

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



ESCUELA DE POSGRADO

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
DOCTOR EN CIENCIAS PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE
CON MENCIÓN EN
GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE**

**PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS COMO
BASE PARA LA GESTIÓN INTEGRAL Y SOSTENIBLE
DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LA CIUDAD DE
CHACHAPOYAS**

Autor:

Mg. Carlos Alberto Canelo Dávila

Asesor:

Dr. Carlos Alberto Amasifuén Guerra

Registro: (.....)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2022

DEDICATORIA

Este trabajo tuvo el mejor impulso, el más grande y dulce...

Tuvo la fuerza inspirada en mis dos grandes amores: Luciana y Monita.
La vida es maravillosa con ustedes, mis dos chicas que amo tanto, la primera es mi dulce alegría y la segunda es mi paz, mi roble, incluso mi fuerte cimiento para no declinar en tiempos de tormentas.

Hoy es un día de calma, de un reto cumplido, para continuar de nuevo por lo apasionadamente desconocido y ustedes, como siempre, son mi luz y mi cielo.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Helmut Yabar, profesor asociado de la Universidad de Trucaba en Japón, por facilitarme información de sus clases para el manejo del aplicativo Integrated Solid Waste Management, sin su apoyo no hubiese sido posible el modelamiento de escenarios.

Al Dr. Manuel Milla, profesor de la Universidad Nacional de Jaén en Perú, por su asesoramiento estadístico que permitió establecer criterios analíticos en estricta correspondencia con los objetivos planteados en la presente investigación.

Al Dr. Carlos Amasifuén, por sus aportes al diseño y revisión crítica del proyecto investigativo en un contexto lógico y de consistencia científica.

A los docentes y compañeros del doctorado por su juicio crítico desde las fases iniciales de concepción de esta investigación.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Dr. Policarpio Chauca Valqui

Rector

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

Vicerrector Académico

Dra. Flor Teresa García Huamán

Vicerrectora de Investigación

Dr. Raúl Rabanal Oyarce

Director de la Escuela de Posgrado

VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS

El docente de la UNTRM-A que suscribe, hace constar que ha asesorado la realización de la tesis titulada: **“Propuesta de Tratamiento de Residuos como Base para la Gestión Integral y Sostenible de Residuos Sólidos para la Ciudad de Chachapoyas”**, realizada por el doctorando en Ciencias para el Desarrollo Sustentable: Mg. Carlos Alberto Canelo Dávila.

Por lo indicado doy testimonio y visto bueno al informe final de la tesis mencionada, dándole pase para su revisión por el jurado evaluador, comprometiéndose a supervisar la absolución de observaciones y en el acto de sustentación de tesis.

Chachapoyas. 26 de octubre del 2021

Carlos Alberto
Amasifuén Guerra
DNI 40594110



.....
Dr. Carlos Amasifuén Guerra

JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



Dr. Carlos Eduardo Millones Chanamé

Presidente



Dr. Cesar Hugo García Torres

Secretario



Dra. Mariel del Rocío Chotón Calvo

Vocal

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL

PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 6-O

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO () / DOCTOR (x)

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

Propuesta de tratamiento de residuos como base para la gestión integral y sostenible de residuos sólidos para la ciudad de Chachapoyas

presentada por el estudiante () / egresado (x) Carlos Alberto Cavelo Davila

de la Escuela de Posgrado, Maestría () / Doctorado (x) en Ciencias para el Desarrollo Sostenible

con correo electrónico institucional carlos.cavelo.epg@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- La citada Tesis tiene 22 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (x) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- La citada Tesis tiene % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.

Chachapoyas, 29 de diciembre del 2021



[Signature]
SECRETARIO

[Signature]
VOCAL

[Signature]
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

.....
.....

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



ANEXO 6-Q

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO () / DOCTOR (X)

En la ciudad de Chachapoyas, el día 13 de enero del año 2022, siendo las 15:00 horas, el aspirante Carlos Alberto Cavero Dávila, defiende en sesión pública presencial () / a distancia (X) la Tesis titulada: Propuesta de tratamiento de residuos acuo base para la gestión integral y sostenible de residuos sólidos para la... que tiene como asesor a Carlos Alberto Amasifuen Guerra para obtener el Grado Académico de Maestro () / Doctor (X) en Ciencias para el Desarrollo Sustentable a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, conformado por:

Presidente: Dr. Carlos Eduardo Millanes Chauuani

Secretario: Dr. César Hugo García Torres

Vocal: Dra. Mariel del Rocío Choto Calvo



Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y método, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis de Maestría () / Doctorado (X), en términos de:

Aprobado (X) Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 17:30 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Grado Académico de Maestro () / Doctor (X).


SECRETARIO


PRESIDENTE


VOCAL

OBSERVACIONES:

El doctorado sustentó el 13 de enero de 2022, sin embargo, por haberse observado por parte del jurado, estas fueron levantadas el 18 de febrero de 2022

CONTENIDO GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	iv
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS	v
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS.....	vi
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....	vii
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.....	viii
CONTENIDO GENERAL	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	16
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	21
2.1 Ámbito de estudio y variables	21
2.1.1 Población, muestra y muestreo	21
2.1.2 VARIABLES DE ESTUDIO	25
2.2 Estudio de caracterización de los RSU de la ciudad de Chachapoyas	28
2.3 Comparación de las emisiones y costos entre los escenarios propuestos.....	29
2.3.1 Propuesta de escenarios de tratamiento de RSU	29
2.3.2 Comparación de los escenarios mediante LCA	32
2.4 Análisis de datos.....	34
III. RESULTADOS.....	38

3.1	Caracterización de los RSU de la ciudad de Chachapoyas	38
3.2	Preselección cualitativa de la tecnología de tratamiento.....	39
3.3	Comparación de emisiones al aire y agua entre escenarios y momentos.....	40
3.4	Comparación de costos	45
IV.	DISCUSIÓN.....	47
V.	CONCLUSIONES.....	55
VI.	RECOMENDACIONES.....	56
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
ANEXOS.....		77
	Plano catastral por sectores de la ciudad de Chachapoyas.....	77
	Matriz de apoyo a la toma de decisiones	78
	Operacionalización de variables	79
	Emisiones al aire y agua por escenario	80
	Supuestos básicos del análisis de varianzas	116
	Análisis de varianza y Kruskal-Wallis	136
	Prueba de comparaciones múltiples	183
	Flujo de residuos con LCA	191

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población en el distrito de Chachapoyas.	21
Tabla 2. Distribución de la muestra en la ciudad de Chachapoyas.....	22
Tabla 3. Distribución de la muestra para la obtención de residuos comerciales.	24
Tabla 4. Distribución de las muestras específicas en mercados.	24
Tabla 5. Criterios de evaluación de las tecnologías.....	27
Tabla 6. Comparación de escenarios por estudio de caracterización.	34
Tabla 7. Composición de residuos sólidos domiciliarios.	38
Tabla 8. Composición de residuos sólidos comerciales.	39
Tabla 9. Valoración de las tecnologías de tratamiento.	39
Tabla 10. Análisis de Varianza y Prueba HSD de Tukey en aire.	41
Tabla 11. Prueba de Kruskal-Wallis y Comparaciones Múltiples en aire.	41
Tabla 12. Análisis de Varianza y Prueba HSD de Tukey en agua.....	42
Tabla 13. Prueba de Kruskal-Wallis y Comparaciones Múltiples en agua.	43
Tabla 14. Comparación de emisiones entre los escenarios 1 y 5.....	44
Tabla 15. Comparación de costos entre relleno sanitario e incineración.....	46
Tabla 16. Operacionalización de variables.	79
Tabla 17. Emisiones al aire en M1E1.	80
Tabla 18. Emisiones al agua en M1E1.	81
Tabla 19. Emisiones al aire en M1E2.....	82
Tabla 20. Emisiones al agua en M1E2.	83
Tabla 21. Emisiones al aire en M1E3.....	84
Tabla 22. Emisiones al agua en M1E3.	85
Tabla 23. Emisiones al aire en M1E4.....	86
Tabla 24. Emisiones al agua en M1E4.	87
Tabla 25. Emisiones al aire en M1E5.....	88
Tabla 26. Emisiones al agua en M1E5.	89
Tabla 27. Emisiones al aire en M1E6.....	90
Tabla 28. Emisiones al agua en M1E6.	91
Tabla 29. Emisiones al aire de M2E1.....	92
Tabla 30. Emisiones al agua de M2E1.	93
Tabla 31. Emisiones al aire de M2E2.....	94
Tabla 32. Emisiones al agua de M2E2.	95

Tabla 33. Emisiones al aire de M2E3.	96
Tabla 34. Emisiones al agua de M2E3.	97
Tabla 35. Emisiones al aire de M2E4.	98
Tabla 36. Emisiones al agua de M2E4.	99
Tabla 37. Emisiones al aire de M2E5.	100
Tabla 38. Emisiones al agua de M2E5.	101
Tabla 39. Emisiones al aire de M2E6.	102
Tabla 40. Emisiones al agua de M2E6.	103
Tabla 41. Emisiones al aire M3E1.	104
Tabla 42. Emisiones al agua M3E1.	105
Tabla 43. Emisiones al aire M3E2.	106
Tabla 44. Emisiones al agua M3E2.	107
Tabla 45. Emisiones al aire M3E3.	108
Tabla 46. Emisiones al agua M3E3.	109
Tabla 47. Emisiones al aire M3E4.	110
Tabla 48. Emisiones al agua M3E4.	111
Tabla 49. Emisiones al aire M3E5.	112
Tabla 50. Emisiones al agua M3E5.	113
Tabla 51. Emisiones al aire M3E6.	114
Tabla 52. Emisiones al agua M3E6.	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Jerarquía de gestión de residuos	18
Figura 2. Gestión integral y sostenible de residuos	18
Figura 3. Flujo de residuos con LCA en E1M2	191
Figura 4. Flujo de residuos con LCA en E5M2	192

RESUMEN

Los residuos sólidos urbanos (RSU) de la ciudad de Chachapoyas se vierten en un vertedero no autorizado que contamina el ambiente. El objetivo de este estudio fue seleccionar el tratamiento óptimo que contribuya a la gestión integral y sostenible de RSU en dicha ciudad. Se realizaron tres estudios de caracterización de RSU durante el año 2020 y se hizo una preselección cualitativa de tecnologías a ser usadas para su gestión. Se establecieron seis escenarios de tratamiento de RSU cuyas emisiones al aire y agua fueron comparadas con el software IWM-2. Con el programa Statistix 8.0, se realizó el análisis de supuestos básicos. Para el análisis paramétrico se aplicó la prueba de Fisher con el test de Tukey y para el no paramétrico la prueba de Kruskal-Wallis y comparaciones múltiples. Se evaluó la viabilidad técnica y económica de los escenarios menos contaminantes. En la composición de residuos domiciliarios la fracción orgánica representó el 65.5%, los reaprovechables el 16.5% y los no aprovechables 17.8%. Los residuos comerciales tuvieron 41.4% de orgánicos, 37.2% de aprovechables y 21.4% de no aprovechables. Se demostró que el escenario sin tratamiento fue el más contaminante en el 45.1 % de los parámetros ambientales, y se descartó el escenario de incineración con recuperación energética por ser inviable técnica y económicamente. El escenario 5 que incluyó la segregación, recolección domiciliaria, reciclaje, aprovechamiento del compost y captura de biogás fue el tratamiento óptimo seleccionado para contribuir a la gestión integral y sostenible de los RSU en la ciudad de Chachapoyas.

Palabras clave: Análisis del ciclo de vida, relleno sanitario, medición cuantitativa de emisiones, residuos sólidos urbanos y gases de efecto invernadero.

ABSTRACT

Solid urban waste (MSW) from the city of Chachapoyas is dumped in an unauthorized landfill that pollutes the environment. The objective of this study was to select the optimal treatment that contributes to the comprehensive and sustainable management of MSW in said city. Three MSW characterization studies were carried out during the year 2020 and a qualitative pre-selection of technologies to be used for its management was made. Six MSW treatment scenarios were established whose emissions to air and water were compared with the IWM-2 software. With the Statistix 8.0 program, the analysis of basic assumptions was carried out. For the parametric analysis, the Fisher test was applied with the Tukey test and for the non-parametric analysis, the Kruskal-Wallis test and multiple comparisons. The technical and economic feasibility of the least polluting scenarios was evaluated. In the composition of household waste, the organic fraction represented 65.5%, reusable 16.5% and non-usable 17.8%. Commercial waste had 41.4% organic, 37.2% usable and 21.4% non-usable. It was shown that the scenario without treatment was the most polluting in 45.1% of the environmental parameters, and the incineration scenario with energy recovery was ruled out because it was technically and economically unfeasible. Scenario 5, which included segregation, home collection, recycling, compost use and biogas capture, was the optimal treatment selected to contribute to the comprehensive and sustainable management of MSW in the city of Chachapoyas.

Key words: Life cycle analysis; landfill, quantitative emission measurement, municipal solid waste and greenhouse gases.

I. INTRODUCCIÓN

La disposición incontrolada de residuos sólidos urbanos (RSU) en el mundo seguirá incrementándose hasta casi 730 millones de toneladas métricas en el año 2028 (Maalouf et al., 2020), mientras tanto se ha encontrado evidencias parciales de mayor riesgo de partos adversos, mortalidad, enfermedades respiratorias y efectos negativos en la salud mental para los habitantes colindantes de vertederos y sitios de disposición final que usan antiguas tecnologías (Vinti et al., 2021).

El manejo inadecuado de residuos sólidos en America Latina y el Caribe (AMLC) abarca el uso de botaderos ilegales, quema al aire libre, disposición en cuerpos de agua, problemas operativos y ambientales diversos (Hettiarachchi et al., 2018), casi nulo aprovechamiento y sostenibilidad financiera en las tecnologías de tratamiento o disposición final (Organización Panamericana de la Salud [OPS] et al., 2010; Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos [UN HABITAT], 2010a) e insuficiente planificación (Jha et al., 2011). Es necesario que se establezcan los indicadores adecuados para la toma de decisiones y se refuercen los programas de educación ambiental y cumplimiento de la normativa (Sánchez et al., 2019). En AMLC la prioridad es cambiar el uso de vertederos no controlados por rellenos sanitarios, aun cuando presenta mayores impactos ambientales que otros métodos como la incineración y el tratamiento biológico. Pero, esto se debe a que el uso de metodologías avanzadas no es aplicable a ciudades con pequeñas poblaciones, ni del mismo modo en cualquier región o localidad y tipo de generación de residuos (Margallo et al., 2019).

En el Perú aproximadamente el 70% de los residuos sólidos municipales se disponen en botaderos no autorizados (Orihuela, 2018) y su manejo viene generando problemas de salud (PSIRU, 2017). Los pocos rellenos sanitarios (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2016), que al año 2020 fueron un total de 54 (Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internaciona [USAID], 2021), en muchos casos su ubicación no es la más idónea (MINAM, 2014) y no han alcanzado un manejo integral. Los programas presupuestales financiados para mejorar la gestión de RSU han tenido deficiencias en su concepción y en los resultados (Ministerio de Economía y Finanzas [MEF], 2017).

En la región Amazonas existen 77 áreas degradadas (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2021), el 77% (60) de las municipalidades distritales destinan sus residuos recolectados en botaderos a cielo abierto y un 12% (9) no presta el servicio de recolección (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2018) y si bien el Gobierno Regional Amazonas mediante convenio con la Agencia de Cooperación Internacional del Japón ha construido cuatro rellenos sanitarios que funcionan desde el año 2019 en óptimas condiciones, en el distrito de Chachapoyas se ha obtenido una ponderación de seis respecto a un máximo de veinte en el ranking de cumplimiento en la gestión y manejo de residuos sólidos (OEFA, 2015).

La gestión y manejo de los RSU de la ciudad de Chachapoyas aún no contempla un método adecuado de tratamiento y/o disposición final de RSU por lo que ha sido declarado en emergencia (MINAM, 2019) y tampoco se han realizado estudios que hayan analizado comparativamente las tecnologías de tratamiento de RSU que podrían ser implementadas.

El enfoque sistémico de la gestión integrada y sostenible de residuos sólidos (ISWM, del inglés Integrated and Sustainable Solid Waste Management) comprende: (1) Las partes interesadas, involucradas y afectadas, (2) Los elementos prácticos y técnicos del sistema de residuos, que incluye al ciclo de vida o flujo de materiales que se inicia con la extracción de recursos naturales y continúa a través del procesamiento, producción, consumo, tratamiento y eliminación (Figura 1). La jerarquía (Asociación Internacional de Residuos Sólidos [ISWA], 2011) en la gestión es la piedra angular del enfoque ISWM (Figura 2) y da prioridad a la prevención, minimización, reciclaje y otras formas de recuperación de materiales y (3) “Los aspectos” que es el término utilizado para el contexto social, económico y toda la gama de factores que afectan las actividades de residuos sólidos y que, en conjunto, predicen o influyen en la sostenibilidad del sistema (Anschütz et al., 2004; Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas [UNEP] y ISWA, 2015 y UN-HABITAT, 2010b).

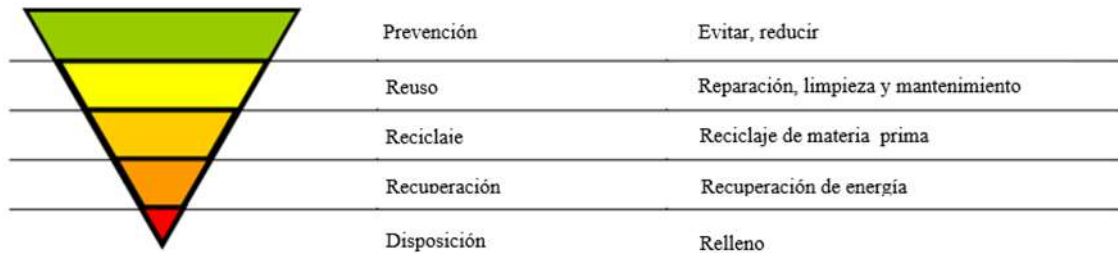


Figura 1. Jerarquía de gestión de residuos.

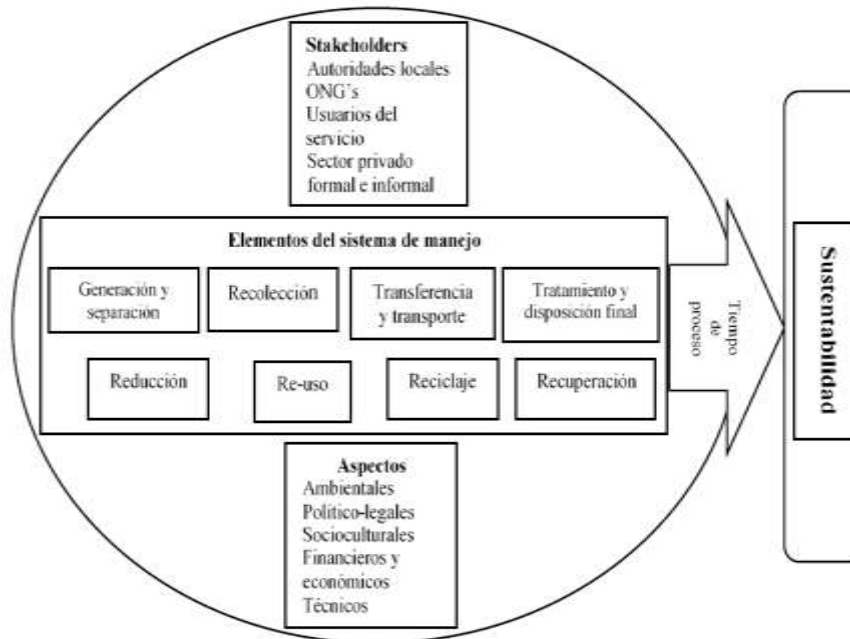


Figura 2. Gestión integral y sostenible de residuos.

El término “integrado” en la ISWM se refiere a la interdependencia entre las diversas actividades (elementos), partes interesadas y puntos de vista (aspectos de sostenibilidad) que son necesarios para permitir que el sistema en general funcione (Wilson et al., 2013).

La gestión integral comprende factores técnicos, socio-culturales, administrativos, institucionales, legales y económicos interrelacionados y el manejo integral alcanza tareas normativas, operativas, financieras y de planificación según criterios sanitarios, ambientales y económicos para recolectar, tratar y depositar los residuos sólidos municipales (agencia de Cooperación Técnica Alemana [GTZ] y Comisión Mexicana de Infraestructura Ambiental [COMIA], 2003); es decir, "los problemas son multidimensionales y multidisciplinarios" (Zurbrügg, 2013). El OEFA (2015) hace una

diferenciación práctica entre manejo y gestión de residuos sólidos municipales, refiriéndose el primero a los aspectos netamente operativos.

