3500-Ca D (*)	2.50	338645.42	
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50	< 0.50	
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00	< 4.00	
MC15	Fósforo	mg/Kg P	Vanadomolibdato (*)	10.00	7868.53	
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00	297.81	
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00	< 10.00	
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétohe de Michler (*)	1.00	< 1.00	
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00	< 10.00	
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00	692.23	
MC25	Potasio total	mg/Kg K	Kalignost turbidimétrico (*)	1500.00	71713.15	
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	50.00	338.65	

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

† Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 29 de Marzo de 2017


 Quim. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dicientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO OT170061

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucslas N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 3, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170052

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 13/Marzo/2017
 Fecha de análisis : 13 - 31 de Marzo/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₁ / M ₁ / S ₁₄
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B - Versión 2012 (*)	.....		8.96
SM14	Conductividad	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B - Versión 2012 (*)	.....		2600
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		5.1
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		4.1
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		15.13
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		2592.22
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTc (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cation (*)	0.40		< 0.40
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 0.50
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		< 4.00
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		382.85
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		52.84
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cetone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Níquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgioxina (*)	10.00		59.82
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		902.29
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	50.00		368.89

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012




 Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Huaraz, 31 de Marzo de 2017

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO OT170062

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 1, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170053

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 13/Marzo/2017
 Fecha de análisis : 13 - 31 de Marzo/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R _i / M _i / S ₁₅
					Fecha de muestreo ¹	12/03/2017
					Hora muestreo ¹	10:30
					Código del Laboratorio	OT170062
SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO						
SM						9.22
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B.-Versión 2012 (*)	.....		2310
SM14	Conductividad	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B -Versión 2012 (*)	.....	
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST						
FQC						9.8
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		3.9
FQC09	Ácidos Fúlvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		
ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST						
NUC						11.28
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		
METALES EN COMPOST						
MC						4970.18
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		< 10.00
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTc (*)	10.00		< 0.40
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cation (*)	0.40		< 0.50
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 4.00
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		421.47
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		45.73
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		< 1.00
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		39.76
MC22	Níquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		727.63
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		417.50
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	50.00		

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 31 de Marzo de 2017



Quim. Mario Leyva Collas

Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO OT170066

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170057

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 22/Marzo/2017
 Fecha de análisis : 22 - 11 de Abril/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₃ /M ₁ /S ₁₄
					Fecha de muestreo ¹	16/03/2017
					Hora muestreo ¹	16:00
					Código del Laboratorio	OT170066
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H* B-Versión 2012 (*)	.....		9.28
SM14	Conductividad	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B -Versión 2012 (*)	.....		2200
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Acidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		5.3
FQC09	Acidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		4.9
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		14.40
NUC06	Nitrógeno Total	mg/Kg N	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5		14138.9
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		4700.00
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTC (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cation (*)	0.40		23.30
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 0.50
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		< 4.00
MC15	Fósforo	mg/Kg P	Vanadomolibdato	10.00		5100.00
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		434.00
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		49.00
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		< 10.00
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		615.00
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	CI-PAN (*)	50.00		460.00

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 11 de Abril de 2017



Rosario A. Collas
 Quim. Mario Leyva Collas

Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.

Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO OT170063

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 3, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170054

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 20/Marzo/2017
 Fecha de análisis : 20 - 07 de Abril/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₃ / M ₁ / S ₁₅
					Fecha de muestreo ¹	18/03/2017
					Hora muestreo ¹	09:20
					Código del Laboratorio	OT170063
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B - Versión 2012 (*)	.....		8.97
SM14	Conductividad	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B - Versión 2012 (*)	.....		2170
FQC	ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Húmicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		5.2
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		4.4
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		14.05
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		5666.00
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTC (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.40		29.32
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 0.50
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		< 4.00
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		384.69
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		24.85
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		< 10.00
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		773.36
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	50.00		467.20

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012



Mario Leyva Colías
 Quim. Mario Leyva Colías
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Huaraz, 07 de Abril de 2017

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.

Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO OT170064

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 1, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170055

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 20/Marzo/2017
 Fecha de análisis : 20 - 07 de Abril/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R _i / M _i / S ₁₀
					Fecha de muestreo ¹	19/03/2017
					Hora muestreo ¹	09:00
					Código del Laboratorio	OT170064
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B - Versión 2012 (*)	.....		9.44
SM14	Conductividad	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B - Versión 2012 (*)	.....		1659
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		8.9
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		3.9
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		10.42
NUC06	Nitrógeno Total	mg/Kg N	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5		27869.4
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		556.66
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTG (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.40		4.57
MC09	Calcio total	mg/Kg Ca	APHA 3500-Ca D (*)	2.50		178926.44
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 0.50
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		< 4.00
MC15	Fósforo	mg/Kg P	Vanadomolibdato	10.00		4075.55
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		412.52
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		37.77
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cetone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		< 10.00
MC24	Piomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		716.70
MC25	Potasio total	mg/Kg K	Kaligost turbidimétric (*)	1500.00		82504.97
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	CI-PAN (*)	50.00		377.73

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012



Mario Leyva Collas
 Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Huaraz, 07 de Abril de 2017

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO OT170067

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 3, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170058

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 27/Marzo/2017
 Fecha de análisis : 27 - 18 de Abril/2017
 Cotización N° : CO160893

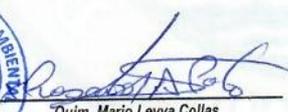
CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R _y / M ₁ / S ₁₅
					Fecha de muestreo ¹	25/03/2017
					Hora muestreo ¹	10:30
					Código del Laboratorio	OT170067
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B - Versión 2012 (*)	.....		9.68
SM14	Conductividad	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B - Versión 2012 (*)	.....		1036
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Húmicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		5.0
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		3.1
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		12.25
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		5174.13
MC03	Arsénico total	mg/Kg As	Plata - DDTc (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadlon (*)	0.40		< 0.40
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 0.50
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbárida (*)	4.00		< 4.00
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		329.35
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Fomaldoxina (*)	10.00		77.61
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Níquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		< 10.00
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		555.22
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	50.00		258.71

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 18 de Abril de 2017



Quim. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO OT170068

CLIENTE
Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicupampa - Huaraz
Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA
Producto declarado : Compost
Matriz : Compost
Procedencia : Ruma N° 1, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170059

MUESTREO
Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
Referencia : No indica

LABORATORIO
Fecha de recepción : 27/Marzo/2017
Fecha de análisis : 27 - 18de Abril/2017
Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R _i / M _i / S _{i7}
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B - Versión 2012 (*)			9.16
SM14	Conductividad	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B - Versión 2012 (*)			2000
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		8.7
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		3.7
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		10.3
NUC06	Nitrógeno Total	mg/Kg N	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5		26089.5
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazuro S (*)	2.00		3184.08
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTIC (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.40		< 0.40
MC09	Calcio total	mg/Kg Ca	APHA 3500-Ca D (*)	2.50		835820.90
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 0.50
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbáida (*)	4.00		< 4.00
MC15	Fósforo	mg/Kg P	Vanadomolibdato	10.00		3283.58
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		370.15
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		42.79
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		< 10.00
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		534.33
MC25	Potasio total	mg/Kg K	Kalignost turbidimétric (*)	1500.00		70149.25
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	CI-PAN (*)	50.00		238.80

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 18 de Abril de 2017



Quim. Mario Leyva Collas

Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental

FCAM - UNASAM

CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO OT170069

CLIENTE **Razón Social** : ROSHY MARY FLORES ROMERO
Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA **Producto declarado** : Compost
Matriz : Compost
Procedencia : Ruma N° 3, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170060

MUESTREO **Responsable** : Muestra proporcionada por el cliente
Referencia: : No indica

LABORATORIO **Fecha de recepción** : 03/Abril/2017
Fecha de análisis : 03 - 25 de Abril/2017
Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R _s / M ₁ / S ₁₇
					Fecha de muestreo ¹	01/04/2017
					Hora muestreo ¹	09:30
					Código del Laboratorio	OT170069
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ¹ B - Versión 2012 (*)	.....		9.57
SM14	Conductividad	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B - Versión 2012 (*)	.....		500
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Acidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		4.3
FQC09	Acidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		3.7
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		11.43
MC	METALES EN COMPOST					
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		3496.50
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTC (*)	10.00		< 10.00
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.40		9.19
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 0.50
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		< 4.00
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		424.57
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		76.92
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		< 1.00
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		29.97
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		685.31
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	CI-PAN (*)	50.00		349.65

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 25 de Abril de 2017



Mario Leyva Collas
Quim. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO OT170082

CLIENTE **Razón Social** : ROSHY MARY FLORES ROMERO
Dirección : Pasaje Las Fucias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA **Producto declarado** : Compost
Matriz : Compost
Procedencia : Ruma N° 3, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170068

MUESTREO **Responsable** : Muestra proporcionada por el cliente
Referencia : No indica

LABORATORIO **Fecha de recepción** : 24/Abril/2017
Fecha de análisis : 24 - 15 de Mayo/2017
Cotización N° : CQ160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R _y / M ₁ / S ₂₀
					22/04/2017	OT170082
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B - Versión 2012 (*)	.....		9.56
SM14	Conductividad	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B - Versión 2012 (*)	.....		2130
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		4.1
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		3.7
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		11.06
NUC06	Nitrógeno Total	mg/Kg N	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5		33616.6
MC	METALES EN COMPOST					
MC09	Calcio total	mg/Kg Ca	APHA 3500-Ca D (*)	2.50		27101.00
MC15	Fósforo	mg/Kg P	Vanadomolibdato	10.00		5043.00
MC25	Potasio total	%	Kalignost turbidimétric (*)	1500.00		6200.00

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 15 de Mayo de 2017



Mario Leyva Collas
 Quim, Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO OT170089

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucsias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 3, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170073

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 22/Mayo/2017
 Fecha de análisis : 22 de Mayo al 09 de Junio/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R _g / M ₁ / S ₂₄
					Fecha de muestreo ¹	20/05/2017
					Hora muestreo ¹	09:35
					Código del Laboratorio	OT170089
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B - Versión 2012 (*)	.....		9.63
SM14	Conductividad	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B - Versión 2012 (*)	.....		2040
FQC	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST					
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		5.5
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		3.2
NUC	ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST					
NUC04	Relación C / N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		10.01
NUC06	Nitrógeno Total	mg/Kg N	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5		12787.2
MC	METALES EN COMPOST					
MC09	Calcio total	mg/Kg Ca	APHA 3500-Ca D (*)	2.50		29301.00
MC15	Fósforo	mg/Kg P	Vanadomolibdato (*)	10.00		5384.00
MC25	Potasio total	%	Kalignost turbidimetric (*)	1500.00		7410.00

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 09 de Junio de 2017



Quim. Mario Leyvá Collas

Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental

FCAM - UNASAM

CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO OT170093

CLIENTE Razón Social : ROSHY MARY FLORES ROMERO
 Dirección : Pasaje Las Fucias N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Compost
 Matriz : Compost
 Procedencia : Ruma N° 3, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, Zona de Pongor, Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC170077

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 19/Junio/2017
 Fecha de análisis : 19 Junio al 10 de Julio/2017
 Cotización N° : CO160893