Para entender la sostenibilidad es conveniente revisar el informe "Nuestro Futuro Común" (informe Brundtland) que esbozó el concepto de "desarrollo duradero" (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 1987), la Declaración del Milenio (ONU, 2000), la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (ONU, 2015 y 2016) que el Perú forma parte (ONU, 1992; MINAM, 2016). Los aspectos conceptuales complementarios en relación a la sostenibilidad en los proyectos ha sido abordado por McConville y Mihelcic (2007) y sobre la gestión sostenible de los residuos sólidos por Cointreau (2001) y Giuseppe et al. (2012).

Los escenarios son herramientas muy útiles para el desarrollo de políticas públicas orientadas hacia la sostenibilidad, entre ellas se cuenta con la de Evaluación de Impacto de Sostenibilidad, Evaluación de Impacto Participativa (Fauré et al., 2017), el Análisis del Ciclo de Vida (Life Cycle Assessment, LCA) que ha sido empleada para comparar diferentes escenarios de gestión de residuos sólidos en la toma de decisiones para seleccionar un determinado tipo de tratamiento (Assamoi y Lawryshyn, 2011; Johnson 2013; Akhavan et al., 2017; Norazli et al., 2015) y Métodos de Decisión de Atributos Múltiples, Análisis Envolvente de Datos y Toma de Decisiones Multiobjetivo (Thies et al., 2019). El LCA tiene mayor uso en países desarrollados para estudiar el potencial de generación de energía y las categorías de impactos o daños ambientales de las tecnologías de conversión de residuos a energía como rellenos sanitarios, incineración, digestión anaeróbica, pirólisis y gasificación (Dastjerdi et al., 2021).

Con el apoyo del LCA se ha determinado que la gestión de residuos en países desarrollados ha logrado un mejor desempeño ambiental respecto al potencial de calentamiento global con 493.48 kg CO₂-eq/t de RSU en relación a los 957.51 kg CO₂-eq en países en desarrollo, debido a la implementación de estrategias para disminuir la cantidad de residuos destinados a los escenarios de tratamiento convencional, el manejo de impactos, la implementación de soluciones pragmáticas y la gestión de residuos prioritarios (Zhang et al., 2021).

En países en desarrollo como el Perú conviene promover la reducción de residuos, la integración de tecnologías de reciclaje y los métodos de tratamiento con recuperación de recursos de bajo costo y de menor tecnología como las estrategias más convenientes que dependen de factores contextuales, técnicos y socioeconómicos (Iqbal et al., 2020). Si bien los adelantos tecnológicos actuales han hecho que la ISWM sea más eficiente y la recuperación de energía más viable (Shah et al., 2021), la adopción de tecnologías debe analizarse, por eso es conveniente desarrollar escenarios para determinar que tecnología de tratamiento de residuos se puede implementar desde un análisis ambiental y económico, más aún si lo que se busca es lograr una ISWM, para que luego de posteriores investigaciones se proponga indicadores que permitan una adecuada planificación y evaluación de la gestión de RSU desde el corto hasta el largo plazo (Da Silva, 2017; Silva et al., 2018 y Santos y Furiam, 2012)

La aplicación de LCA con miras a lograr la ISWM en Perú es incipiente (Vázquez et al., 2019) y en Amazonas no se han realizado estudios al respecto. El manejo de RSU en la ciudad de Chachapoyas comprende una escasa segregación, reciclaje informal y ningún método controlado de tratamiento final; por lo que la presente tesis es eminentemente aplicativa y servirá de apoyo a la toma de decisión del gobierno municipal para optar por la tecnología más adecuada de tratamiento de RSU, pues dotará de elementos científicos que a la fecha no se cuenta en nuestra realidad local.

Por lo antes indicado, el objetivo general de la presente investigación es seleccionar el tratamiento de residuos óptimo que contribuya a la gestión integral y sostenible de residuos sólidos en la ciudad de Chachapoyas, para lograrlo se ha tenido que caracterizar los RSU y comparar las emisiones y costos entre los escenarios propuestos de tratamiento mediante la metodología del LCA.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Ámbito de estudio y variables

2.1.1 Población, muestra y muestreo

Se requirió datos sobre el número de habitantes y hogares de la ciudad de Chachapoyas para el cálculo del tamaño de la muestra representativa de la población, así mismo se empleó el registro de establecimientos comerciales para calcular la muestra correspondiente.

El muestreo fue estratificado y proporcional, lo que aseguró que cada vivienda o establecimiento comercial de un estrato tuviera la misma probabilidad de ser seleccionado y para elegir las unidades muestrales se optó por el método del muestreo simple aleatorio.

a) Población de viviendas y establecimientos comerciales

Para la estimación de la generación total de residuos sólidos se empleó la población del distrito de Chachapoyas correspondiente al año 2021 (Tabla 1) que es de 39836 habitantes según la Oficina General de Tecnologías de Información del Ministerio de Salud, (MINSa, 2021).

Tabla 1 Población en el distrito de Chachapoyas.

Grupos etáreos	0-19	20-39	40-69	70 a más	Total
Población	13933	13095	11091	1717	39836

La población de establecimientos comerciales se obtuvo de información catastral del año 2020 que incluyó aquellos negocios formales e informales y de la data de licencias de funcionamiento y padrones de la Municipalidad Provincial de Chachapoyas.

b) Muestra de viviendas para residuos domiciliarios

El tamaño de la muestra de viviendas a las cuales se debió visitar para realizar los estudios de caracterización de residuos urbanos se calculó con la metodología establecida por Sakurai (1983) y modificada por Cantanhede et al. (2006).

El total de viviendas fue obtenido del catastro municipal y el tamaño de la muestra de viviendas generadoras de RSU se obtuvo aplicando la Formula 1:

$$n_i = \frac{(Z_{1-\alpha/2})^2 N \sigma^2}{(N-1) e^2 + (Z_{1-\alpha/2})^2 \sigma^2}$$

Donde:

n_i = muestra preliminar de las viviendas que participarán en el estudio.

N = total de viviendas urbanas = 9664.

$Z_{1-\alpha/2}$ = nivel de confianza 95%=1.96.

σ = desviación estándar (0.25).

e = error permisible, que equivale al 10% de la generación *per cápita* nacional (GPCN; según el Ministerio del Ambiente (2017) para el año 2017 es de 0.5152; $e = 0.05152$).

Reemplazando en la fórmula se obtuvo:

$$n_i = \frac{(1.96)^2 * 9664 * (0.25)^2}{(9663 * (0.05152)^2 + (1.96)^2 * (0.25)^2)} = 89.62 \Rightarrow 90$$

Luego: $n_i/N = 90/9664 = 0.0093$

Como 0.0093 es menor que 0.1, es válido la cantidad de la muestra preliminar, sin embargo, en base a la experiencia en estudios similares se adicionó 30 muestras como contingencia.

El tamaño de la muestra total de viviendas $n = 90+30 = 120$ se distribuyó proporcionalmente en los sectores de la ciudad según el Plan de Desarrollo Urbano aprobado con la Ordenanza No 054-2014 –MPCH, según se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2 Distribución de la muestra en la ciudad de Chachapoyas.

Sector	Muestras
Santo Toribio de Mogrovejo y Santa Rosa de Luya Urco	20
Alonso de Alvarado y Señor de los Milagros	20
Pedro Castro Alva	10
San Carlos de Murcia	10
Barrio Yance y La Laguna	20
Barrio Santo Domingo	20
Virgen Asunta y Barrio Higos Urco	20
Total	120

La muestra fue seleccionada por el método de muestreo simple aleatorio, que consiste en escoger de las unidades muestrales, el total de las viviendas, de tal modo que cada una tenga la misma posibilidad de ser escogida. Esto se realizó con balotas numeradas desde el 1 hasta el total de viviendas de la muestra en una urna, se mezclaron luego fueron tomadas al azar en el ámbito de estudio (Anexo 8.9).

c) Muestra de establecimientos comerciales para residuos no domiciliarios

Para el cálculo de la muestra para residuos comerciales (no domiciliarios) se empleó la misma ecuación del numeral 2.2.2 en base a la población total de establecimientos comerciales de 413.

Por tanto:

$$ni = ((1.96)^2 * 413 * (0.25)^2) / (412 * (0.05152)^2 + (1.96)^2 * (0.25)^2) = 74.35 \Rightarrow 74$$

Luego: $ni/N = 74/413 = 0.18$

Como 0.18 es mayor que 0.1, se corrigió la muestra aplicando la Fórmula 2 en la cual $(nc = ni) / ((1 + ni/N))$; donde nc = muestra corregida; ni = muestra preliminar y N = población total.

Entonces:

$$nc = 74 / \left(1 + \frac{74}{413} \right) = 63.$$

La distribución de la muestra se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3 Distribución de la muestra para la obtención de residuos comerciales.

Tipo	Establecimientos	Muestras	Muestras de contingencia	Total
Establecimientos comerciales	259	40	13	53
Restaurantes	65	10	3	13
Hoteles	30	5	1	6
Instituciones educativas	20	3	1	4
Instituciones públicas y privadas	25	4	1	5
Mercados	5	1	0	1
Limpieza de espacios públicos	9	1	0	1
Total	413	63	19	82

Para el cálculo de la muestra para mercados y con la ecuación de la Fórmula 1, en base a una población N de 254 tenemos:

$$ni = ((1.96)^2 * 254 * (0.25)^2) / (253 * (0.05152)^2 + (1.96)^2 * (0.25)^2) = 67$$

Después: $ni/N = 67/254 = 0.26$ y como 0.26 es mayor que 0.1, se corrigió la muestra con la Formula 2.

Se obtuvo:

$$nc = 67 / \left(1 + \frac{67}{254} \right) = 53$$

La distribución quedó establecida así:

Tabla 4 Distribución de las muestras específicas en mercados.

Giro comercial	Establecimientos	%	Muestras
Abarrotes	122	48	25
Mercadería	66	26	14
Carnicería	16	6	3
Verduras	24	9	5
Venta de alimentos	26	10	5
	254	100	53

2.1.2 Variables de estudio

En el presente estudio no se buscó establecer la causalidad, por ello no se pudo calificar a las variables como independientes o dependientes, ya que son simplemente variables atributivas asociadas (Hashimoto, 2013).

Variable 1 (Tratamiento de residuos)

Definición conceptual.- Es la correcta combinación de alternativas y tecnologías para el manejo de los residuos sólidos urbanos. Esta variable se describió a través de escenarios futuros para denotar el marco de comparación de las alternativas tecnológicas con el objeto de explorar en forma sistemática situaciones futuras que permitan adoptar decisiones estratégicas y de gestión para el cambio, razón por la cual el "análisis de escenarios", es una alternativa al análisis de sensibilidad para probar supuestos y elecciones específicas de casos en modelos (Bisinella, 2017).

Los escenarios futuros no deben entenderse como pronósticos o predicciones del futuro, pues aquellos no se describen como una sola imagen, sino que se requieren diversas visiones alternativas plausibles para describir la gama de futuros posibles.

Los escenarios han sido propuestos para resaltar los aspectos más importantes del tratamiento de residuos que se impulsarán en el desarrollo futuro, tales como las condiciones políticas y de regulación, subvenciones, tecnologías de gestión de residuos, composición de residuos, etc.

Definición operacional.- Debemos recordar que se trata de una investigación prospectiva y por ende antes de proponer los escenarios de tratamiento de residuos sólidos urbanos esta Variable 1 para la ciudad de Chachapoyas, debemos considerar la tecnología que ha resultado adecuada en la evaluación cualitativa de la Variable 2, hecha la precisión; la operacionalización de la Variable 1 a través de los Escenarios futuros de tratamiento de residuos sólidos fue establecida de la siguiente manera:

Los escenarios fueron definidos desde el escenario uno (E_1) aquel sin tecnología hasta los demás escenarios 2, 3...6 (E_1, E_2, \dots, E_6) y fueron el resultado de una combinación de alternativas y tecnologías, desde la más simple a la más compleja.

A cada escenario se realizó un análisis de las emisiones de importancia para el aire y del agua, así como del costo en soles mediante el LCA con el uso del software IWM-2 (Integrated Waste Management) explicado por McDougall et al. (2008).

Los materiales recuperados y el compost son productos y, por lo tanto, se colocaron como salidas del IWM-2.

Los contenidos energéticos entregados de la gasolina y el diésel son 34.35 y 38.14 MJ / litro, respectivamente. Se ha considerado que para suministrar 1 MJ de energía como diésel se requiere un aporte energético bruto de 1.32 MJ. Estas cargas de "pre-combustión" de la producción de gasolina y diésel se incluyen en los datos del IWM-2 (los litros se utilizan como unidad, ya que así es como se totaliza el consumo de combustible durante el ciclo de vida). Dado que la mayor parte del consumo de gasolina y diésel en el sistema de gestión de residuos es debido al uso de vehículos pesados, los datos de estos vehículos fueron utilizados como base para calcular las emisiones.

La evaluación económica paralela de los costos generales del sistema de gestión de residuos también requiere datos variables y fijos. Los costos de recolección de residuos domésticos fueron calculados por hogar al año. Como el objetivo del modelo IWM-2 es comparar los costos del sistema completo de gestión de residuos, el costo se calculó como el costo total por año. Para compararlo con otra literatura, se consideró el costo por hogar por año y costo por tonelada de producción por año.

Variable 2 (Gestión integrada y sostenible de residuos)

Definición conceptual. - Incluye el manejo y la gestión local de residuos con la finalidad de proteger la salud de la población, promover la calidad ambiental, desarrollar la sostenibilidad con inclusión y proveer un soporte para la productividad económica que surge en la ciudad de Chachapoyas.

Definición operacional. - Se empleó el instrumento de evaluación rápida desarrollada por Whiteman et al. (2016) y la matriz de apoyo a la toma de decisiones propuesto por GIZ (2017), esta variable compleja fue operacionalizada con 12 ítems (Anexo 8.9).

Para establecer la gestión integrada y sostenible de residuos sólidos para el caso de la ciudad de Chachapoyas se incluyó alguna de las 5 tecnologías de aprovechamiento energético tales como: incineración, coprocesamiento, digestión anaeróbica, relleno sanitario y pirólisis y gasificación; por lo que se realizó una evaluación realista incluso existiendo brechas de información para su implementación en un escenario futuro cercano. Las tecnologías fueron evaluadas cualitativamente mediante diferentes colores para cada una de los 12 ítems, de la siguiente manera: i) verde (V): La tecnología es altamente probable que sea la adecuada; ii) amarillo (A): Se necesita mayor información y/o mejoras a los entornos locales para una planificación concreta e implementación exitosa de la tecnología y iii) rojo (R): La tecnología no es la adecuada y se recomienda mejorar o variar las condiciones locales o seleccionar otra tecnología diferente.

Una vez que se asignaron los colores correspondientes a cada ítem, se procedió a escoger la tecnología que es la más adecuada para su implementación según nuestra realidad local empleando los criterios indicados en la Tabla 5.

Tabla 5 Criterios de evaluación de las tecnologías.

≥ 9 campos son V El resto de campos es A	La tecnología es adecuada para su implementación.
< 9 campos V El resto de campos es A	Hay dudas para la implementación de la tecnología, pues las condiciones actuales no son favorables plenamente.
≥ 1 campo R	La tecnología es inadecuada para su implementación

La operacionalización de variables está resumida en la Tabla 14 del Anexo.

La presente investigación prospectiva tuvo en cuenta lo sugerido por Jerneck et al. (2011), respecto que la investigación de “sostenibilidad integrada” es gradual, comenzando con una primera fase de multidisciplinariedad (de 1 a 2 años), una segunda fase interdisciplinaria (de 3 a 5 años), y una tercera fase transdisciplinaria (de 6 a 10 años). Según Kajikawa (2008) la ciencia de la sostenibilidad no es una “ciencia” según una definición tradicional sino que mientras se estudia, también se está tratando de definirlo.

2.2 Estudio de caracterización de los RSU de la ciudad de Chachapoyas

Se realizó el estudio de caracterización de RSU de la ciudad de Chachapoyas según la Guía para la Caracterización de Residuos Municipales del MINAM (2018) y la Guía para el Cumplimiento de la Meta 06 para ciudades principales tipo B (MEF, 2016).

El estudio se realizó en las etapas siguientes:

- a) **Planificación:** Consistió en la conformación del equipo de campo, coordinación de los aspectos logísticos e identificación de las muestras por fuentes de generación.
- b) **Trabajo de campo y operaciones:** Se realizaron tres estudios de caracterización de residuos sólidos tanto de tipo domiciliario como comercial, en los meses de abril (M1), agosto (M2) y diciembre (M3).
- c) **Análisis de la información de RSU:** Se obtuvo información sobre la generación total, generación *per cápita* de residuos domiciliarios; generación de RSU comerciales, composición, densidad y humedad (sirvió para estimar su potencialidad en la generación de lixiviados y la degradación aeróbica o semiaeróbica).

Los datos relevantes de la composición de residuos fueron agrupados de la siguiente manera:

- papel: papel, cartón y cartón ondulado y productos de papel.
- vidrio: botellas y frascos de vidrio (todos los colores) y vidrio laminado.
- metales: todos los metales, incluidas las latas, que será subdividido en: ferroso y no ferroso.

- plásticos: todos los tipos de resinas plásticas, incluidas botellas, películas, laminados y estará subdividido en plásticos rígidos y películas de plástico.
- textiles: todas las telas y trapos ya sean sintéticos o fibras naturales.
- residuos orgánicos: putrescibles de cocina o jardín y procesamiento de alimentos residuos.
- otros: todos los demás materiales, incluidos materiales finos, cuero y madera de caucho.

2.3 Comparación de las emisiones y costos entre los escenarios propuestos

2.3.1 Propuesta de escenarios de tratamiento de RSU

Un escenario en el LCA es “una descripción de una posible situación futura relevante para aplicaciones específicas de LCA, basada en suposiciones específicas sobre el futuro, y (cuando sea relevante) también incluye la presentación del desarrollo desde el presente al futuro" (Pesonen et.al., 2000).

Los escenarios hipotéticos fueron de tipo predictivo (Tascione y Raggi, 2012) y considerando lo recomendado por Börjeson et al. (2006), fueron establecidos previo cumplimiento de tres fases: (i) La generación de ideas y recolección de datos, para lo cual se tomó las orientaciones para la evaluación de la situación existente (Zurbrügg et al., 2014), la experiencia de países en desarrollo de Asia en el uso de la metodología LCA (Yadav y Samadder, 2018) y como requisitos el Decreto Legislativo No 1278 – Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos que indica que la disposición final de residuos sólidos municipales se realiza en rellenos sanitarios y que el compromiso del Perú es lograr la disminución de los gases de efecto invernadero.

Esta investigación implicó el diseño de escenarios futuros posibles en los cuales se pudo identificar los riesgos y oportunidades de ciertas situaciones para lo cual se tuvo que realizar un proceso sistemático de búsqueda e indagación que requirió la descripción, el análisis, la comparación, la explicación y la predicción, en el cual integró conocimientos cualitativos y cuantitativos. Como el objetivo general determina el nivel de investigación, la presente fue una investigación proyectiva, ya que se encargó de cómo debería o podría ser el tratamiento de residuos sólidos en la ciudad de Chachapoyas. También fue de nivel aplicativo pues planteó como resolver un

problema ambiental mediante la propuesta de un Escenario de tratamiento de residuos usando técnicas estadísticas para evaluar el éxito de una futura intervención.

Según la planificación de la toma de datos a nivel temporal fue de tipo prospectiva; según el número de momentos en que se midieron las variables de estudio fue longitudinal; desde la dimensión táctica, según el contexto y la fuente el diseño de investigación fue de fuente mixta.

Se emplearon escenarios hipotéticos probables de categoría predictiva pues fueron formulados para dar respuesta a la pregunta “¿Qué sucederá?”, sobre la base de datos existentes con la finalidad de compararlos y estimar cómo los cambios específicos en cada Escenario pueden modificar los efectos ambientales y los costos. Es decir, los datos de entrada fueron los producidos en los estudios de caracterización de RSU de la ciudad de Chachapoyas y el objetivo fue prospectivo de tipo exploratorio.

Los escenarios propuestos fueron seis y en cada uno se empleó los datos de los resultados de los estudios de caracterización realizados en los momentos M1, M2 y M3, correspondientes a los meses de abril, agosto y diciembre que fueron establecidos con el supuesto que en aquellos meses existe mayor generación de RSU.

Escenario 1.- Botadero (sin ningún uso de tecnología de tratamiento).

Datos:

- población: 39836 habitantes;
- generación de RSU domiciliarios en M1 =164.0 kg/per/año; M2 = 125.1 Kg/per/año y M3 = 228.1kg/per/año;
- generación de RSU comerciales en M1= 445 t/año; M2 = 513 t/año y M3 = 518 t/año;
- generación total de RSU en M1 = 6978 t; M2 = 5496 t y M3 = 9605 t;
- estudios de caracterización en M1, M2 y M3;
- consumo de combustible: 44491 l/año de los cuales el 10% fue gasolina;
- sistema de recolección puerta a puerta.

Escenario 2: Difiere del Escenario 1 en que se estableció la recuperación de gas y lixiviado de un relleno sanitario.

Datos:

- gas de relleno: 90% recuperado;
- energía recuperada: 100%;
- eficiencia de generación eléctrica: 30%;
- lixiviado de relleno: 95% recuperado;
- eficiencia en el tratamiento: 95%.

Escenario 3: Está basado en el Escenario 3 pero incluye reciclaje en puntos verdes (las personas llevan los reciclables a puntos de recolección).

Datos:

- distancia entre el almacén central y puntos verdes: 10 km;
- cantidad de reciclables recuperada en los puntos verdes:
 - papel: 30 kg/casa/año;
 - vidrio: 7 kg/casa/año;
 - metal Fe: 6kg/casa/año;
 - metal no Fe: 1 kg/casa/año;
 - plástico duro: 7kg/casa/año.

Escenario 4: Tomó como base el Escenario 2 y considera la segregación de los residuos en el hogar, un sistema de recolección de puerta a puerta y transporte a un centro de reciclaje.

Datos:

- recolección del 50% de papel, vidrio, metal y plástico duro;
- pérdida de 8% de materiales por impureza en el centro de reciclaje;
- distancia de 10 km a la planta procesadora.

Escenario 5: Reciclaje y compostaje. Tomó como base el Escenario 4.

Datos:

- reciclaje del 70% de residuos comerciales de papel, latas, vidrio y plástico duro que es transportado al centro de reciclaje;
- los residuos orgánicos son reciclados en un 20% mediante compostaje;
- distancia promedio de traslado de residuos comerciales: 10 km;
- pérdida de masa de compostaje: 50%;

- distancia al relleno sanitario: 10 km.

Escenario 6: Reciclaje, compostaje e incineración. Tomó como base el Escenario 5 e incluyó la incineración de una fracción de los residuos.

Datos:

- 50% de los residuos luego del reciclaje y compostaje es incinerado;
- uso de un solo incinerador;
- la eficiencia de recuperación energética en forma de electricidad fue de 20%;
- distancia del incinerador al relleno sanitario: 10 km;
- recuperación del 90% de metales ferrosos;
- las cenizas generadas por la incineración no fueron reusadas;
- se recupera el 95% de lixiviados de residuos peligrosos;
- la eficiencia de tratamiento de los lixiviados es de 95%.

2.3.2 Comparación de los escenarios mediante LCA

Con los datos de cada uno de los tres estudios de caracterización de residuos se realizó la comparación de los escenarios propuestos según la metodología de análisis de ciclo de vida (Damgaard, 2010) con el objeto de evaluar las cargas medioambientales y los costes económicos (Bovea et al., 2016). El procedimiento para realizar un LCA está descrito en la Norma ISO 14040 (ISO, 2006a) y 14044 (ISO, 2006b), en la guía de la Comisión Europea: general (Comisión Europea [EC] et al., 2010), de recomendaciones (EC et al., 2011) y de interpretación (Centro Común de Investigación [JRS], 2016).

Esta metodología constituyó un paso importante antes de seleccionar las tecnologías, (Arena et al., 2003), cuyas etapas son las siguientes:

- a) Análisis del inventario de ciclo de vida (Inventory Analysis or Life Cycle Inventory, LCI).

Se realizó una descripción del proceso de disposición final de RSU de la ciudad de Chachapoyas, para así construir diagramas de cuantificación de flujos en los cuales se incluyeron entradas y salidas de masa y energía que se denominaron cargas.

El LCI para una gestión de residuos fue: cargas directas, asociadas a las operaciones de gestión de residuos; más cargas indirectas, asociadas a aportar materiales y energía a las operaciones de gestión de residuos; menos cargas evitadas, asociadas con actividades económicas que son desplazadas por los materiales y / o energía recuperada de los residuos. Las cargas directas fueron definibles a nivel local; la ubicación de las cargas indirectas y evitadas normalmente no pueden definirse y sus estimaciones numéricas, al ser generales, fueron obtenidas de bases de datos confiables.

Los datos específicos para las cargas directas fueron extraídos del estudio de caracterización de RSU que fue realizado *in situ*; adicionalmente se usó información secundaria proveniente del expediente técnico del proyecto de código SNIP No 146148 brindado por la Municipalidad Provincial de Chachapoyas, informes publicados en la página web oficial del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos (SIGERSOL) del MINAM y fichas técnicas de maquinaria de los cuales se obtuvo el consumo de combustible. Con lo anterior, se garantizó la calidad de los datos en cuestiones relacionadas con el tiempo, geográficas y tecnológicas, precisión, integridad y representatividad en sus fuentes.

Luego se elaboró una tabla del inventario, que es una lista de materias primas, insumos de energía y materiales, así como de emisiones individuales al aire y agua y generación de residuos sólidos, que luego se utilizaron en la etapa LCIA a través de los escenarios en el software IWM-2.

b) Evaluación de impacto de ciclo de vida (Impact Assessment, LCIA).

Tuvo como objetivo comprender y evaluar la magnitud y la importancia de los posibles efectos ambientales. La LCIA organizó las entradas y salidas en un pequeño conjunto de indicadores de categoría de impacto.

Los principales indicadores de impacto ambiental estuvieron relacionados con cada paso del ciclo de vida del residuo: consumo de recursos naturales (consumo neto de energía; consumo de fuentes no renovables; consumo de agua); contaminación del aire (efecto invernadero; acidificación del aire; emisión de contaminantes);

contaminación del agua y cantidades de residuos sólidos generados (que estuvieron estrictamente relacionados con los requerimientos de volumen del relleno).

c) Interpretación de resultados del LCIA

La estructura lógica implicó que, por cada uno de los estudios de caracterización, se logró los resultados de LCIA por cada Escenario propuesto de tratamiento de residuos (Tabla 6).

Tabla 6 Comparación de escenarios por estudio de caracterización.

Subdimensiones de la variable 1	Tratamientos propuestos				
	E1	E2	E3	...	E6
Emisiones aire					
Emisiones agua					
Costos					

2.4 Análisis de datos

Para evaluar el ciclo de vida de los residuos generados en la ciudad de Chachapoyas se empleó la herramienta informática IWM-2 para la comparación de los escenarios de gestión de residuos, a partir de datos como el número de habitantes y hogares en el área de estudio, la cantidad de residuos generados por persona por año, los estudios de caracterización de residuos, consumo de combustible, costos y eficiencia operativa. Los procesos unitarios incluidos dentro de esta herramienta fueron la generación y recolección de residuos, procesos de clasificación y se analizó el tratamiento biológico, térmico, relleno sanitario y generación de energía, según los escenarios propuestos. Con el uso del IWM-2 se logró predecir las cargas ambientales (emisiones al aire y al agua) de los escenarios propuestos.

Los tres estudios de caracterización de residuos sólidos M1, M2 y M3 (momentos) aportaron la información de la composición de los residuos domiciliarios y comerciales. Los escenarios de tratamiento de residuos (E1, E2...E6) arrojaron valores de emisión para aire y agua.

Para la aplicación válida de la prueba estadística ANOVA (es el acrónimo de análisis de la varianza) mediante la Prueba de Fisher (Prueba F), que es una prueba paramétrica para más de dos muestras independientes con distribución normal, en los momentos y los escenarios se requirió evidenciar el cumplimiento de los supuestos básicos de normalidad, independencia, homogeneidad y aditividad, los cuales fueron verificados por medio de las pruebas de Wilk-Shapiro, Corridas o Rachas, Bartlett y Tukey, respectivamente.

La finalidad de la Prueba F fue conocer si había diferencias significativas entre las medias tanto de los tres momentos como de los escenarios estudiados y explorar entre qué momentos y entre que escenarios se producen esas diferencias mediante los denominados “contrastes a posteriori”.

La fórmula de la Prueba F es: $F = \text{MS entre los grupos} / \text{MS dentro de los grupos}$

Donde, MS = Media de cuadrados (del inglés Mean of Squares).

Las hipótesis estadísticas para la Prueba F fueron:

Ho (Hipótesis nula): Las medias de los momentos o escenarios fueron iguales (provinieron de la misma población, es decir no hubo diferencia significativa).

Ha (Hipótesis alternativa): Al menos un par de medias de los momentos o escenarios fue diferente (es decir si hubo diferencia significativa).

El segundo análisis estadístico realizado fue la Prueba de Comparaciones Múltiples de Tukey más conocida como la Prueba HSD de Tukey (Tukey, 1949) que nos permitió realizar todas las comparaciones posibles de medias individuales de un análisis de varianza con el valor crítico, de par en par, para obtener los correspondientes intervalos de confianza tanto para los momentos como para los escenarios. Se determinó cuáles de los momentos y escenarios generan mayores o menores valores de desviación de las emisiones. La fórmula es la siguiente:

$$(\bar{y}_i - \bar{y}_j) - HSD \leq \mu_i - \mu_j \leq (\bar{y}_i - \bar{y}_j) + HSD$$

Si el anterior intervalo no contiene el 0 se infiere que las medias μ_i y μ_j son diferentes significativamente entre sí.

$$HSD = q_r \sqrt{CME \text{ dentro de grupos} / n}$$

Donde:

HSD = Diferencia honestamente significativa (del inglés Honestly Significant Difference).

CME = Cuadrado medio del error dentro de los grupos obtenido de la tabla de análisis de varianza.

$$EE = \text{Error estándar} = (CME / n)^{0.5}$$

n = muestra.

El valor de q_r se obtiene de la Tabla de Newman-Keul y de Rangos Múltiples de Tukey.

Las hipótesis estadísticas para la Prueba HSD de Tukey fueron:

- a) Si $|\bar{y}_i - \bar{y}_j| \leq HSD \rightarrow$ Se acepta la H_0
- b) Si $|\bar{y}_i - \bar{y}_j| > HSD \rightarrow$ Se rechaza la H_0

Donde:

μ es la media

y_i son las observaciones independientes de una distribución normal con media μ y varianza σ^2

Las hipótesis estadísticas para la Prueba de Tukey fueron:

H_0 (Hipótesis nula): Las medias de los momentos o escenarios fueron iguales (proviene de la misma población, es decir no hay diferencia significativa).

H_a (Hipótesis alternativa): Al menos un par de medias de los momentos o escenarios es diferente (es decir hay diferencia significativa).

Finalmente, la prueba no paramétrica empleada para los momentos y escenarios se realizó con Prueba de Kruskal-Wallis (Prueba H) que sirvió para evaluar si las diferentes muestras correspondieron a la misma población.

El procesamiento de datos se ha realizado con el programa Statistix versión 8.0.

III. RESULTADOS

3.1 Caracterización de los RSU de la ciudad de Chachapoyas

La generación de RSU domiciliarios en los momentos M1, M2 y M3 fue de 164; 125.1 y 228.1 kg/pers/año. A nivel comercial se generó para M1, M2 y M3 la cantidad de 445, 513 y 518 t/año.

En Tabla 7 se observa que los RSU domiciliarios de la ciudad de Chachapoyas tienen un alto componente de residuos orgánicos que varía de 63.5 a 67.3%, siendo los residuos de importancia para el reaprovechamiento el papel (de 5 a 6.8%), metales (de 2.1 a 4.5%), plásticos (de 2.5 a 4.2%) y textiles (de 0.7 a 1.8%).

Tabla 7 Composición de residuos sólidos domiciliarios.

Descripción	Muestras (%)			
	M1	M2	M3	Promedio
Papel	5.0	6.8	6.3	6.0
Vidrio	2.2	2.8	2.1	2.4
Metal	4.5	2.5	2.1	3.0
Plástico	3.9	2.5	4.2	3.5
Textiles	1.0	0.7	1.8	1.2
Orgánicos	63.5	67.3	65.7	65.5
Otros	19.8	17.6	17.8	18.4
Total	100.0	100.0	100.0	100.0
Residuos metálicos				
Con fierro	14.9	61.4	2.1	26.2
Sin fierro	85.1	38.6	97.9	73.8
Residuos plásticos				
Plástico flexible	32.5	82.1	64.2	59.6
Plástico rígido	67.5	17.9	35.8	40.4

Los RSU comerciales tienen una fracción orgánica que va desde 40.2 a 43.3%, con residuos aprovechables como el papel (de 20.9 a 26.4%), metales (de 0.6 a 2.3%), plásticos (de 4.9 a 9.1%) y textiles (de 0.0 a 4.8%), tal como se evidencia en la Tabla 8.

Tabla 8 Composición de residuos sólidos comerciales.

Descripción	Muestras (%)			
	M1	M2	M3	Promedio
Papel	26.4	22.1	20.9	23.1
Vidrio	2.2	0.0	1.5	1.2
Metal	0.6	7.5	2.3	3.5
Plástico	4.9	9.1	8.8	7.6
Textiles	4.8	0.0	0.4	1.7
Orgánicos	40.7	40.2	43.3	41.4
Otros	20.4	21.0	22.8	21.4
Total	100.0	100.0	100.0	100.0
Residuos metálicos				
Con fierro	76.0	95.1	51.2	74.1
Sin fierro	24.0	4.9	48.8	25.9
Residuos plásticos				
Plástico flexible	79.5	93.8	53.2	75.5
Plástico rígido	20.5	6.2	46.8	24.5

3.2 Preselección cualitativa de la tecnología de tratamiento

Con la matriz de apoyo a la toma de decisiones se obtuvo que las tecnologías inadecuadas para el tratamiento de RSU que tuvieron al menos un ítem R fueron la pirólisis y gasificación (11 R), incineración (6R), digestión anaeróbica (8R) y coprocesamiento (7R); en cambio, el uso de relleno sanitario al tener 0R, 8A y 4V se consideró como de implementación potencial (Tabla 9), cuyo análisis complementario se realizó en la sección correspondiente a la evaluación de las emisiones de aire y agua por escenarios, así como en los costos.

Tabla 9 Valoración de las tecnologías de tratamiento.

Ítem	Tecnología:				
	I	C	DA	RS	PG
V	1	1	2	4	0
A	5	4	2	8	1
R	6	7	8	0	11

Nota: I = incineración, C = coprocesamiento, DA = digestión anaeróbica; RS = relleno sanitario, PG = pirólisis y gasificación. V = verde, A = amarillo y R = rojo.

3.3 Comparación de emisiones al aire y agua entre escenarios y momentos

Los datos en detalle de las emisiones al aire y agua obtenidos por cada momento (M1, M2 y M3) y escenario mediante el LCA con el software IWM-2 se encuentran en 36 tablas del Anexo 8.2.

El análisis de los supuestos básicos de varianzas en la emisión en aire permitió establecer que, de las 24 variables en estudio, 8 de ellas presentaron distribución normal, de estas 4 fueron independientes, a su vez de estas 3 evidenciaron homogeneidad de varianzas y 1 cumplió con la condición de aditividad, específicamente, la variable NH_4^+ . En tal sentido, a la variable NH_4^+ por ser la única que cumplió con todos los supuestos básicos, se le aplicó el análisis de varianza paramétrico (Tabla 10) y a las variables restantes se les realizó la prueba estadística no paramétrica de Kruskal – Wallis (Tabla 11). En cuanto a la emisión en agua, se evaluó el cumplimiento de los supuestos de las 27 variables en estudio, resultando que 19 de ellas presentaron distribución normal, de estas 6 fueron independientes y a su vez evidenciaron homogeneidad de varianzas y 1 cumplió con la condición de aditividad, correspondiendo específicamente a la variable Cl^- . En consecuencia, a la variable Cl^- por ser la única que cumplió con todos los supuestos básicos, se le aplicó el análisis de varianza paramétrico (Tabla 12) y a las variables restantes se les aplicó la prueba estadística no paramétrica de Kruskal – Wallis (Tabla 13). Los detalles del análisis de supuestos básicos se encuentran en el Anexo 8.12.

Al estudiar las emisiones al aire en relación con el factor momento, para 23 variables no se detectaron diferencias estadísticamente significativas, mientras que para 1 variable (Mn) si se evidenció diferencias significativas, siendo en los momentos 2 y 3 en los cuales se observaron mayores y menores valores de emisión en aire, respectivamente. En el factor Escenario, para 10 variables no se detectaron diferencias estadísticamente significativas, mientras que para 14 variables si se evidenciaron diferencias significativas, siendo los escenarios 1 así como en 6 y 5, donde se observaron mayores y menores valores de emisión en aire, respectivamente (Tablas 10 y 11).

Tabla 10 Análisis de Varianza y Prueba HSD de Tukey en aire.

Variable	F de V	ANOVA		Prueba de Tukey	
		F	P-valor	< valor	> valor
Amonio	M	0.83 ns	0.4657	Iguales	
	E	1.34 ns	0.3250	Iguales	

Nota: ns = No significativo, * = Significativo (P < 0.05), ** = Altamente significativo (P < 0.01), F de V = Fuente de Variación, M = Momento y E = Escenario.

Tabla 11 Prueba de Kruskal-Wallis y Comparaciones Múltiples en aire.

Variable	F de V	Kruskal-Wallis		Comparaciones múltiples	
		H	P-valor	< valor	> valor
Arsénico	M	0.7799 ns	0.6771	Iguales	
	E	13.7341 *	0.0174	5	1, 2
CH4	M	3.5906 ns	0.1661	Iguales	
	E	12.5556 *	0.0279	6,5	1
CO	M	1.8246 ns	0.4016	Iguales	
	E	13.3509 *	0.0203	6,5	2
CO2	M	4.7135 ns	0.0947	Iguales	
	E	6.9883 ns	0.2215	Iguales	
Cadmio	M	2.6983 ns	0.2595	Iguales	
	E	12.3081 *	0.0308	5,4	1
Cobre	M	1.5897 ns	0.4516	Iguales	
	E	12.8910 *	0.0244	1, 2	6
Cromo	M	2.7071 ns	0.2507	Iguales	
	E	10.5824 ns	0.0603	Iguales	
DF	M	0.0000 ns	1	Iguales	
	E	0.0000 ns	1	Iguales	
GWP	M	1.3099 ns	0.5195	Iguales	
	E	7.9240 ns	0.1605	Iguales	
H2S	M	3.7895 ns	1504	Iguales	
	E	12.3216 *	0.0306	6,5	1
HC clorado	M	3.7895 ns	0.1504	Iguales	
	E	12.3216 *	0.0306	6,5	1
HCl	M	4.6667 ns	0.097	Iguales	
	E	9.3977 ns	0.0942	Iguales	
HF	M	5.3450 ns	0.0691	Iguales	
	E	9.0468 ns	0.1072	Iguales	
Manganeso	M	6.3669 *	0.0414	3	2
	E	8.9090 ns	0.1128	Iguales	
Mercurio	M	1.8417 ns	0.3982	Iguales	
	E	13.3403 *	0.0204	4,5	6
N2O	M	0.7991 ns	0.6706	Iguales	
	E	14.2545 *	0.0141	6,5	1

NOx	M	2.7719 ns	0.2501	Iguales	5,6	1
	E	12.0409 *	0.0342			
Níquel	M	4.6860 ns	0.096	Iguales		
	E	9.8829 ns	0.0786			
Partícula	M	3.5205 ns	0.172	Iguales		
	E	10.7310 ns	0.057			
Plomo	M	0.5731 ns	0.7508	Iguales	2,1	6
	E	14.7544 *	0.0115			
SOx	M	4.2222 ns	0.1211	Iguales		
	E	10.0994 ns	0.0725			
Total HC	M	3.7895 ns	0.1504	Iguales	6,5	1
	E	12.3216 *	0.0306			
Zinc	M	1.4503 ns	0.4843	Iguales	4,5	1
	E	13.7719 *	0.0171			

Nota: ns = No significativo, * = Significativo ($P < 0.05$), ** = Altamente significativo, ($P < 0.01$), F de V = Fuente de Variación, M = Momento y E = Escenario. En las comparaciones múltiples se han colocado los dos menores valores en el orden de prelación de izquierda a derecha.

El análisis de las emisiones al agua respecto al factor momento estableció que para 25 variables no se detectaron diferencias estadísticamente significativas, mientras que para 2 variables (cloruro y fierro) si se evidenciaron diferencias significativas, siendo los momentos 3 y 2 donde se observaron mayores y menores valores de emisión en agua, respectivamente. En el factor Escenario, para 16 variables no se detectaron diferencias estadísticamente significativas, mientras que para 11 variables si se evidenciaron diferencias significativas, siendo los escenarios 1 y 6 donde se observaron mayores y menores valores de emisión en agua, respectivamente (Tablas 12 y 13).