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	R ₀ /M ₁ /S ₂₀
					Fecha de muestreo ¹	17/06/2017
					Hora muestreo ¹	09:20
					Código del Laboratorio	OT170093
SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO						
SM						9.79
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B-Version 2012 (*)	.....		2170
SM14	Conductividad	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B -Version 2012 (*)	.....	
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - MUESTRA DE COMPOST						
FQC						6.1
FQC07	Ácidos Humicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		3.8
FQC09	Ácidos Fulvicos	%	Extracción Alcalina (*)	0.1		
ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN COMPOST						
NUC						10.29
NUC04	Relación C/N	%	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.01		31924.2
NUC06	Nitrógeno Total	mg/Kg N	Digestión Koroleff, nitrospectral (*)	0.5		
METALES EN COMPOST						
MC						3254.40
MC01	Aluminio total	mg/Kg Al	Cromoazurol S (*)	2.00		< 10.00
MC03	Arsénico total	mg/ Kg As	Plata - DDTc (*)	10.00		< 0.40
MC08	Cadmio total	mg/Kg Cd	Derivé de cadion (*)	0.40		26547.00
MC09	Calcio total	mg/Kg Ca	APHA 3500-Ca D (*)	2.50		< 0.50
MC11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.50		< 4.00
MC12	Cromo total	mg/Kg Cr	Difenilcarbazida (*)	4.00		5478.00
MC15	Fósforo	mg/Kg P	Vanadomolibdato	10.00		380.48
MC16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	5.00		54.10
MC19	Manganeso total	mg/Kg Mn	Formaldoxina (*)	10.00		< 1.00
MC20	Mercurio total	mg/Kg Hg	Cétone de Michler (*)	1.00		24.25
MC22	Niquel total	mg/Kg Ni	Dimetilgloxina (*)	10.00		610.28
MC24	Plomo total	mg/Kg Pb	EPA 200 (*)	10.00		7234.21
MC25	Potasio total	mg/Kg K	Kalignost turbidimétric (*)	1500.00		295.47
MC32	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	50.00		

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 10 de Julio de 2017



Quím. Mario Leyva Collas

Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental

FCAM - UNASAM

CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.

Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

ANEXO C

**CONCENTRACION DE METALES Y PARAMETROS
FISICOQUIMICOS EN COMPOST ESTABILIZADO**

INFORME DE ENSAYO OT200107

CLIENTE **Razón Social** : PROYECTO: "DETERMINACIÓN DE HUMEDAD, PRESENCIA DE PATÓGENOS, METALES PESADOS, NUTRIENTES Y OLORES EN EL COMPOSTAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD PÚBLICA, EN LA CIUDAD DE HUARAZ, 2014 - 2015"

Dirección : Pasaje Las Fucsias - N° 217 Nicrupampa - Huaraz

Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA **Producto declarado** : Muestra de Compost

Matriz : Otros

Procedencia : Planta de Tratamiento de Pongor

Ref./Condición : Cadena de Custodia CC200040

MUESTREO **Responsable** : Muestra proporcionada por el cliente

Referencia: : No indica

LABORATORIO **Fecha de recepción** : 04/Diciembre/2020

Fecha de análisis : 04 de Diciembre - 11 de Diciembre/2020

Cotización N° : CO200502

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA			
					Código del cliente	R - 1		
					Fecha de muestreo ¹	04/12/2020		
					Hora muestreo ¹	08:00		
					Código del Laboratorio	OT200107		
MC	METALES EN COMPOST				EXTRACCION 1	EXTRACCION 2	EXTRACCION 3	EXTRACCION 4
MC01	Aluminio total	% Al	Cromoazurol S	0.0004	5.0000	11.0000	72.0000	12.0000
MC11	Cobre total	% Cu	Cuprizona	0.0004	31.0000	11.0000	34.0000	23.0000
MC16	Hierro total	% Fe	Triazina	0.0001	7.0000	22.0000	66.0000	5.0000
MC19	Manganeso total	% Mn	Formaldoxina	0.00025	9.00000	21.00000	64.00000	6.00000
MC24	Plomo total	% Pb	EPA 200	0.00001	9.00000	21.00000	66.00000	4.00000
MC32	Zinc total	% Zn	Cl-PAN	0.001	38.000	3.000	54.000	4.000

¹ Datos proporcionados por el cliente

"Fin del informe de Ensayo"

Huaraz, 11 de Diciembre de 2020



Mario Leyva Collas
MSc. Quím. Mario Leyva Collas
Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