Tabla 12 Análisis de Varianza y Prueba HSD de Tukey en agua.

Variable	F de V	ANOVA		Prueba de Tukey	
		F	P-valor	< valor	> valor
Cloruro	M	17.35 **	0.0006	3	2
	E	13.90 **	0.0003	2, 3, 4	1

Nota: ns = No significativo, * = Significativo ($P < 0.05$), ** = Altamente significativo ($P < 0.01$), F de V = Fuente de Variación, M = Momento y E = Escenario.

Tabla 13 Prueba de Kruskal-Wallis y Comparaciones Múltiples en agua.

Variable	F de V	Kruskal-Wallis		Comparaciones Múltiples	
		H	P-valor	< valor	> valor
AOX	M	0.6082 ns	0.7378	Iguales	
	E	14.6608 *	0.0119	6,5	1
Aluminio	M	4.4511 ns	0.108	Iguales	
	E	10.4466 ns	0.0635	Iguales	
Amonio	M	3.2398 ns	0.1979	Iguales	
	E	11.1520 *	0.0484	4,3	1
Arsénico	M	4.0117 ns	0.1345	Iguales	
	E	10.4035 ns	0.0646	Iguales	
BOD	M	4.8187 ns	0.0899	Iguales	
	E	10.7310 ns	0.057	Iguales	
Bario	M	4.4511 ns	0.108	Iguales	
	E	10.2587 ns	0.0682	Iguales	
COD	M	0.6082 ns	0.7378	Iguales	
	E	14.6140 *	0.0121	6,5	1
Cadmio	M	2.9039 ns	0.2341	Iguales	
	E	12.0858 *	0.0336	4,5	1
Cianuro	M	0.8573 ns	0.6514	Iguales	
	E	14.1716 *	0.0116	5,6	1
Cobre	M	4.1053 ns	0.1284	Iguales	
	E	10.4735 ns	0.0629	Iguales	
Cromo	M	4.0117 ns	0.1345	Iguales	
	E	10.4035 ns	0.0646	Iguales	
DF(TEQ)	M	0.0000 ns	1	Iguales	
	E	0.0000 ns	1	Iguales	
Fenoles	M	3.2398 ns	0.1979	Iguales	
	E	11.0351 ns	0.0507	Iguales	
Fierro	M	6.2222 *	0.0446	3,1	2
	E	8.4386 ns	0.1337	Iguales	
Fluoruro	M	1.7240 ns	0.4223	Iguales	
	E	13.4525 *	0.0195	6,5	1
Fosfato	M	4.4511 ns	0.108	Iguales	
	E	10.7285 ns	0.057	Iguales	
HC clorado	M	3.2767 ns	0.1943	Iguales	
	E	12.0204 *	0.0345	6,5	1
Mercurio	M	4.3492 ns	0.1137	Iguales	
	E	7.2250 ns	0.2044	Iguales	
Níquel	M	4.0117 ns	0.1345	Iguales	
	E	10.4035 ns	0.0646	Iguales	
Nitrato	M	0.7991 ns	0.6706	Iguales	
	E	14.6760 *	0.0118	2,1	6

Plomo	M	4.1053 ns	0.1284	Iguales	
	E	10.3567 ns	0.0657	Iguales	
Sólidos suspendidos	M	3.5556 ns	0.169	Iguales	
	E	10.5439 ns	0.0612	Iguales	
Sulfato	M	5.8012 ns	0.055	Iguales	
	E	8.6023 ns	0.126	Iguales	
Sulfuro	M	4.3689 ns	0.1125	Iguales	
	E	10.2587 ns	0.0682	Iguales	
TOC	M	0.6082 ns	0.7378	Iguales	
	E	15.1754 **	0.0096	2,1	6
Zinc	M	4.0117 ns	0.1345	Iguales	
	E	10.4035 ns	0.0646	Iguales	

Nota: ns = No significativo , * = Significativo (P < 0.05), ** = Altamente significativo, (P < 0.01), F de V = Fuente de Variación, M = Momento y E = Escenario. En las comparaciones múltiples se han colocado los dos menores valores en el orden de prelación de izquierda a derecha.

El cambio de contaminantes entre los escenarios 1 y 5 se visualizan en la Tabla 14.

Tabla 14 Comparación de emisiones entre los escenarios 1 y 5.

Parámetro	Emisión promedio		Disminución de contaminación (%)
	Escenario 1	Escenario 5	
Aire			
Arsénico	0.000000	-0.000636	n.a.
CH ₄	70.878703	5.703448	91.95
CO	0.117438	-0.466617	497.33
Cadmio	0.000001	-0.000005	610.90
H ₂ S	0.036070	0.003226	91.06
HC Clorado	0.006312	0.001955	69.03
Mercurio	0.000000	-0.000004	n.a.
N ₂ O	0.000001	-0.002757	538,645.31
NOx	0.377708	-0.196898	152.13
Total HC	0.360704	0.039725	88.99
Zinc	0.000014	-0.000056	510.54
Agua			
AOx	0.000300	-0.014234	4,845.09
COD	0.342706	-1.359272	496.63
Cadmio	0.000002	-0.000006	366.97
Cianuro	0.000000	-0.039988	n.a.
Fluoruro	0.000059	-0.000021	135.47
HC clorado	0.000154	0.000014	90.87

Notas: (a) : Las emisiones están en kg/t de RSU generados. (b): n.a = no aplicable, debido a que no se detectó el contaminante en el Escenario 1.

Los flujos de residuos con LCA en los escenarios 1 y 5 se muestran en el Anexo 8.16 y corresponden al momento 2, porque es allí cuando se produjo mayores emisiones contaminantes.

3.4 Comparación de costos

Decidir qué tecnología es más conveniente considerando también los costos resulta vital, sin embargo, en la presente investigación, luego de estimar que la generación total de RSU en la ciudad de Chachapoyas es de 7360 t/año, una comparación de costos entre los escenarios 5 y 6 ya no es necesario, dado que para que sea viable técnicamente el Escenario 6, se requiere de al menos una generación promedio anual de RSU de 50000 t/año (Rand et al., 2000) e ideal que sea mayor a 100000 t/año (GIZ, 2017). Si bien hay experiencias de plantas de incineración y generación eléctrica relativamente pequeñas como de 32400 t/año (Liu et al., 2020), se ha demostrado que aún en poblaciones de más de dos millones de habitantes en ciudades de México, los proyectos tienen Valores Presentes Netos y Tasas Internas de Retorno negativas, aún cuando tienen potencial energético (Escamilla et al., 2020). Los costos de construir una planta de incineración depende de las regulaciones, incentivos estatales, diseño, la fabricación en serie y economía de escala, por eso en China la inversión inicial puede ser de 250 usd/t/año y de 840 usd/t/año en Estados Unidos, costos que serían muy superiores para América Latina (Siyuan, 2018).

El costo de una planta de incineración depende del tamaño de su instalación el cual a su vez es directamente proporcional a su eficiencia energética. No obstante, en la Tabla 15 se muestra una comparación de costos entre las tecnologías que se corresponden con diferentes localidades.

Tabla 15 Comparación de costos entre relleno sanitario e incineración.

Tecnología	Capacidad (t/año)	Costos estimados de inversión inicial en USD	Localidad
Relleno sanitario	7 360	2 405 096	Chachapoyas, Perú ⁽¹⁾
Planta de incineración	10 000	18 000 000	Averoy, Noruega ⁽²⁾
	30 000	13 000 000	Isla de Wight, Reino Unido ⁽³⁾
	270 000	27 929 220	Astana, Kazakhstan ⁽⁴⁾
	175 200	90 000 000	Manizales, Colombia ⁽⁵⁾
	438 000	180 000 000	Cartagena, Colombia ⁽⁶⁾

Nota:

Los costos han sido tomados de:

(1) Consultado de Ficha del Sistema Nacional de Inversión Pública.

(2) y (3) Según Themelis et al. (2013).

(4) Tomado de Inglezakis et al. (2015).

(5) y (6) De Ossa et al. (2020).

IV. DISCUSIÓN

Los estudios de caracterización de RSU en la ciudad de Chachapoyas mostraron que la composición de los residuos domiciliarios y comerciales están constituidos principalmente por residuos orgánicos en un porcentaje promedio de 65.5% y 41.4%, respectivamente. La proporción orgánica en residuos domiciliarios analizada es similar al 69.03% en Chimote (Quillos et al., 2018), 70.65% en Trujillo (Boggiano, 2021) y mayor al promedio de 50% para América Latina (ONU, 2018). Esta fracción orgánica puede ser usada como una alternativa de cobertura diaria en el relleno sanitario por sus beneficios en la disminución de GWP, eutrofización y acidificación o como compost por generar menor potencial de agotamiento de recursos abióticos y demanda acumulada de energía fósil (Sardarmehni et al., 2021).

La generación per cápita encontrada de 0.47 kg/hab/día es menor a lo registrado por el Sistema Nacional de Información Ambiental para Amazonas y el Perú con 0.52 y 0.57 kg/hab/día, respectivamente (Sistema Nacional de Información Ambiental [SINIA], 2020) y de 1.06 kg/hab/día en Lima (Lopez y Iannacone, 2021). La fracción aprovechable de los residuos domiciliarios fue de 16.1% y la no aprovechable fue de 18.4%. En los residuos comerciales los aprovechables representaron el 37.2% y los no aprovechables 21.4%. En el presente estudio el sistema de clasificación es básico, pero se puede realizar investigaciones para su optimización según el destino de los mismos (Zhang et al., 2021) e incluyendo el rol de los recolectores informales en la disminución de GWP (Botello et al., 2018).

Como las muestras fueron tomadas durante la pandemia causada por el SARS-CoV-2 (coronavirus del síndrome respiratorio agudo severo - COVID-19), es probable que se hayan producido algunas variaciones en cuanto a la composición de los RSU (Defensoría del Pueblo, 2020); pues se cree que las cuarentenas y bloqueos probablemente hayan modificado el comportamiento de los consumidores, incrementado la demanda de servicios de entrega de alimentos a domicilio, el volumen de envases de plásticos (Liang et al., 2021) y los productos de un solo uso como los guantes, máscaras y equipos de protección personal (Leal et al., 2021 y Benson et al., 2021) cuyo balance neto pudo haber variado, ya que en algunas ciudades la generación de residuos comerciales disminuyó pero aumentó en los hogares.

La preselección cualitativa de tecnologías de tratamiento en base a la matriz de apoyo a la toma de decisiones nos permitió determinar que el relleno sanitario tenía que ser evaluado a nivel ambiental y económico, pues en las tecnologías como pirólisis y gasificación, digestión anaeróbica e incineración no existe experiencia técnica ni administrativa para su operación, la segregación es mínima lo que afecta su viabilidad, no se cuenta con rellenos de seguridad, el marco regulatorio es prácticamente nulo. También el mercado, mecanismos de financiamiento y la sostenibilidad financiera no son factibles.

Se comprobó la utilidad de la metodología de LCA en la selección de mejores prácticas de gestión de RSU, cuyos resultados dependen fundamentalmente de la metodología empleada, la calidad de los datos y la consistencia de los análisis (Iqbal et al., 2020). La evaluación del impacto ambiental total de las opciones de gestión de RSU sirvió para el proceso de selección tecnológica (Balogun et al., 2019 y Caprile, 2020) y análisis de sensibilidad del GWP en la gestión de residuos municipales; por su aplicación empresarial (López et al., 2020) y en las políticas, industria y economía para la toma de decisiones (Pryshlakivsky y Searcy, 2021) no obstante a que el 93% del total de países no han publicado estudio alguno respecto al uso del LCA en la gestión de RSU (Khandelwal et al., 2019). Existen desafíos para que el LCA pueda evaluar las tecnologías emergentes con datos reales que por ahora no se encuentran disponibles al público (Dastjerdi et al., 2021).

Con el análisis de varianza y prueba HSD de Tukey así como la prueba de Kruskal – Wallis y comparaciones múltiples según los supuestos estadísticos estudiados, se probó la hipótesis nula para las emisiones en aire de los momentos M1, M2 y M3 correspondiente a 23 de los 24 parámetros estudiados (95.8%), siendo que sólo el Mn se produjo en la ciudad de Chachapoyas en cantidades que se consideran diferentes ($p < 0.05$). También en las emisiones en agua para los momentos M1, M2 y M3 se confirmó la hipótesis nula en 25 de las 27 variables (92.6%), habiéndose encontrado diferencia significativa sólo en las variables Cl y Fe. Es decir, para el factor Momento, de los 51 parámetros ambientales estudiados, 48 (94.1%) no presentaron cambios significativos, lo que significa que durante los tres momentos de haber obtenido las muestras de RSU, los contaminantes en las emisiones de aire y agua se mantiene en

valores similares. Estos resultados son los esperados en el planteamiento investigativo realizado.

Mediante las pruebas estadísticas antes mencionadas las emisiones en aire en el factor escenarios tuvieron diferencias estadísticamente significativas en el 58.3% de los parámetros (14 de 24). Del mismo modo los cambios en los valores de emisiones al agua han sido estadísticamente significativos ($p < 0.05$) para el 42.3% de los parámetros (11 de 26) en los escenarios estudiados. Al comparar el porcentaje del total de parámetros de emisiones con significancia estadística queda claramente evidenciado que en el factor Emisiones el 49% (25 de 51) de los parámetros cumplen la hipótesis alternativa y sólo un 5.9% (3 de 51) del factor Momento lo cumplen. Estos resultados nos permitieron prescindir del factor Momento y optar por el factor Emisiones en la propuesta de escenarios para la selección del tratamiento de RSU para la ciudad de Chachapoyas.

El escenario 1 (sin ningún tipo de tratamiento de residuos) es el que genera mayor cantidad de emisiones contaminantes según el 33.3% (17 de 51) de los parámetros ambientales analizados. En el caso del Escenario 6 (incineración) si bien la preselección cualitativa los descartó como potencial tecnología a implementar, se decidió evaluarlo ambientalmente para contar con mayores elementos de decisión. Los escenarios 5 y 6 son los que presentan menores emisiones de contaminantes para el 33.3% (17 de 51) y 23.5% (12 de 51) de los parámetros evaluados, respectivamente.

Se determinó que los gastos de inversión para el Escenario 6 son muy elevados en relación al Escenario 5; ya que el costo de inversión para un relleno sanitario fue de 327 USD/t en comparación con el costo de inversión para una planta de incineración de tamaño pequeño, que en el mejor de los casos se ha reportado de 1800 USD/t, con variaciones que pueden disminuir cuando la generación anual de RSU sea a mayor escala (es decir de al menos 4 hasta 60 veces según lo analizado). Además, la muy baja cantidad de residuos generados en la ciudad de Chachapoyas aptos para incineración fue en promedio 3680 t/año (7,4 % del mínimo de 50000 t/año requerido), por eso la búsqueda de un sistema energético sostenible de conversión de RSU a energía mediante el uso de una planta de incineración no fue viable ni técnica ni económicamente, ya que el tamaño de la planta requerida sería tan pequeña que no sería rentable ni eficiente, pues ya ha sido demostrado que la eficiencia termodinámica y tecnológica de este tipo de plantas se ve

afectada significativamente por su tamaño (Bogale y Viganò, 2014). Si bien la conversión de residuos a energía mediante incineración, pirólisis y gasificación resultan con beneficios ambientales netos, estos operan 2000 t/día de desechos residuales, lo cual solo aplica a ciudades metropolitanas (Dong et al., 2019).

Si bien en todos los escenarios de emisiones no hubo diferencia significativa ($p = 0.1605$) respecto al potencial de calentamiento global (GWP); en el Escenario 5 el impacto ambiental de una tonelada de RSU por año en relación con las emisiones al aire contribuyó con un GWP de aproximadamente 149-209 kg equivalente a CO_2 , NH_4^+ y N_2O combinados, seguido de 38 a 154 kg de $\text{CO}_2\text{-eq}$ ($p = 0.2215$) y con una acidificación por SO_x ($p = 0.0725$) y eutrofización con PO_4^3 ($p = 0.057$) prácticamente nula. Estos valores están muy por debajo a lo reportado por Ferronato et al. (2021) con 341 a 552 kg $\text{CO}_2\text{-eq}$, 0,4468 a 0,5901 kg $\text{SO}_2\text{-eq}$ y 0,1791-0,1799 kg $\text{PO}_4^3\text{-eq}$ y a los 623 kg $\text{CO}_2\text{-eq}$ y a las emisiones de SO_2 de por vida de 0.26 kg estimados por (Rabl y Spadaro, 2015). Los contaminantes que tuvieron variación significativa en aire fueron el As ($p = 0,0174$), CH_4 ($p = 0.0279$), CO ($p = 0.0203$), Cd ($p = 0.0308$), Cu ($p = 0.0244$), H_2S ($p = 0.0306$), HC Clorado ($p = 0.0306$), Hg ($p = 0.0204$), N_2O ($p = 0.0141$), NO_x ($p = 0.0342$), HC total ($p = 0.0306$) y Zn ($p = 0.0171$).

Al comparar el Escenario 5 con respecto al Escenario 1, se demostró que el promedio anual en kg por tonelada de RSU de las emisiones de CH_4 , NO_x , H_2S , HC total y HC clorado en el aire disminuyeron en 91.9; 152.1; 91.1 y 89.7%, respectivamente. La reducción del CH_4 cobra especial importancia ya que el biogás está constituido principalmente de CH_4 (60%) y CO_2 (35-40%) y trazas de NH_3 , H_2S , H_2O_2 , N_2 y CO (Abdeshahian et al., 2016) y en el hecho que su GWP es 34 veces mayor que el CO_2 en un periodo de 100 años (IPCC, 2013). La disminución de GWP de 87.4% en el Escenario 5 concuerda con lo estudiado por Ferronato et al. (2021) quienes encontraron que un sistema de recolección eficiente puede reducir el GWP y potencial de eutrofización en aproximadamente 75% y 55%, respectivamente. También Ziegler et al. (2019) hallaron que el uso de un relleno sanitario con la quema de biogas puede reducir el GWP entre 50% y 76% lo cual es conveniente si consideramos que la emisión de los GEI en los primeros 5 años es menor en zonas andinas y los escenarios con sistema de captura y combustión de biogas resultó menos contaminante y adecuado para países en desarrollo (Caicedo et al., 2021). Hubo un incremento significativo en aire de Cu ($p = 0.0244$) y Pb

($p = 0.0115$); sin embargo, se puede afirmar que estos contaminantes por las pequeñas cantidades emitidas no superaron los valores máximos de concentración permitidos. En las comparaciones de las emisiones al agua entre el Escenario 5 y el 1, se evidenció un incremento significativo de los TOC ($p = 0.0096$) y NO_3^- ($p = 0.0118$) a valores de 0.0730 y 0.0225 kg/t, respectivamente; pero hubo una disminución significativa en los contaminantes AOx ($p = 0.0119$), NH_4^+ ($p = 0.0484$), COD ($p = 0.0121$), Cd ($p = 0.0336$), CN^- ($p = 0.0116$), F^- ($p = 0.0195$) y HC Clorado ($p = 0.0345$), lo cual resulta muy importante ya que la contaminación de agua subterránea por lixiviados no tratados puede darse por Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb y Zn así como por Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , NH_4^+ , Fenol y DQO (Mor et al., 2006) y microplásticos tales como polietileno, polipropileno y poliestireno (Nurhasanah et al., 2021) que pueden servir de vehículos de otros contaminantes tales como metales pesados, hidrocarburos aromáticos policíclicos, bifenilos policlorados, perfluoroalquilos y sustancias polifluoradas (Golwala et al., 2021). La relación de BOD/COD en el Escenario 5 fue de 0.042 (< 0.01) lo que indicó que el lixiviado tuvo concentraciones bajas de ácidos grasos volátiles y cantidades relativamente más altas de compuestos húmicos y fúlvicos (Kjeldsen et al., 2002). El aumento de pequeñas trazas de NO_3^- indicó toxicidad en el lixiviado lo que implica la realización de futuros estudios para determinar su relación con las comunidades microbianas del relleno sanitario (Naveen et al., 2021) y conocer el contenido de metales pesados en los sedimentos y los sólidos en suspensión (Xaypanya et al., 2018).

En los modelamientos la generación total de biogás en la ciudad de Chachapoyas no proporcionó suficiente gas para abastecer el funcionamiento, al menos parcial, de un incinerador, aún cuando la eficiencia de recolección establecida fue de 90%, ya que este tipo de tecnologías podrían ser reales para ciudades de más de 100 mil habitantes (Posada, 2020), pues un sistema de recuperación de energía puede activarse cuando la generación de biogás recolectada es mayor $10 \text{ m}^3/\text{min}$ por al menos un año (Wang et al., 2021) ya que el poder calorífico del gas residual es menor que el industrial producido en refinerías (Rangel et al., 2017).

Por las proyecciones realizadas de las emisiones en aire y agua así como por los costos de escala y porque en un solo día de funcionamiento con una incineradora se agotaría la disponibilidad de los residuos a tratar, la propuesta de tratamiento óptimo seleccionada para contribuir a la gestión integral y sostenible de RSU en la ciudad de Chachapoyas fue

el Escenario 5 cuya simulación incluyó la disposición en un relleno sanitario con una alta eficiencia de recolección y recuperación de gas de 90% y 75%, respectivamente y una composición de más de 40% de carbono fósil (Anshassi et al., 2021). El reaprovechamiento y compostaje lograrían que las bajas cantidades de fracciones biodegradables reduzcan las emisiones contaminantes y las tasas de producción de lixiviados (Sauve y Van , 2020). Se puede optar por la construcción de un relleno sanitario semianaeróbico por su mejor eficiencia de estabilización y seguridad en comparación con uno de tipo anaeróbico (Grossule y Lavagnolo, 2017; Adam et al., 2017 y Madon et al., 2019), con un sistema de recirculación que tendría un efecto positivo en la tasa de degradación de residuos sólidos, en la cantidad de lixiviados y en la disminución de las emisiones de NH_4^+ (Šan y Onay, 2001 y Sinan et al., 2006). Así mismo, la propuesta realizada cumple con lo establecido en el literal j de artículo 6 del Decreto Legislativo N° 1278 – Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos y sus modificatorias y el artículo 41° del Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM; para su implementación se tendría que cumplir con la Resolución Ministerial N° 165-2021-MINAM que aprueba la guía para la identificación de zonas potenciales para la infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales, con la Resolución Ministerial N° 144-2021- MINAM que aprueba la guía para la formulación y evaluación de instrumentos de gestión ambiental para las infraestructuras de residuos sólidos, los estándares de calidad ambiental para aire, agua y suelo aprobados con los Decreto Supremos N° 003, 004 y 011-2017-MINAM, respectivamente.

La propuesta realizada requiere para su funcionamiento operaciones más limpias y seguras, una cultura de valoración, uso y sostenibilidad, cuya implementación requiere de un proceso multidimensional e interdisciplinario que debe comprender las consideraciones sociopolíticas, preocupaciones ambientales, capacidades económicas y los avances tecnológicos. El beneficio ambiental de la implementación de un sistema integrado de gestión de residuos sólidos para reemplazar el uso exclusivo de un botadero, relleno sanitario o incineración ha sido estimado en una disminución de GWP de 33% a 154% (Zhang et al., 2021), lo cual resulta conveniente si consideramos que los rellenos sanitarios contribuyen con el 11% del total de CH_4 antropogénico en el mundo (Agencia de Protección Ambiental [EPA], 2012).

Si bien la contaminación ambiental del aire incluye diversas fuentes como material particulado urbano que proviene del tráfico, actividades industriales, quema de combustibles domésticos, fuentes humanas diversas, polvo natural y sales (Karagulian et al., 2015) los beneficios de la reducción de emisiones mediante la implementación del Escenario 5 favorecería la salud a largo plazo ya que los procesos biológicos que subyacen a los efectos adversos para la salud pueden tardar años en evidenciarse pues están asociados con una compleja matriz de factores genéticos, ambientales, biológicos, determinantes sociales y estilos de vida (Graham y White, 2016) y estarían conexos por ejemplo a la disminución de molestias olfativas (Chemel et al., 2012), reducción de enfermedades (Gowers et al., 2021) y del riesgo de mortalidad no accidental asociada al estrés oxidativo en la sangre, vías respiratorias (Pinault et al., 2017) y efectos cardiovasculares dependientes de la concentración de material particulado (Orach et al., 2021) que puede contener carbono elemental y orgánico, metales como el Cu y Zn, elementos inorgánicos, hidrocarburos poliaromáticos y material biológico, los cuales estimulan la generación de reacciones de nitrógeno y oxígeno (Molina et al., 2020; Crobeddu et al., 2017).

La exposición ante PM 2.5 a largo plazo ha sido causante del 7.6% de mortalidad total en el mundo y del 4.2% de los años de vida ajustados por discapacidad (Cohen et al., 2017), incluso con valores de concentración por debajo de los niveles normados (Di et al., 2017), por eso los contaminantes del aire se consideran un factor de riesgo asociado a muchas enfermedades de tipo autoinmune y neurodegenerativas como el Alzheimer y el Parkinson (Jankowska et al., 2021), enfermedades pediátricas como la obesidad, trastornos del neurodesarrollo, partos prematuros, bajo peso al nacer, pérdida del coeficiente intelectual y cánceres pediátricos (Brumberg y Karr, 2021); por lo que una gestión adecuada de los RSU como parte de las políticas ambientales ante el cambio climático favorecería la generación de co-beneficios a los ecosistemas y a la salud que serían mayores si los comparamos con los costos de mitigación (Markandya et al., 2018 y Deng et al., 2018).

En la presente investigación no se realizó un abordaje de la dimensión social de los escenarios de tratamiento de residuos sólidos, ya que para ello es necesario que el tipo de tratamiento haya sido desarrollado en un proyecto de ingeniería y se haya seleccionado el lugar de su funcionamiento (etapa que no corresponde a la presente investigación). Por

ejemplo, para establecer el número de empleados que se necesitarían se requiere que el sistema de manejo y gestión esté por lo menos diseñado y en funcionamiento; para el caso de estimar la percepción social se tendría que evaluar el nivel de satisfacción de la población y su nivel de participación en las tareas de manejo de residuos; en lo concerniente a estudiar el riesgo a la salud de la población dependerá de la magnitud de la exposición a los residuos según la tecnología adoptada, el manejo que se aplique, la segmentación del paisaje y los impactos visuales que cause, en términos cualitativos y en lo concerniente a la seguridad pública se tendría que tener datos de valorización de los residuos y la cantidad real de residuos enviados a disposición final en términos porcentuales. Entonces, para poder realizar un estudio de la dimensión social se requiere información técnica y operativa del sistema en marcha, para que se pueda realizar encuestas públicas, comunicaciones personales con los actores involucrados y mediciones operativas, lo que no es factible en esta etapa de investigación.

El presente estudio nos muestra una perspectiva de la aplicación del LCA en la gestión de RSU y puede ser el inicio de futuros desafíos que se apliquen para identificar, evaluar y diagnosticar los diferentes tipos de manejo y gestión de los RSU, para ello los investigadores podrán seleccionar las áreas de intervención, el alcance de los estudios, las unidades funcionales, sensibilidad, incertidumbre, la normativa ambiental aplicable, las categorías de impacto, los modelos computacionales, escenarios, sistemas de prevención o mitigación de los impactos que afectan la salud humana, los ecosistemas o los recursos naturales y propuestas de gestión; pero un aspecto fundamental será la necesidad de contar con información primaria del flujo de residuos específicos, proceso que es lento y costoso, pero que de manera progresiva se deberá ir consiguiendo si lo que pretendemos alcanzar es la gestión integral y sostenible de los RSU en nuestro país.

V. CONCLUSIONES

1. Los estudios de caracterización de los RSU de la ciudad de Chachapoyas establecieron que la composición orgánica de los residuos domiciliarios y comerciales fue de 65.5% y 41.4%, respectivamente. Los residuos reaprovechables domiciliarios representaron en promedio del total: papel 6%, vidrio 2.4%, plástico 3.5% y textiles 1.2% y para los domiciliarios: papel 23.1%, vidrio 1.2%, metal 3.5%, plástico 7.6% y textiles 1.7%.
2. Se demostró que en la situación actual (escenario 1) se generó más emisiones contaminantes en el aire y agua según el 45.1 % (23 de 51) de los parámetros ambientales estudiados tanto en aire (Ar, CH₄, Cd, H₂S, HC clorado, N₂O, NOX, HC total y Zinc) como en agua (Cl⁻, AOX, NH₄⁺, COD, Cd, CN⁻, F⁻ y HC clorado).
3. El escenario 6 (que incluye una planta de incineración) es inviable técnica y económicamente ya que la generación de RSU aptos para aplicar esta tecnología sólo cubre el 7.4% de lo mínimo requerido y los costos de inversión resultan por lo menos 6 veces más caros en comparación al escenario 5 (contempló un relleno sanitario) sin considerar que el tamaño de escala de una hipotética planta sería de 4 hasta 60 veces más pequeña que las experiencias internacionales, lo cual incrementaría los costos de inversión.
4. El tratamiento óptimo seleccionado para contribuir a la gestión integral y sostenible de RSU en la ciudad de Chachapoyas es el escenario 5 que comprende la disposición en un relleno sanitario, con segregación en los hogares, con un sistema de recolección de puerta en puerta, centro de reciclaje y generación de compost ya que generó menos emisiones contaminantes en el 33.3% (17 de 51) de los parámetros analizados tanto en aire (Ar, CH₄, CO, Cd, H₂S, HC clorado, Hg, N₂O, NOx, HC total y Zn) como en agua (AOx, COD, Cd, CN⁻, F⁻ y HC clorado).

VI. RECOMENDACIONES

1. Para la selección del lugar de ubicación de la infraestructura del relleno sanitario se debe identificar y priorizar los criterios socioeconómicos, físicos y ambientales, previa consideración de las opiniones de los actores sociales pudiendo emplearse el método Delphi, la teoría de Shannon o la metodología de agrupación de Gray. Para la elección del lugar más adecuado se puede solicitar el apoyo de los técnicos expertos en el procesamiento de información mediante alguno de los métodos de apoyo a las decisiones de manera individual o combinada con Sistemas de Información Geográfica, LCA o la teoría difusa (Canelo, 2021).
2. Es importante aprobar la ejecución de proyectos de tratamiento de RSU solo cuando se tenga un diseño conceptual claro a nivel de ingeniería, teniendo cuidado de considerar contingencias desde por lo menos el mediano plazo.
3. Promover el desarrollo de modelos de evaluación de la gestión municipal de RSU mediante la selección, adaptación o elaboración de indicadores medibles y comparables que prioricen las materias de sostenibilidad, desempeño, eficiencia y eficacia.
4. Realizar estudios para cuantificar los múltiples impactos medioambientales, económicos y sanitarios a causa de la contaminación del aire como línea base para establecer políticas ambientales y energéticas como punto de partida para mejorar nuestra capacidad predictiva sobre los impactos en los ecosistemas terrestres, el clima y la salud humana local.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdeshahian, P., Shiun Lim, J., Shin Ho, W., Hashim, H., & Tin Lee, C. (2016). Potential of biogas production from farm animal waste in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 714-723.
- Adam, N. H., Yusoff, M. S., & Aziz, H. A. (2017). Biodegradability of semi-aerobic leachate. *AIP Conference Proceedings*, 1892(1), 101063 .
- Agencia de Cooperación Técnica Alemana-GTZ y Comisión Mexicana de Infraestructura Ambiental - COMIA. (2003). *La Basura en el limbo: Desempeño de gobiernos locales y participación privada en el manejo de residuos urbanos*. México. Retrieved 19 de enero de 2017, from http://centro.paot.org.mx/documentos/varios/basura_limbo.pdf
- Agency for International Development (USAID). (2021). *Clean Cities, Blue Ocean. Initial Solid Waste Management Assessment (Peru)*. Retrieved 18 de Septiembre de 2021, from https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00XWPM.pdf
- Akhavan Limooodehi, F., Masoud Tayefeh, S., Heydari, R., & Ali Abdoli, M. (2017). Life cycle assessment of municipal solid waste management in Tehran. *Environmental Energy and Economic Research*, 1(2), 207-218. Retrieved 14 de Septiembre de 2018, from http://www.eeer.ir/article_47247_10610ca967d312bf0247dddffbd976a1.pdf.
- Anschütz, J., IJgosse, J., & Scheinberg, A. (2004). *Putting integrated sustainable waste management into practice. Using the ISWM Assessment Methodology*. Gouda: Waste. Retrieved 23 de enero de 2017, from https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/schwerpunkte/sep/CLUES/Toolbox/t12/D12_1_Anschuetz_et_al_2004.pdf.
- Anshassi, M., Sackles, H., & Townsend, T. G. (2021). A review of LCA assumptions impacting whether landfilling or incineration results in less greenhouse gas emissions. *Resources, Conservation & Recycling*, 174, 105810.
- Arena, U., Mastellone, M. L., & Perugini, F. (2003). The environmental performance of alternative solid waste management options: a life cycle assessment study. *Chemical Engineering Journal*, 96, 207-222. Retrieved 15 de Setiembre de 2018, from http://www.hia21.eu/dwnld/20131229_The%20environmental%20performance%20of%20alternative%20solid%20waste.pdf.

- Assamoi, B., & Lawryshyn, Y. (2011). The environmental comparison of landfilling vs. incineration of MSW accounting. *Waste Management*, 1-12. Retrieved 29 de Agosto de 2018, from http://www.hia21.eu/dwnld/20131216_The%20environmental%20comparison%20of%20landfilling%20vs.%20incineration%20of%20MSW%20accounting.pdf.
- Association International Solid Waste - ISWA. (2011). *ISWA Key Issue Paper on Waste Prevention, Waste Minimization and Resource Management*. Viena: ISWA. Retrieved 15 de Septiembre de 2018, from http://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/pdf/ISWA%20International%20Solid%20Waste%20Association.pdf.
- Azapagic, A. (1999). Life cycle assessment and its application to process selection, design and optimisation. *Chemical Engineering Journal*, 73, 1-21. Retrieved 14 de Enero de 2018, from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.202.490&rep=rep1&type=pdf>.
- Balogun Adeleye, R. M., Longe, E. O., & Aiyesimoju, K. O. (2019). Environmental assessment of municipal solid waste (MSW) disposal options: A case study of Olushosun landfill, Lagos State. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 640, pág. 012091.
- Banar, M., Cokaygil, Z., & Ozkan, A. (2009). Life cycle assessment of solid waste management options for Eskisehir, Turkey. *Waste Management*, 29, 54 - 62. Retrieved 12 de Diciembre de 2018, from https://www.researchgate.net/publication/5570922_Life_cycle_assessment_of_solid_waste_management_options_for_Eskisehir_Turkey.
- Benoît, C., Norris, G., Valdivia, S., & Citroth, A. (2010). The Guidelines for Social Life Cycle Assessment of products: Just in time! *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 15(2), 156-163. Retrieved 7 de Agosto de 2018, from https://www.researchgate.net/publication/225546012_The_Guidelines_for_Social_Life_Cycle_Assessment_of_products_Just_in_time/download.
- Benson, N. U., Bassey, D. E., & Palanisami, T. (2021). COVID pollution: impact of COVID-19 pandemic on global plastic waste footprint. *Heliyon*, 7, e06343.
- Bisinella, V. (2017). *Future scenario development within life cycle assessment of waste management systems*. Kongens Lyngby: Department of Environmental Engineering, Technical University of Denmark (DTU).

- Bogale, W., & Viganò, F. (2014). A preliminary comparative performance evaluation of highly efficient Waste-to-Energy plants efficient Waste-to-Energy plants. *Energy Procedia*, 45, 1315-1324.
- Boggiano Burga, M. L. (2021). Diagnóstico y caracterización de los residuos sólidos domiciliarios de a ciudad de Trujillo – Perú, 2019-2020. *Revista Ciencia y Tecnología*, 17(3), 61-72.
- Börjeson, L., Höjer, M., Dreborg, K. H., Ekvall, T., & Finnvedena, G. (2006). Scenario types and techniques: Towards a user's guide. *Futures* 2006, 38, 723-739. Retrieved 2 de Septiembre de 2018, from <http://paper.shiftit.ir/sites/default/files/article/1GIII-L%20Borjeson-2006.pdf>.
- Botello Álvarez, J., Rivas García, P., Fausto Castro, L., Estrada Baltazar, A., & Gomez Gonzalez, R. (2018). Informal collection, recycling and export of valuable waste as transcendent factor in the municipal solid waste management: A Latin-American reality. *Journal of Cleaner Production*, 182, 485-495.
- Bovea, M., Cruz Sotelo , S. E., Mercante, I., Coutinho Nobrega, C., Eljaiek Urzola, M., & Ibañez Forés , V. (2016). Aplicación de la metodología del ciclo de vida para evaluar el desempeño ambiental de sistemas de gestión de residuos en Iberoamérica. *Rev. Int. Contam. Ambie*, 32, 23-46. Retrieved 12 de abril de 2017, from <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2016.32.05.03/46671>.
- Brumberg, H. L., & Karr, C. J. (2021). Ambient Air Pollution: Health Hazards to Children. *Pediatrics*, 147(6), 1-13.
- Caicedo Concha, D. M., Sandoval Cobo, J. J., Stringfellow , A., & Colmenares Quintero, R. F. (2021). An evaluation of final disposal alternatives for municipal solid waste through life cycle assessment: A case of study in Colombia. *Cogent Engineering*, 8, 1956860.
- Canelo Dávila, C. A. (2021). Criterios y métodos para seleccionar la ubicación de los rellenos sanitarios. *Rev. de investig. agroproducción sustentable*, 5(2), 9-19.
- Cantanhede, A., Monge, G., Sandoval Alvarado, L., & Caycho Chumpitaz, C. (2006). Procedimientos estadísticos para lo estudios de caracterización de residuos. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo y práctica*, 1(1), s/p. Retrieved 19 de enero de 2018, from <http://www.revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/download/13553/12897>

- Caprile, M. D. (2020). *Modelado de los impactos ambientales de la disposición final de residuos sólidos urbanos en rellenos sanitarios basado en el Análisis de Ciclo de Vida*. Trabajo de tesis para optar por el título de Doctor en Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de General Sarmiento, Universidad Nacional de General Sarmiento, Buenos Aires. Retrieved 05 de Noviembre de 2021.
- Chemel, C., Riesenmey, C., Batton Hubert, M., & Vaillant, H. (2012). Odour-impact assessment around a landfill site from weather-type classification, complaint inventory and numerical simulation. *Journal of Environmental Management*, 93 (1), 85-94. <https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/51771113>
- Cleary, J. (2009). Life cycle assessments of municipal solid waste management systems: a comparative analysis of selected peer-reviewed literature. *Environment International*, 35, 1256-1266. Retrieved 10 de Agosto de 2018, from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19682746>.
- Cohen, A. J., Brauer, M., Burnett, R., Anderson, H. R., Frostad, J., Estep, K., Balakrishnan, K., Brunekreef, B., Dandona, L., Dandona, R., & Feigin, V. (2017). Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *Lancet*, 389, 1907-1918.
- Cointreau, S. (2001). *Declaration of Principles For sustainable and integrated solid waste management (SISWMN)*. Washington DC: The World Bank. Retrieved 21 de febrero de 2017, from <http://siteresources.worldbank.org/INTUSWM/Resources/siswm.pdf>.
- Congreso de la República. (2014). *Dictamen de la Resolución Legislativa N° 3165/2013-PE, que propone aprobar la "Enmienda al Convenio de Basilea sobre Control de los Movimientos Transfronterizos de los desechos Peligrosos y su Eliminación"*. Lima. Retrieved 12 de marzo de 2017, from [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/comisiones/2014/com2014relext.nsf//pubweb/E076595EF424FAF005257DF1005C6DFA/\\$FILE/RLN%C2%B030248PAG180.PDF](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/comisiones/2014/com2014relext.nsf//pubweb/E076595EF424FAF005257DF1005C6DFA/$FILE/RLN%C2%B030248PAG180.PDF)
- Crawford, R. H., Bontinck, P. A., Stephan, A., Wiedmann, T., & Yu, M. (2018). Hybrid life cycle inventory methods – a review. *Journal of Cleaner Production*, 172, 1273-1288. Retrieved 6 de Agosto de 2018, from <http://unsworks.unsw.edu.au/fapi/datastream/unsworks:48597/bin047bc11b-fe45-4e92-ba1a-4b5a99d46b36?view=true>.