INFORME DE ENSAYO OT200108

CLIENTE Razón Social : PROYECTO: "DETERMINACIÓN DE HUMEDAD, PRESENCIA DE PATÓGENOS, METALES PESADOS, NUTRIENTES Y OLORES EN EL COMPOSTAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD PÚBLICA, EN LA CIUDAD DE HUARAZ, 2014 - 2015"
 Dirección : Pasaje Las Fucsias - N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Muestra de Compost
 Matriz : Otros
 Procedencia : Planta de Tratamiento de Pongor
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC200040

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 04/Diciembre/2020
 Fecha de análisis : 04 de Diciembre - 11 de Diciembre/2020
 Cotización N° : CO200502

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA			
					Código del cliente	R - 2		
					Fecha de muestreo ¹			
					04/12/2020			
					Hora muestreo ¹			
					08:00			
					Código del Laboratorio			
					OT200108			
MC	METALES EN COMPOST				EXTRACCION 1	EXTRACCION 2	EXTRACCION 3	EXTRACCION 4
MC01	Aluminio total	% Al	Cromoazurol S	0.0004	22.0000	10.0000	52.0000	16.0000
MC11	Cobre total	% Cu	Cuprizona	0.0004	17.0000	20.0000	44.0000	19.0000
MC16	Hierro total	% Fe	Triazina	0.0001	10.0000	19.0000	64.0000	7.0000
MC19	Manganeso total	% Mn	Formaldoxina	0.00025	13.0000	22.0000	57.0000	9.0000
MC24	Plomo total	% Pb	EPA 200	0.00001	10.0000	33.0000	49.0000	8.0000
MC32	Zinc total	% Zn	Cl-PAN	0.001	19.000	22.000	43.000	17.000

¹ Datos proporcionados por el cliente

"Fin del Informe de Ensayo"

Huaraz, 11 de Diciembre de 2020



Mario Leyva Collas
 MSc. Quím. Mario Leyva Collas
 Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.

Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO OT200109

CLIENTE Razón Social : PROYECTO: "DETERMINACIÓN DE HUMEDAD, PRESENCIA DE PATÓGENOS, METALES PESADOS, NUTRIENTES Y OLORES EN EL COMPOSTAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD PÚBLICA, EN LA CIUDAD DE HUARAZ, 2014 - 2015"
 Dirección : Pasaje Las Fucsias - N° 217 Nicrupampa - Huaraz
 Atención : Roshy Mary Flores Romero

MUESTRA Producto declarado : Muestra de Compost
 Matriz : Otros
 Procedencia : Planta de Tratamiento de Pongor
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC200040

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 04/Diciembre/2020
 Fecha de análisis : 04 de Diciembre - 11 de Diciembre/2020
 Cotización N° : CO200502

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA			
					Código del cliente	R - 3		
					Fecha de muestreo ¹	04/12/2020		
					Hora muestreo ¹	08:00		
					Código del Laboratorio	OT200109		
MC	METALES EN COMPOST				EXTRACCION 1	EXTRACCION 2	EXTRACCION 3	EXTRACCION 4
MC01	Aluminio total	% Al	Cromoazurol S	0.0004	9.0000	21.0000	65.0000	6.0000
MC11	Cobre total	% Cu	Cuprizona	0.0004	13.0000	23.0000	56.0000	9.0000
MC16	Hierro total	% Fe	Triazina	0.0001	5.0000	2.0000	87.0000	6.0000
MC19	Manganeso total	% Mn	Formaldoxina	0.00025	3.00000	16.00000	74.00000	7.00000
MC24	Plomo total	% Pb	EPA 200	0.00001	17.00000	10.00000	67.00000	6.00000
MC32	Zinc total	% Zn	CI-PAN	0.001	16.000	15.000	56.000	14.000

¹ Datos proporcionados por el cliente

"Fin del informe de Ensayo"

Huaraz, 11 de Diciembre de 2020



Mario Leyva Collas
 MSc. Quím. Mario Leyva Collas
 Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604