- Crobeddu, Arago Santiago, L., Bui, L.-C., Boland, S., & Baeza Squiban, A. (2017). Oxidative potential of particulate matter 2.5 as predictive indicator of cellular stress. *Environmental Pollution*, 230, 125-133.
- Da Silva, L. (2017). *Indicadores da gestão de resíduos sólidos urbanos: uma visão voltada à sustentabilidade*. Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura . Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Retrieved 14 de Octubre de 2019, from <http://tede.upf.br/jspui/handle/tede/1366>. 06 SET
- Damgaard, A. (2010). *Implementation of life cycle assessment models*. PhD Thesis, Technical University of Denmark, Lyngby. Retrieved 23 de febrero de 2017, from <http://www2.er.dtu.dk/publications/fulltext/2010/ENV2010-103.pdf>.
- Dastjerdi, B., Strezov, V., Ali Rajaeifar, M., Kumar, R., & Behnia, M. (2021). A systematic review on life cycle assessment of different waste to energy valorization technologies. *Journal of Cleaner Production*, 290, 125247.
- Dastjerdi, B., Strezov, V., Ali Rajaeifar, M., Kumar, R., & Behnia, M. (2021). A systematic review on life cycle assessment of different waste to energy valorization technologies. *Journal of Cleaner Production*, 290, 125747.
- Defensoría del Pueblo. (2020). *Gestión de los residuos sólidos en el Perú en tiempos de COVID-19. Recomendaciones para proteger los derechos a la salud y el ambiente*. Lima: Serie Informes Especiales N° 24-2020-DP. Retrieved 23 de Octubre de 2021.
- Deng, H.-M., Liang, Q.-M., Liu, L.-J., & Diaz Anadon, L. (2018). Co-benefits of greenhouse gas mitigation: a review and classification by type, mitigation sector, and geography. *Environ. Res. Lett.*, 12, 123001.
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). (2017). *Waste to Energy Options in Municipal Solid Waste Management: A Guide for Decision Makers in Developing and Emerging Countries*. Eschborn, Germany. Retrieved 8 de Septiembre de 2018, from <https://d-nb.info/1135064423/34>.
- Di, Q., Wang, Y., Zanobetti, A., Wang, Y., Koutrakis, P., Choirat, C., Dominici, F., & Schwartz, J. (2017). Air Pollution and Mortality in the Medicare Population. *N Engl J Med*, 376, 13-22.
- Dong, J., Tang, Y., Nzihou, A., & Chi, Y. (2019). *Key factors influencing the environmental performance of pyrolysis, gasification and incineration Waste-to-*

- Energy technologies*. Retrieved 29 de Diciembre de 2021, from <https://hal-mines-albi.archives-ouvertes.fr/hal-02161846>
- Environmental Protection Agency (EPA). (2012). *Global Anthropogenic Non-CO2 Greenhouse Gas Emissions: 1990 - 2030*. Washington, DC: Office of Atmospheric Programs. Retrieved 29 de Septiembre de 2021, from https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-08/documents/epa_global_nonco2_projections_dec2012.pdf
- Escamilla García, P. E., Camarillo López, R. H., Carrasco Hernández, R., Fernández Rodríguez, E., & Legal Hernández, J. M. (August de 2020). Technical and economic analysis of energy generation from waste incineration in Mexico. *Energy Strategy Reviews*, 31, 100542.
- European Commission (EC), Joint Research Centre (JRS) , Institute for Environment and Sustainability (IES). (2010). *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance*. Luxembourg: European Union. Retrieved 11 de Mayo de 2018, from <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/ILCD-Handbook-General-guide-for-LCA-DETAILED-GUIDANCE-12March2010-ISBN-fin-v1.0-EN.pdf>.
- European Commission (EC), Joint Research Centre (JRS) , Institute for Environment and Sustainability (IES). (2011). *International recommendations for life cycle impact - Recommendations for life cycle impact assessment in the European context* (First edition ed.). Luxemburg: Publications Office of the European Union. Retrieved 6 de Marzo de 2017, from <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/ILMO.-Recommendation-of-methods-for-LCIA-def.pdf>.
- Fauré, E., Arushanyan, Y., Ekener, E., Miliutenko, S., & Finnveden, G. (2017). Methods for assessing future scenarios from a sustainability perspective. *European Journal of Futures Research*, 5, 17-36.
- Ferronato, N., Moresco, L., Guisbert Lizarazu, G. E., Gorrity Portillo, M. A., Conti, F., & Torretta, V. (2021). Sensitivity analysis and improvements of the recycling rate in municipal solid waste life cycle assessment: Focus on a Latin American developing context. *Waste Management*, 128, 1-15.
- Ferronato, N., Portugal Alarcón, G. P., & Guisbert Lizarazu, E. G. (2021). Assessment of municipal solid waste collection in Bolivia: Perspectives for avoiding uncontrolled disposal and boosting waste recycling options. *Resources, Conservation & Recycling*, 167, 105234.

- Frangopoulos, Y., Kolovou, E., & Kourkouridis, D. (2018). N.I.M.B.Y. Syndrome and Landfills: The case of the landfills in the Region of Pella and the emergence of a NIMBY syndrome. *Modern Management Forum*, 2(3), 1-12. Retrieved 14 de Noviembre de 2018, from <http://ojs.usp-pl.com/index.php/MODERN-MANAGEMENT-FORUM/article/view/1123/1126>.
- Giuseppe, D., Gnonib, M. G., & Mummolo, G. (2012). *Sustainable municipal solid waste management*. World Scientific Publishing. Retrieved 20 de mayo de 2017, from https://www.researchgate.net/publication/260172557_Sustainable_Municipal_Solid_Waste_Management_and_Recovery/download.
- Golwala, H., Zhang, X., Iskander, S. M., & Smith, A. L. (2021). Solid waste: An overlooked source of microplastics to the environment. *Science of the Total Environment*, 769, 144581.
- Gowers, A. M., Walton, H., Exley, K. S., & Hurley, J. F. (2021). Using epidemiology to estimate the impact and burden of exposure to air pollutants. *Phil. Trans. R. Soc. A*, 378, 20190321.
- Graham, H., & White, P. (2016). Social determinants and lifestyles: integrating environmental and public health perspectives. *Public Health*, 141, 270-278.
- Grossule, V., & Lavagnolo, M. C. (2017). Innovative semi-aerobic landfill management in tropical countries. *Sixteenth International Waste Management and Landfill Symposium*. Italy.
- Guinée, J. (2016). Life Cycle Sustainability Assessment: What Is It and What Are Its Challenges? En R. Clift, & A. Druckman, *Taking Stock of Industrial Ecology* (págs. 45-68). Leiden, The Netherlands. Retrieved 4 de Agosto de 2018, from <https://core.ac.uk/download/pdf/82995900.pdf>.
- Guinée, J., Heijungs, R., Huppes, G., Zamagni, A., Masoni, P., Buonamici, R., Ekvall, T., & Rydberg, T. (2011). Life cycle assessment: past, present, and future. *Environ. Sci. Technol.* 2011, 45, 90-96. Retrieved 19 de Septiembre de Septiembre, from <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es101316v>.
- Hafnesi, F., & Suzuki, M. M. (2012). Municipal solid waste (MSW) final processing technology, case studies between Tokyo-Japan and Indonesia. *Bulletin of The University of Electro-Communications*, 24(1), 51-58. Retrieved 17 de Septiembre de 2018, from <https://core.ac.uk/download/pdf/147698488.pdf>.

- Hashimoto Moncayo, E. E. (2013). *Análisis epistemológico de la matriz de consistencia y la operacionalización de variables y su relación con los proyectos de investigación*. Lambayeque.
- Hettiarachchi, H., Ryu, S., Caucci, S., & Silva, R. (2018). Municipal solid waste management in Latin America and the Caribbean: Issues and potential solutions from the governance perspective. *Recycling*, 3(19), 1-15. Retrieved 24 de junio de 2018, from <http://collections.unu.edu/eserv/UNU:6506/recycling-03-00019-1.pdf>.
- Höjer, M., Ahlroth, S., Dreborg, K. H., Ekvall, T., Finnveden, G., Hjelm, O., Hochschorner, E., Nilsson, M., & Palm, V. (2008). Scenarios in selected tools for environmental systems analysis. *Journal of Cleaner Production*, 16, 1958-1970.
- Ilasaca Cahuataa, E., Tudela Mamanib, J. W., Zamalloa Cubac, W., Bernardo Roque, & Fernandez, E. (2018). Generación de indicadores sintéticos de desarrollo sostenible – Perú 2015. *Journal of High Andean Research*, 20(2), 251-260. Retrieved 23 de setiembre de 2018, from <http://www.scielo.org.pe/pdf/ria/v20n2/a09v20n2.pdf>.
- Inglezakis, V. J., Rojas Solórzano, L., Kim, J., Aitbekova, A., & Ismailova, A. (2015). Comparison between landfill gas and waste incineration for power generation in Astana, Kazakhstan. *Waste Management & Research*, 33(5), 486-494.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (28 de diciembre de 2017). *Censo Nacional del INEI del año 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Sistema de consulta de base de datos: <http://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (30 de marzo de 2018). *Destino final de la basura recolectada, según departamento 2015*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/indices_tematicos/cap02065.xls.
- International Organization for Standardization (ISO). (2006a). *ISO 14040-2006: Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework* (First edition ed.). Geneva, Switzerland. Retrieved 30 de Abril de 2018, from <http://www.cscses.com/uploads/2016328/20160328110518251825.pdf>.
- International Organization for Standardization (ISO). (2006b). *ISO 14044-2006: Environmental Management, Life Cycle Assessment, Requirements and Guidelines* (First edition ed.). Geneva, Switzerland. Retrieved 28 de abril de 2018, from <http://wap.sciencenet.cn/home.php?mod=attachment&id=4637>.

- IPCC. (2013). Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. En G. S.-M.-F. Myhre, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Iqbal, A., Liu, X., & Chen, G.-H. (2020). Municipal solid waste: Review of best practices in application of life cycle assessment and sustainable management techniques. *Science of the Total Environment*, 729, 138622.
- Iqbal, A., Liu, X., & Chen, G.-H. (2020). Municipal solid waste: Review of best practices in application of life cycle assessment and sustainable management techniques. *Science of the Total Environment*, 729, 138622.
- Jankowska Kieltyka, M., Roman, A., & Nalepa, I. (2021). The Air We Breathe: Air Pollution as a Prevalent Proinflammatory Stimulus Contributing to Neurodegeneration. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 15, 647643.
- Jerneck, A., Olsson, L., Ness, B., Anderberg, S., Baier, M., Clark, E., Hickler, T., Hornborg, A., Kronsell, A., Lovbrand, E., & Persson, J. (2011). Structuring sustainability science. *Sustain Sci*, 6, 69-82. https://www.researchgate.net/profile/Anne_Jerneck/publication/284039514_Structuring_Sustainability_Science/links/5726169608aef9c00b88f3d1.pdf.
- Jha, A. k., Singh, S. K., Singh, G. K., & Gupta, P. K. (2011). Sustainable municipal solid waste management in low income group of cities: a review. *Tropical Ecology*, 52(1), 123-131. Retrieved 24 de abril de 2017, from <https://core.ac.uk/download/pdf/34213609.pdf>.
- Johnson, A. (2013). *Environmental systems analysis tools as decision-support in – LCA in Sweden, Estonia and Lithuania*. Master Thesis E, in Sustainable Development, Uppsala University, Department of Earth Sciences, Uppsala. Retrieved 12 de Julio de 2018, from <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:646898/fulltext01.pdf>.
- Joint Research Centre (JRC). (2016). *Guide for interpreting life cycle assessment result*. Luxembourg: European Union. Retrieved 12 de Mayo de 2018, from <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC104415/lb-na-28266-en-n.pdf>.
- Kajikawa, Y. (2008). Research core and framework of sustainability science. *Sustain Sci*, 3, 215-239. Retrieved 22 de Marzo de 2018, from

ftp://ftp.manomet.org/WildlifeandEnergy/Literature_8July10/Sustainability_Science_2010.pdf.

- Karagulian, F., Belis, C. A., Dora, C. F., Prüss Ustün, A. M., Bonjour, S., Adair Rohani, H., & Amann, M. (2015). Contributions to cities' ambient particulate matter (PM): A systematic review of local source contributions at global level. *Atmospheric Environment*, *120*, 475-483.
- Kelly, F. J., & Fussell, J. C. (2021). Toxicity of airborne particles—established evidence, knowledge gaps and emerging areas of importance. *Phil.Trans.R.Soc.A*, *378*, 20190322.
- Khandelwal, H., Dhar, H., Kumar Thalla, A., & Kumar, S. (2019). Application of life cycle assessment in municipal solid waste management: A worldwide critical review. *Journal of Cleaner Production*, *209*, 630-654.
- Kjeldsen, P., Barlaz, M. A., Rooke, A. P., Baun, A., Ledin, A., & Christensen, T. H. (2002). Present and Long-Term Composition of MSW Landfill Leachate: A Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, *32*(4), 297–336.
- Laurent , A., Bakas , I., Clavreul, B. A., Niero, M., Gentil, E., Hauschilda, M. Z., & Christensen, T. H. (2014). Review of LCA studies of solid waste management systems-Part I: lessons learned and perspectives. *Waste Manag*, *34*, 573 - 588.
- Leal Filho, W., Lange Salvia, A., Minhas, A., Paço, A., & Dias Ferreira, C. (2021). The COVID-19 pandemic and single-use plastic waste in households: A preliminary study. *Science of the Total Environment*, *793*, 148571.
- Liang, Y., Song, Q., Wu, N., Li, J., Zhong, Y., & Zeng, W. (2021). Repercussions of COVID-19 pandemic on solid waste generation and management strategies. *Front. Environ. Sci. Eng.*, *15*(6), 115.
- Liu, C., Nishiyama, T., Kawamoto, K., & Sasaki, S. (2020). *CCET guideline series on intermediate municipal solid waste treatment technologies: Waste-to-Energy Incineration*. United Nations Environment Programme.
- López Torrado, R. J., Ortiz, O., & Ramón Valencia, J. D. (2020). Evaluación de los gases de efecto invernadero aplicando la metodología análisis de ciclo de vida (ACV) en el relleno sanitario regional la cortada, pamplona, norte de Santander. *Revista Infometric@ - Serie Ingeniería, Básicas y Agrícolas.*, *3*(1), 35-55.
- Lopez Yamunaqué, A., & Iannacone, J. (2021). La gestión integral de residuos sólidos urbanos en América Latina. *PAIDEIA XXI*, *11*(2), 189-210.

- Lüthi, C., Morel, A., Tilley, E., & Ulrich, L. (2011). *Community-Led urban environmental sanitation planning (CLUES)*. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology. Dübendorf: Eawag-Sandec/WSSCC/UN-HABITAT. Retrieved 13 de setiembre de 2017, from https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/schwerpunkte/se-sp/CLUES/CLUES_Guidelines.pdf.
- Maalouf, A., Mavropoulos, A., & El-Fadel, M. (2020). Global Municipal Solid Waste Infrastructure: Uncontrolled Disposal Delivery and Forecast. *Waste Management & Research*, 38(9), 1028-1036.
- Madon, I., Drev, D., & Likar, J. (2019). Long-term risk assessments comparing environmental performance of different types of sanitary landfills. *Waste Management*, 96, 96-107.
- Margallo, M., Ziegler Rodriguez, K., Vázquez Rowe, I., Aldaco, R., Irabien, Á., & Kahhat, R. (2019). Enhancing waste management strategies in Latin America under a holistic environmental assessment perspective: A review for policy support. *Science of the Total Environment*, 689, 1255-1275.
- Markandya, A., Sampedro, J., Smith, S. J., Van Dingenen, R., Pizarro Irizar, C., Arto, I., & González Eguino, M. (2018). Health co-benefits from air pollution and mitigation costs of the Paris Agreement: a modelling study. *The Lancet*, 126-133.
- McConville, J. R., & Mihelcic, J. R. (2007). Adapting life-cycle thinking tools to evaluate project sustainability in international water and sanitation. *Environmental Engineering Science*, 24(7), 937-948. Retrieved 29 de Mayo de 2017, from https://www.researchgate.net/publication/245335706_Adapting_Life-Cycle_Thinking_Tools_to_Evaluate_Project_Sustainability_in_International_Water_and_Sanitation_Development_Work/download.
- McDougall, F., White, P., Franke, M., & Hindle, P. (2008). *Integrated solid waste management: A life cycle inventory* (2nd ed.). Malden, MA, USA: Blackwell Science.
- Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). (2016). *Guía para el cumplimiento de la Meta 06: Implementar un programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos domiciliarios en viviendas urbanas del distrito, para municipalidades de ciudades principales tipo B*. Lima. Retrieved 14 de febrero de 2017, from

https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/migl/municipallice/guia_cumplimiento_meta06.pdf.

Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). (2017). *Evaluación de diseño y ejecución de presupuesto de: Gestión integral de los residuos sólidos*. Lima. Retrieved 22 de noviembre de 2017, from https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/ppr/eval_indep/2017_informe_final_residuos_solidos.pdf.

Ministerio de Salud (MINSA). (16 de Marzo de 2021). *Estadística poblacional*. Población por grupos de edad según INEI, del Departamento de Amazonas, Provincia de Chachapoyas, Distrito de Chachapoyas año 2021: https://www.minsa.gob.pe/reunis/data/poblacion_estimada.asp

Ministerio del Ambiente (MINAM). (05 de Abril de 2019). Resolución Ministerial N° 099-2019-MINAM. *Declaran en emergencia la gestión y manejo de residuos sólidos en la ciudad de Chachapoyas y Huancas, provincia de Chachapoyas, Región Amazonas*.

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2014). *Sexto informe nacional de residuos sólidos de la gestión del ámbito municipal y no municipal 2013*. Lima. Retrieved 13 de setiembre de 2018, from <http://redrrss.minam.gob.pe/material/20160328155703.pdf>.

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2016). *Objetivos de desarrollo sostenible e Indicadores*. Lima. Retrieved 28 de Junio de 2017, from <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/ODS-FINAL210716.pdf>.

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2016). *Plan nacional de gestión integral de residuos sólidos: 2016-2024*. Lima. Retrieved 11 de enero de 2017, from <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/RM-N%C2%B0-191-2016-MINAM.pdf>.

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2018). Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales. Retrieved 27 de 11 de 2018, from <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/11/Guia-para-la-caracterizaci%C3%B3n-de-residuos-solidos-municipales.pdf>.

Ministerio del Ambiente. (2017). *Sistema Nacional de Información Ambiental*. Retrieved 16 de setiembre de 2018, from Indicador: Generación per cápita de residuos

sólidos domiciliarios por departamento:

<http://sinia.minam.gob.pe/indicador/1601>

- Molina, C., Toro A, R., Manzano, C. A., Canepari, S., Massimi, L., & Leiva Guzmán, M. A. (2020). Airborne Aerosols and Human Health: Leapfrogging from Mass Concentration to Oxidative Potential. *Atmosphere*, *11*, 917.
- Mor, S., Ravindra, K., Dahiya, R. P., & Chandra, A. (2006). Leachate characterization and assessment of groundwater pollution near municipal solid waste landfill site. *Environ Monit Assess.*, *18*(1-3), 435-56.
- Naveen, B. P., Madhab Mahapatra, D., Sitharam, T. G., Sivapullaiah, P. V., & Ramachandra, T. V. (2021). Physico-chemical and biological characterization of urban municipal landfill leachate. *Environmental Pollution*, *220*, 1-12.
- Norazli, O., Noor Ezlin, A. B., Muhd Noor, M. Y., & Roslina, M. (Agosto de 2015). Integrated solid waste management : A life cycle assessment. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, *10*(15). Retrieved 18 de Mayo de 2017, from https://www.researchgate.net/publication/284917400_Integrated_solid_waste_management_A_life_cycle_assessment/download.
- Nurhasanah, Reza Cordova, M., & Riani, E. (2021). Release of microplastics and mesoplastics from Indonesian municipal solid waste landfill leachate to the aquatic environment: case study at the Galuga landfill, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, *163*, 111986.
- Obersteiner, G., Binner, E., Mosterbauer, P., & Salhofer, S. (2007). Landfilling modelling in LCA—A contribution based on empirical data. *Waste Management*, *27*, S58-S74.
- ONU Medio Ambiente. (2018). *Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe*. Ciudad de Panamá: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Orach, J., Rider, C. F., & Carlsten, C. (2021). Concentration-dependent health effects of air pollution in controlled human exposures. *Environment International*, *150*, 106424.
- Organisation for Economic Co-Operation and Development (OCDE). (1993). *OECD core set of indicators for environmental performance reviews. A synthesis report by the Group on the State of the Environment*. París. Retrieved 10 de octubre de 2017, from

[http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=OCDE/GD\(93\)179&docLanguage=En](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=OCDE/GD(93)179&docLanguage=En).

- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (05 de Noviembre de 2021). *Inventario Nacional de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos Municipales*. <https://publico.oefa.gob.pe/Portalpifa/resultados.do>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2015). *Fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal provincial. Informe 2014-2015 Índice de cumplimiento de los municipios provinciales a nivel nacional*. Lima. Retrieved 22 de enero de 2017, from https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=16983.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo "Nuestro Futuro Común"*. A/42/427. Retrieved 24 de septiembre de 2017, from http://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LLECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Nueva York: FCCC/INFORMAL/84. Retrieved 3 de noviembre de 2017, from <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Nueva York: A/RES/70/1. Retrieved 26 de setiembre de 2018, from http://unctad.org/meetings/es/Interprofesional/ares70d1_es.pdf.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2016). *Marco de indicadores mundiales para los objetivos de desarrollo sostenible*. Nueva York. Retrieved 28 de Septiembre de 2018, from https://unstats.un.org/sdgs/indicators/Global%20Indicator%20Framework_A.RES.71.313%20Annex.Spanish.pdf.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (8 de septiembre de 2000). Declaración del milenio. A/RES/55/2, (págs. 1-10). Nueva York. Retrieved 26 de enero de 2017, from <http://www.un.org/spanish/milenio/ares552.pdf>.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS), Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS) y Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2010). *Informe de la evaluación regional del manejo de residuos sólidos urbanos*

- en América Latina y el Caribe 2010*. Retrieved 27 de noviembre de 2017, from <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=36466973>.
- Orihuela Paredes, J. C. (2018). *Un análisis de la eficiencia de la gestión municipal de residuos sólidos en el Perú y sus determinantes*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Retrieved 30 de Septiembre de 2018, from <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/investigaciones/residuos-solidos.pdf>.
- Ossa, D. A., Aristizábal, A. J., & Ospina, D. (2020). Comprehensive Analysis of Solid Waste for Energy Projects in Colombia. *Engineering Journal*, 24(1), 35-52.
- Pesonen, H. L., Ekvall, T., Fleischer, G., Huppel, G., Jahn, C., Klos, Z. S., Rebitzer, G., Sonnemann, G. W., Tintinelli, A., Weidema, B., & Wenzel, H. (2000). Framework for scenario development in LCA. *Int. J. Life Cycle Assess*, 5, 21-30. Retrieved 10 de Noviembre de 2018, from <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02978555>.
- Pinault, L. L., Weichenthal, S., Crouse, D. L., Brauer, M., Erickson, A., Van Donkelaar, A., Martin, R. V., Hystad, P., Chen, H., Finès, P., Brook, J. R., Tjepkema, M., & Burnett, R. T. (2017). Associations between fine particulate matter and mortality in the 2001 Canadian Census Health and Environment Cohort. *Environmental Research*, 159, 406-415.
- Polaz, C., & Teixeira, B. (Jul/Sep de 2009). Indicadores de sustentabilidade para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos: um estudo para São Carlos (SP). *Eng Sanit Ambient*, 14(3), 411-420. Retrieved 28 de Septiembre de 2017, from <http://www.scielo.br/pdf/esa/v14n3/v14n3a15.pdf>
- Posada Restrepo, E. (Enero - Junio de 2020). Perspectives Of Project Engineering In The Disposal Of Solid Waste In Colombia And Possibilities Of Energy Use And Valuation. *Revista EIA*, 17(33).
- Programme United Nations Human Settlements (UN HABITAT). (2010a). *WTE industry in Latin America*. Washington DC. Retrieved 10 de agosto de 2018, from http://mirror.unhabitat.org/downloads/docs/10740_1_594319.pdf
- Programme United Nations Human Settlements (UN-HABITAT). (2010b). *Solid waste management in the world's cities - Water and sanitation in the world's cities 2010*. London, Washington DC. Retrieved 12 de marzo de 2017, from https://thecitywasteproject.files.wordpress.com/2013/03/solid_waste_management_in_the_worlds-cities.pdf.

- Pryshlakivsky, J., & Searcy, C. (2021). Life Cycle Assessment as a decision-making tool: Practitioner and managerial considerations. *Journal of Cleaner Production*, 309, 127344.
- Public Services International Research Unit (PSIRU). (2017). *Los servicios de gestión de residuos sólidos municipales en América Latina*. Greenwich: Internacional de Servicios Públicos. Retrieved 22 de diciembre de 2017, from https://www.world-psi.org/sites/default/files/documents/research/municipal_waste_services_in_latin_america_report_2017-es.pdf.
- Quillos Ruiz, S. A., Escalante Espinoza, N. J., Sánchez Vaca, D. A., Quevedo Novoa, L. G., & De La Cruz Araujo, R. A. (2018). Residuos sólidos domiciliarios: Caracterización y estimación energética para la ciudad de Chimbote. *Rev Soc Quím Perú*, 84(3), 323-335.
- Rabl, A., & Spadaro, J. V. (2015). Damage costs of air pollution and policy implications. En Miguel de la Guardia, S. Armenta, & S. Dennis, *The Quality of Air*. Valencia. <https://doi.org/DOI: 10.1016/bs.coac.2016.01.011>
- Rand, T., Haukohl, T., & Marxen, U. (2000). *Municipal Solid Waste Incineration: Requirements for a Successful Project*. The World Bank. Washington, D.C.: The International Bank for Reconstruction and Development.
- Rangel de Oliveira, A. J., Novaes Barreto, L., Zamboti Fortes, M., Paes da Costa, F. M., Moreira, L., & Moreira Cesar Borba, B. (2017). Analysis of Waste Biogas (Landfills) applied to Power Generation. *Revista de Ingeniería Energética*, XXXVIII(3), 175-187.
- Sakurai, K. (1983). *Manual de instrucción de análisis de residuos sólidos municipales*. Lima: CEPIS. <http://www.bvsde.paho.org/cdrom-repi86/fulltexts/bvsacd/scan/014923.pdf>
- Šan, I., & Onay, T. T. (2001). Impact of various leachate recirculation regimes on the degradation of urban solid waste. *Journal of Hazardous Materials*, 87(1-3), 259-271.
- Sánchez Muñoz, M., Cruz Cerón, J. G., & Maldonado Espinel, P. C. (2019). Gestión de residuos sólidos urbanos en América Latina: un análisis desde la perspectiva de la generación. *Finanz. polit. econ.*, 11(2), 321-336.
- Sangwon, S., & Huppes, G. (2005). Methods for Life Cycle Inventory of a product. *Journal of Cleaner Production*, 13, 687-697. Retrieved 17 de Septiembre de 2018, from

- <https://blogs.epfl.ch/xun.liao/documents/Sangwon%20Suh.%202005.%20Methods%20for%20Life%20Cycle%20Inventory%20of%20a%20product.pdf>.
- Santos Santiago, L., & Furiam Dias, S. M. (2012). Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. *Eng Sanit Ambient*, 17(2), 203-212.
- Sardarmehni, M., Lewis, J. W., & Barlaz, M. A. (2021). What Is the Best End Use for Compost Derived from the Organic Fraction of Municipal Solid Waste? *Environ. Sci. Technol.*, 55, 73-81.
- Sauve, G., & Van Acker, K. (2020). The environmental impacts of municipal solid waste landfills in Europe: A life cycle assessment of proper reference cases to support decision making. *Journal of Environmental Management*, 261, 110216.
- Sbergamo, A. L. (2018). *Política ambiental y desarrollo: La gestión integral de residuos sólidos urbanos y el desarrollo local sustentable en el conurbano bonaerense*. Tesis para la obtención de grado de Magister en Políticas de Desarrollo, Universidad Nacional de la Plata, Ensenada. Retrieved 16 de Mayo de 2018, from http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/67219/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Shah, A. V., Kumar Srivastava, V., Sabyasachi Mohanty, S., & Varjani, S. (2021). Municipal solid waste as a sustainable resource for energy production: State-of-the-art review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9, 105717.
- Silva Pereira, S., Catão Curi, R., & Fadlo Curi, W. (2018). Uso de indicadores na gestão dos resíduos sólidos urbanos: uma proposta metodológica de construção e análise para municípios e regiões. *Eng Sanit Ambient*, 23(3), 471-483.
- Sinan Bilgili, M., Demir, A., & Özkaya, B. (2006). Influence of leachate recirculation on aerobic and anaerobic decomposition of solid wastes. *Journal of Hazardous Materials*. <https://doi.org/doi:10.1016/j.jhazmat.2006.09.012>
- SINIA. (2020). *Estadística Ambiental Perú: Residuos*. Retrieved 17 de Octubre de 2021, from Sistema Nacional de Información Ambiental: <https://sinia.minam.gob.pe/informacion/tematicas?tematica=08>
- Siyuan Wu, J. (2018). *Capital Cost Comparison of Waste-to-Energy (WTE), Facilities in China and the U.S.* Earth Engineering Center. Columbia University.
- Swarr, T. E., Hunkeler, D., Klöpffer, W., Pesonen, H. L., Ciroth, A., Brent, A. C., & Pagan, R. (2011). Environmental life-cycle costing: a code of practice. *Int J Life Cycle Assess*, 16, 389-391. Retrieved 26 de Septiembre de 2018, from

https://www.researchgate.net/profile/Walter_Kloepffer/publication/225653286_Environmental_Life-Cycle_Costing_A_Code_of_Practice/links/02e7e52c080b765445000000/Environmental-Life-Cycle-Costing-A-Code-of-Practice.pdf.

Tascione, V., & Raggi, A. (2012). Identification and selection of alternative scenarios in LCA studies of integrated waste management systems: a review of main issues and perspectives. *Sustainability*, 4, 2430-2442. Retrieved 5 de Octubre de 2018, from

<https://pdfs.semanticscholar.org/e023/ec2c6d58e9dd0572c1e60572b48ee0a033a2.pdf>.

The World Bank. (1999). *Municipal Solid Waste*. Washington, D.C.: The International Bank for Reconstruction. Retrieved 14 de Septiembre de 2018, from <http://web.mit.edu/urbanupgrading/urbanenvironment/resources/references/pdfs/MunicipalSWIncin.pdf>.

The World Bank. (2000). *Municipal Solid Waste Incineration: A Decision Maker's Guide*. Washington, D.C.: The International Bank for Reconstruction. Retrieved 15 de Septiembre de 2018, from <http://siteresources.worldbank.org/INTUSWM/Resources/463617-1202332338898/incineration-dmg.pdf>.

Themelis, N. J., Díaz Barriga, M. E., Estevez, P., & Velasco, M. G. (2013). *Guidebook for the Application of Waste to Energy Technologies in Latin America and Other Developing Regions*. Earth Engineering Center, Columbia University. WTE Guidebook, EEC/IDB.

Thies, C., Kieckhäfer, K., Spengler, T. S., & Sodhi, M. S. (2019). Operations research for sustainability assessment of products: A review. *European Journal of Operational Research*, 274, 1-21.

Tukey, J. W. (Junio de 1949). Comparing Individual Means in the Analysis of Variance. *Biometrics*, 5(2), 99-114.

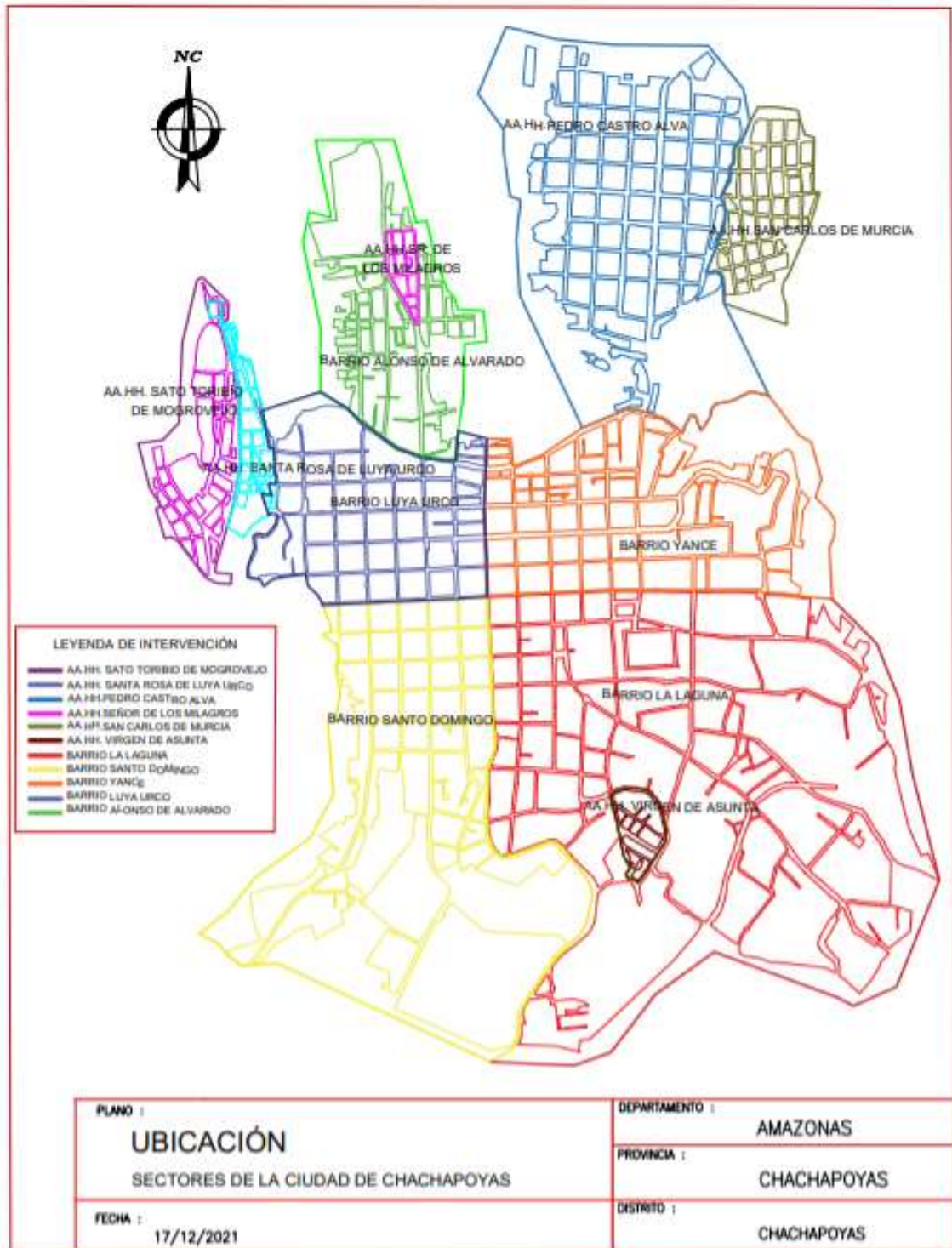
United Nations Environment Programme (UNEP) - International Solid Waste Association (ISWA). (2015). *Global waste management outlook (GWMO)*. Austria. Retrieved 12 de octubre de 2017, from https://www.researchgate.net/publication/283085861_Global_Waste_Management_Outlook_United_Nations_Environment_Programme_UNEP_and_International_Solid_Waste_Association_ISWA/download.

- Uribe-Salazar Gil, C., & Pascual Martí, J. (2013). Los NIMBYS como generadores de crisis. *Mas poder local*, 6-12. Retrieved 9 de Septiembre de 2017, from <http://www.maspoderlocal.es/files/articulos/158-F52b2086f1581387399279-articulo-1.pdf>.
- Valdivia, S., Ugaya, C. M., Hildenbrand, J., Traverso, M., Mazijn, B., & Sonnemann, G. (2013). A UNEP/SETAC approach towards a life cycle sustainability assessment—our contribution to Rio+20. *Int J Life Cycle Assess*, 18, 1673-1685. Retrieved 2 de Agosto de 2018, from https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/566227/mod_folder/content/0/Article%20on%20Life%20Cycle%20Sustainability%20Assessment%20%28Valdivia%20et%20al.%202013%29.pdf?forcedownload=1.
- Vázquez-Rowe, I., Kahhat, R., & Sánchez, I. (2019). Perú LCA: launching the Peruvian national life cycle database. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 24, 2089–2090.
- Vinti, G., Bauza, V., Clasen, T., Medlicott, K., Tudor, T., Zurbrügg, C., & Vaccari, M. (2021). Municipal Solid Waste Management and Adverse Health. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18, 4331.
- Wang, Y., Lewis, J. W., & Barlaz, M. A. (2021). Life-Cycle Assessment of a Regulatory Compliant U.S. Municipal Solid Waste Landfill. *Environmental science & Technology*, 55, 13583-13592.
- Whiteman, A., Gupta, S. K., Briciu, C., & Bates, S. (2016). *Waste to Energy Rapid Assessment Tool*. Switzerland: Collaborative Working Group on Solid Waste Management in Low and Middle Income Countries. Retrieved 4 de Noviembre de 2018, from <http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/CWG.PDF>.
- Wilson, D. C., Velis, C. A., & Rodic, L. (2013). Integrated sustainable waste management in developing countries. Proceedings of the institution of civil engineers. *Waste and Resource Management*, 166(2), 52 - 68. <http://eprints.whiterose.ac.uk/78792/13/Wilson%20et%20al.1.pdf>.
- Xaypanya, P., Takemura, J., Chiemchaisri, C., Seingheng, H., & Tanchuling, M. A. (2018). Characterization of Landfill Leachates and Sediments in Major Cities of Indochina Peninsular Countries—Heavy Metal Partitioning in Municipal Solid Waste Leachate. *Environments*, 5(65). <https://doi.org/10.3390/environments5060065>

- Yadav, P., & Samadder, S. R. (2018). A critical review of the life cycle assessment studies on solid waste management in Asian countries. *Journal of Cleaner Production*, 185, 492-515.
- Zhang, J., Qin, Q., Li, G., & Tseng, C. (2021). Sustainable municipal waste management strategies through life cycle assessment method: A review. *Journal of Environmental Management*, 287, 112238.
- Zhang, J., Qin, Q., Li, G., & Tseng, C.-H. (2021). Sustainable municipal waste management strategies through life cycle assessment method: A review. *Journal of Environmental Management*, 287, 112238.
- Zhang, J., Zhang, Z., Zhang, J., Fan, G., & Wu, D. (2021). A Quantitative Study on the Benefit of Various Waste Classifications. *Advances in Civil Engineering*, 1-15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2021/6660927>
- Ziegler Rodriguez , K., Margallo, M., Aldaco, R., Vásquez Rowe, I., & Kahhat , R. (2019). Transitioning from open dumpsters to landfilling in Peru: environmental benefits and challenges from a life-cycle perspective. *Journal of Cleaner Production*, 229, 989-1003.
- Zurbrügg, C. (2013). *Assessment methods for waste management decision-support in developing countries*. Ph.D. Thesis, Università degli Studi di Brescia, Brescia. Retrieved 24 de agosto de 2017, from https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/SWM/Assessment_Approaches/thesis_cz.pdf.
- Zurbrügg, C., Caniato, M., & Vaccari, M. (2014). How assessment methods can support solid waste management in developing countries - A critical review. *Sustainability*, 6, 545-570.

ANEXOS

Plano catastral por sectores de la ciudad de Chachapoyas



Matriz de apoyo a la toma de decisiones

Ítems	Tecnología				
	I	C	DA	RS	PG
1. ¿Existe recolección sistemática y disposición final en vertedero. El reciclado no está organizado en forma sistemática?.					
2. ¿Los RSU se mezclan en forma regular con fracciones de residuos minerales o peligrosos?.					
3. ¿El poder calorífico de los RSU es < 7 MJ/kg. Alto contenido de biomasa con alto contenido promedio de humedad?.					
4. ¿La generación es < 10,000 toneladas métricas de fracciones de residuos aptos al año?.					
5. ¿Los actores públicos y privados tienen experiencia en la operación de sistemas de aprovechamiento energético de residuos?.					
6. ¿El tiempo de transporte incrementará < 1 hora, y la distancia adicional será < 50 km?.					
7. ¿No hay mercado para los residuos del proceso y no se cuenta con disposición o eliminación segura para los residuos del proceso?.					
8. ¿El marco legal nacional para el aprovechamiento energético de residuos es parcialmente existente o inexistente. El cumplimiento de normas internacionales se puede asegurar en proyectos específicos?.					
9. ¿Los costos de recolección y eliminación de RSU siempre están cubiertos en su totalidad. Puede haber dificultades para cubrir los costos adicionales del aprovechamiento energético de residuos?.					
10. ¿La tecnología clave de la planta de aprovechamiento energético de residuos debe ser importada. Demoras en el acceso a compras en divisas extranjeras?.					
11. ¿Las instalaciones de aprovechamiento energético o CDR se ubican en un área mal conectada a los consumidores de energía?.					
12. ¿Existen incentivos económicos para una generación de energía baja en emisiones de carbono?.					

Fuente: GIZ (2017).

Nota: I = Incineración, C = Coprocesamiento, DA = Digestión anaeróbica, R= Relleno sanitario y PG = Pirólisis y Gasificación.

Operacionalización de variables

Tabla 16 Operacionalización de variables.

Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidades	Escala
Variable 1 (escenarios de tratamiento de residuos)	Ambiental	Emisiones al aire: Particulados, CO, CO ₂ , CH ₄ , NO _x , GWP (potencial de calentamiento global), N ₂ O, SO _x , HCl, HF, H ₂ S, total HC, HC clorinado, D/F (dioxina y furanos), amonio, arsénico, cadmio, cromo, cobre, plomo, manganeso, mercurio, níquel y zinc	Gramos	Emisiones por 1 casa /año: Óxidos de sulfuro = 7900 g. Particulados (aire) = 4600 g. Plomo (aire) = 0.4 g. Mercurio (aire) = 0.06 g. Cadmio = 0.02 g.
Escenario 1 = Sin tratamiento.		Emisiones al agua: BOD (demanda biológica de oxígeno), COD, sólidos suspendidos, TOC, AOX, HC clorinados, D/F (TEQ), fenoles, aluminio, amonio, arsénico, bario, cadmio, cloruro, cromo, cobre, cianuro, fluoruro, fierro, plomo, mercurio, níquel, nitrato, fosfato, sulfato, sulfuro y zinc.	Gramos	D (TEQ) = 0.000000073 g Plomo (agua) = 10.7 g Mercurio (agua) = 0.0026 g. Cadmio (agua) = 0.09 g. BOD : 1 per/año = 27400 g.
Escenario 2 = Relleno sanitario con recuperación de gas y lixiviados.				
Escenario 3 = Escenario 2 + Centros de recolección.				
Escenario 4 = Escenario 2 + Segregación en el hogar + Recolección de puerta en puerta + Transporte a centro de reciclaje.				
Escenario 5 = Escenario 4 + Compostaje.				
Escenario 6 = Escenario 5 + Incineración parcial y generación de electricidad.				
Variable 2 (Gestión integrada y sostenible de residuos).	Económica Técnica	Costo Matriz de Apoyo a la Toma de Decisiones (Anexo 8.9): 1) Recolección y reciclado. 2) Segregación de residuos peligrosos 3) Poder calorífico de los RSU. 4) Generación de residuos aptos 5) Actores públicos y privados. 6) Tiempo de transporte y distancias. 7) Mercado y disposición final. 8) Marco legal. 9) Costos de recolección y disposición. 10) Acceso a la tecnología. 11) Acceso a la energía ofertada. 12) Incentivos económicos.	Dólares	Verde (V): Altamente probable que la tecnología sea adecuada; Amarillo (A): Se necesita más información y/o mejoras a los entornos locales para una planeación concreta e implementación exitosa de la tecnología y Rojo (R): La tecnología no es la adecuada y se recomienda mejorar o variar las condiciones locales o seleccionar otra tecnología (Tabla 5).

Emisiones al aire y agua por escenario

Tabla 17 Emisiones al aire en M1E1.

Tipo	Recolección	Relleno	Total
Partículas	55249	5205	60454
CO	735410	84473	819883
CO ₂	134016280	1086702990	1220719270
CH ₄	163134	477385664	477548798
NO _x	2411546	227196	2638742
GWP	137443097	11111802031	11249245129
N ₂ O	3	0	4
SO _x	201958	19027	220984
HCl	274	79008	79282
HF	0	15797	15797
H ₂ S	0	243023	243023
Total HC	0	2430231	2430231
HC clorado	0	42529	42529
D/F	0	0	0
Amonio	0	0	0
Arsénico	0	0	0
Cadmio	0	7	7
Cromo	0	1	1
Cobre	0	0	0
Plomo	0	6	6
Manganeso	0	0	0
Mercurio	0	0	0
Níquel	0	0	0
Zinc	0	91	91

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 18 Emisiones al agua en M1E1.

Tipo	Recolección	Relleno	Total
BOD	0	2308963	2308963
COD	6	2308963	2308969
Sólidos susp.	116471	12020	128491
TOC	19	2095	2114
AOX	0	2093	2093
HC clorado	0	1078	1078
D/F (TEQ)	0	0	0
Fenoles	0	398	398
Aluminio	4	0	5
Amonio	538	22032	22569
Arsénico	0	15	15
Bario	5	0	6
Cadmio	0	15	15
Cloruro	1090049	164452	1254500
Cromo	0	63	63
Cobre	0	57	57
Cianuro	0	0	0
Fluoruro	0	408	408
Fierro	1146	99546	100692
Plomo	0	66	66
Mercurio	0	1	1
Níquel	0	178	178
Nitrato	1	0	1
Fosfato	0	0	0
Sulfato	38450	3622	42073
Sulfuro	0	0	0
Zinc	0	712	712

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 19 Emisiones al aire en M1E2.

Tipo	Recolección	Relleno	Total
Partículas	55249	-828765	-773516
CO	735410	846793	1582203
CO2	134016280	1564113263	1698129542
CH4	163134	46085763	46248897
NOx	2411546	-1174054	1237493
GWP	137443097	2529807662	2667250759
N2O	3	-6796	-6792
SOx	201958	-3660459	-3458502
HCl	274	-103930	-103656
HF	0	-10678	-10678
H2S	0	24663	24663
Total HC	0	308639	308639
HC clorado	0	15188	15188
D/F	0	0	0
Amonio	0	-1986	-1986
Arsénico	0	0	0
Cadmio	0	-14	-14
Cromo	0	0	0
Cobre	0	0	0
Plomo	0	-150	-150
Manganeso	0	-65	-65
Mercurio	0	-20	-20
Níquel	0	-938	-938
Zinc	0	-207	-207

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 20 Emisiones al agua en M1E2.

Tipo	Recolección	Relleno	Total
BOD	0	224959	224959
COD	6	221841	221847
Sólidos susp.	116471	-218023	-101552
TOC	19	-51311	-51292
AOX	0	195	195
HC clorado	0	102	102
D/F (TEQ)	0	0	0
Fenoles	0	-337	-337
Aluminio	4	-297694	-297690
Amonio	538	-3559	-3021
Arsénico	0	-593	-593
Bario	5	-29800	-29795
Cadmio	0	-18	-18
Cloruro	1090049	-3169979	-2079930
Cromo	0	-2955	-2955
Cobre	0	-1458	-1458
Cianuro	0	-20	-20
Fluoruro	0	40	40
Fierro	1146	-388817	-387671
Plomo	0	-1793	-1793
Mercurio	0	0	0
Níquel	0	-1471	-1471
Nitrato	1	-8727	-8726
Fosfato	0	-17519	-17519
Sulfato	38450	-3355622	-3317172
Sulfuro	0	-88	-88
Zinc	0	-2919	-2919

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 21 Emisiones al aire en MIE3.

Tipo	Recolección	Relleno	Reciclaje	Total
Partículas	55689	-806915	-1840057	-2591283
CO	741265	822663	-4962561	-3398633
CO2	135083312	1522333427	-797872141	859544598
CH4	164433	44863370	-1586534	43441269
NOx	2430747	-1148418	-1933325	-650996
GWP	138537414	2462413428	-831475140	1769475702
N2O	3	-6615	-922	-7534
SOx	203566	-3563858	-5145468	-8505760
HCl	276	-101175	-74858	-175757
HF	0	-10395	-6067	-16462
H2S	0	24009	149	24158
Total HC	0	300455	0	300455
HC clorado	0	14786	0	14786
D/F	0	0	0	0
Amonio	0	-1933	6432	4499
Arsénico	0	0	-2809	-2809
Cadmio	0	-14	-24	-37
Cromo	0	0	1	1
Cobre	0	0	3	3
Plomo	0	-146	2107	1961
Manganeso	0	-63	-11	-75
Mercurio	0	-19	-11	-30
Níquel	0	-913	-805	-1718
Zinc	0	-202	-201	-403

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 22 Emisiones al agua en M1E3.

Tipo	Recolección	Relleno	Reciclaje	Total
BOD	0	218994	136836	355830
COD	6	215958	-3962641	-3746676
Sólidos susp.	117398	-212510	-446048	-541159
TOC	19	-49955	199823	149886
AOX	0	185	-41081	-40896
HC clorado	0	97	2	99
D/F (TEQ)	0	0	0	0
Fenoles	0	-329	-794	-1123
Aluminio	5	-289801	-252797	-542593
Amonio	542	-3518	-6946	-9922
Arsénico	0	-578	-516	-1094
Bario	5	-29010	-32756	-61761
Cadmio	0	-18	-21	-38
Cloruro	1098728	-3088553	-21085	-2010910
Cromo	0	-2877	-2596	-5473
Cobre	0	-1420	-1172	-2592
Cianuro	0	-19	-117179	-117198
Fluoruro	0	38	-208	-170
Fierro	1155	-378744	-134821	-512409
Plomo	0	-1745	-1439	-3184
Mercurio	0	0	0	-1
Níquel	0	-1433	-1293	-2725
Nitrato	1	-8496	64182	55687
Fosfato	0	-17055	-13254	-30308
Sulfato	38756	-3266731	-1265966	-4493941
Sulfuro	0	-86	-155	-240
Zinc	0	-2844	-2580	-5424

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 23 Emisiones al aire en M1E4.

Tipo	Recolección	Segregación	Relleno	Reciclaje	Total
Partículas	55249	7033	-797701	-2617338	-3352757
CO	735410	829	812450	-7090024	-5541336
CO2	134016280	5904123	1504703560	-1133866426	510757537
CH4	163134	13976	44347735	-2246921	42277924
NOx	2411546	12667	-1137720	-2773026	-1486532
GWP	137443097	6215281	2433978786	-1181408360	1396228804
N2O	3	57	-6539	-1150	-7629
SOx	201958	31084	-3523119	-7303233	-10593311
HCl	274	1048	-100013	-105207	-203898
HF	0	103	-10276	-8494	-18667
H2S	0	0	23733	211	23945
Total HC	0	0	297003	0	297003
HC clorado	0	0	14616	0	14616
D/F	0	0	0	0	0
Amonio	0	17	-1911	9275	7381
Arsénico	0	0	0	-4006	-4006
Cadmio	0	0	-13	-34	-47
Cromo	0	0	0	1	1
Cobre	0	0	0	5	5
Plomo	0	1	-144	3008	2865
Manganeso	0	1	-62	-16	-77
Mercurio	0	0	-19	-15	-34
Níquel	0	8	-903	-1137	-2032
Zinc	0	2	-199	-285	-482

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 24 Emisiones al agua en M1E4.

Tipo	Recolección	Segregación	Relleno	Reciclaje	Total
BOD	0	1	216478	198727	415207
COD	6	28	213477	-5684232	-5470721
Sólidos					
susp.	116471	1921	-210190	-631873	-723671
TOC	19	432	-49384	288012	239079
AOX	0	0	181	-58952	-58771
HC clorado	0	0	95	3	98
D/F (TEQ)	0	0	0	0	0
Fenoles	0	3	-325	-1131	-1453
Aluminio	4	2496	-286471	-357532	-641502
Amonio	538	48	-3501	-9831	-12747
Arsénico	0	5	-571	-730	-1296
Bario	5	250	-28676	-46407	-74828
Cadmio	0	0	-17	-29	-46
Cloruro	1090049	27494	-3054261	14388	-1922329
Cromo	0	25	-2844	-3674	-6493
Cobre	0	12	-1404	-1655	-3046
Cianuro	0	0	-19	-168222	-168241
Fluoruro	0	0	37	-297	-260
Fierro	1146	3343	-374500	-187427	-557438
Plomo	0	15	-1725	-2034	-3744
Mercurio	0	0	0	0	-1
Níquel	0	12	-1416	-1829	-3233
Nitrato	1	73	-8398	92316	83992
Fosfato	0	147	-16859	-18710	-35421
Sulfato	38450	28169	-3229237	-1760359	-4922977
Sulfuro	0	1	-85	-220	-303
Zinc	0	25	-2812	-3650	-6437

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 25 Emisiones al aire en M1E5.

Tipo	Recolección	Segregación	Biológico	Relleno	Reciclaje	Total
Partículas	55249	8609	7106	-708805	-2681270	-3319110
CO	735410	1592	838	723818	-7118056	-5656398
CO2	134016280	7296859	5979113	1337592363	-1219934360	264950255
CH4	163134	17151	14121	39413385	-2408281	37199510
NOx	2411546	17338	12799	-1005310	-3009847	-1573474
GWP	137443097	7678537	6293496	2163471814	-1275429440	1039457505
N2O	3	69	58	-5812	-15875	-21556
SOx	201958	38018	31406	-3130602	-7839448	-10698668
HCl	274	1277	1059	-88883	-118468	-204742
HF	0	125	104	-9132	-9695	-18597
H2S	0	0	0	21092	399	21492
Total HC	0	0	0	263955	0	263954
HC clorado	0	0	0	12989	0	12989
D/F	0	0	0	0	0	0
Amonio	0	20	17	-1698	7260	5598
Arsénico	0	0	0	0	-4392	-4392
Cadmio	0	0	0	-12	-36	-47
Cromo	0	0	0	0	1	1
Cobre	0	0	0	0	5	5
Plomo	0	2	1	-128	3291	3166
Manganeso	0	1	1	-55	-23	-77
Mercurio	0	0	0	-17	-17	-34
Níquel	0	10	8	-802	-1234	-2018
Zinc	0	2	2	-177	-305	-478

Tabla 26 Emisiones al agua en M1E5.

Tipo	Recolec.	Segreg.	Biológ.	Relleno	Reciclaje	Total
BOD	0	2	34930	192390	224436	451757
COD	6	34	59104	189723	-8622538	-8373672
Sólid. susp.	116471	2432	1941	-186518	-513159	-578833
TOC	19	526	436	-43883	464304	421402
AOX	0	0	0	166	-88763	-88597
HC clorado	0	0	0	87	3	90
D/F (TEQ)	0	0	0	0	0	0
Fenoles	0	4	3	-288	-1155	-1436
Aluminio	4	3040	2522	-254594	-388370	-637398
Amonio	538	59	6086	-3056	-9733	-6106
Arsénico	0	6	5	-508	-792	-1289
Bario	5	304	252	-25486	-49218	-74141
Cadmio	0	0	0	-15	-31	-46
Cloruro	1090049	34349	27779	-2711621	578335	-981109
Cromo	0	30	25	-2527	-3984	-6456
Cobre	0	15	12	-1247	-1803	-3023
Cianuro	0	0	0	-17	-251117	-251133
Fluoruro	0	0	0	34	-297	-263
Fierro	1146	4072	3377	-332577	-228704	-552686
Plomo	0	18	15	-1533	-2217	-3716
Mercurio	0	0	0	0	0	-1
Níquel	0	15	13	-1258	-1985	-3215
Nitrato	1	89	74	-7464	143044	135745
Fosfato	0	179	148	-14983	-19281	-33936
Sulfato	38450	34338	28461	-2869815	-1629306	-4397871
Sulfuro	0	1	1	-75	-225	-298
Zinc	0	31	25	-2497	-3961	-6402

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 27 Emisiones al aire en M1E6.

Tipo	Recolección	Segregación	Biológico	Térmico	Relleno	Reciclaje	Total
Partículas	55249	8609	7106	-257449	-356875	-2683494	-3226854
CO	735410	1592	838	-25109	371453	-7230611	-6146426
CO2	134016280	7296859	5979113	2120042736	675575363	-1234867553	1708042797
CH4	163134	17151	14121	n/a	19872888	-2478816	17588477
NOx	2411546	17338	12799	-449879	-485480	-3032327	-1526003
GWP	137443097	7678537	6293496	2120042736	1091997676	-1291856314	2071599229
N2O	3	69	58	n/a	-2930	-15915	-18715
SOx	201958	38018	31406	-1137772	-1576597	-7867249	-10310237
HCl	274	1277	1059	-38047	-44811	-118122	-198370
HF	0	125	104	n/a	-4604	-9664	-14039
H2S	0	0	0	n/a	10634	320	10955
Total HC	0	0	0	n/a	133081	0	133080
HC							
clorado	0	0	0	n/a	6549	0	6549
D/F	0	0	0	0	0	0	0
Amonio	0	20	17	n/a	-856	7258	6439
Arsénico	0	0	0	1	0	-4392	-4390
Cadmio	0	0	0	6	-6	-36	-37
Cromo	0	0	0	13	0	1	14
Cobre	0	0	0	37	0	7	45
Plomo	0	2	1	5	-65	3330	3274
Manganeso	0	1	1	n/a	-28	-23	-49
Mercurio	0	0	0	101	-9	-17	76
Níquel	0	10	8	-256	-405	-1246	-1889
Zinc	0	2	2	450	-89	-306	58

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 28 Emisiones al agua en M1E6.

Tipo	Recolec.	Segreg.	Biológ.	Relleno	Reciclaje	Total
BOD	0	2	34930	97223	224436	356590
COD	6	34	59104	95879	-8622577	-8467555
Sólid. susp.	116471	2432	1941	-92996	-514907	-487059
TOC	19	526	436	-22124	464121	442978
AOX	0	0	0	84	-88767	-88683
HC clorado	0	0	0	44	7	51
D/F (TEQ)	0	0	0	0	0	0
Fenoles	0	4	3	-145	-1159	-1297
Aluminio	4	3040	2522	-128361	-401358	-524152
Amonio	538	59	6086	-1530	-9776	-4623
Arsénico	0	6	5	-256	-819	-1063
Bario	5	304	252	-12849	-50342	-62630
Cadmio	0	0	0	-8	-32	-39
Cloruro	1090049	34349	27779	-1356766	577564	372974
Cromo	0	30	25	-1274	-4115	-5333
Cobre	0	15	12	-628	-1866	-2467
Cianuro	0	0	0	-8	-251117	-251125
Fluoruro	0	0	0	21	-297	-276
Fierro	1146	4072	3377	-167642	-230475	-389522
Plomo	0	18	15	-773	-2281	-3020
Mercurio	0	0	0	0	0	0
Níquel	0	15	13	-634	-2048	-2654
Nitrato	1	89	74	-3763	143052	139453
Fosfato	0	179	148	-7554	-20060	-27286
Sulfato	38450	34338	28461	-1446563	-1676807	-3022119
Sulfuro	0	1	1	-38	-226	-262
Zinc	0	31	25	-1259	-4092	-5295

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 29 Emisiones al aire de M2E1.

	Recolección	Relleno	Total
Partículas	55249	4100	59349
CO	735410	67192	802601
CO2	134016280	902226223	1036242503
CH4	163134	396583729	396746863
NOx	2411546	178957	2590503
GWP	137443097	9230484613	9367927711
N2O	3	0	3
SOx	201958	14987	216945
HCl	274	65634	65908
HF	0	13123	13123
H2S	0	201890	201890
Total HC	0	2018895	2018895
HC clorado	0	35331	35331
D/F	0	0	0
Amonio	0	0	0
Arsénico	0	0	0
Cadmio	0	6	6
Cromo	0	1	1
Cobre	0	0	0
Plomo	0	5	5
Manganeso	0	0	0
Mercurio	0	0	0
Níquel	0	0	0
Zinc	0	76	76

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 30 Emisiones al agua de M2E1.

	Recolección	Relleno	Total
BOD	0	1918153	1918153
COD	6	1918153	1918159
Sólidos susp.	116471	9468	125939
TOC	19	1650	1669
AOX	0	1649	1649
HC clorado	0	849	849
D/F (TEQ)	0	0	0
Fenoles	0	313	313
Aluminio	4	0	5
Amonio	538	17354	17891
Arsénico	0	12	12
Bario	5	0	6
Cadmio	0	12	12
Cloruro	1090049	129535	1219583
Cromo	0	49	49
Cobre	0	45	45
Cianuro	0	0	0
Fluoruro	0	322	322
Fierro	1146	78410	79556
Plomo	0	52	52
Mercurio	0	0	0
Níquel	0	140	140
Nitrato	1	0	1
Fosfato	0	0	0
Sulfato	38450	2853	41304
Sulfuro	0	0	0
Zinc	0	561	561

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 31 Emisiones al aire de M2E2.

	Recolección	Relleno	Total
Partículas	55249	-688714	-633465
CO	735410	700483	1435892
CO2	134016280	1298831058	1432847337
CH4	163134	38284724	38447858
NOx	2411546	-985121	1426426
GWP	137443097	2101060191	2238503289
N2O	3	-5645	-5642
SOx	201958	-3041717	-2839760
HCl	274	-86340	-86066
HF	0	-8871	-8871
H2S	0	20489	20489
Total HC	0	256400	256400
HC clorado	0	12618	12618
D/F	0	0	0
Amonio	0	-1650	-1650
Arsénico	0	0	0
Cadmio	0	-12	-12
Cromo	0	0	0
Cobre	0	0	0
Plomo	0	-125	-125
Manganeso	0	-54	-54
Mercurio	0	-16	-16
Níquel	0	-779	-779
Zinc	0	-172	-172

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 32 Emisiones al agua de M2E2.

	Recolección	Relleno	Total
BOD	0	186883	186883
COD	6	184293	184299
Sólidos susp.	116471	-181598	-65127
TOC	19	-42635	-42616
AOX	0	153	153
HC clorado	0	81	81
D/F (TEQ)	0	0	0
Fenoles	0	-281	-281
Aluminio	4	-247307	-247303
Amonio	538	-3051	-2513
Arsénico	0	-493	-493
Bario	5	-24756	-24751
Cadmio	0	-15	-15
Cloruro	1090049	-2638117	-1548068
Cromo	0	-2455	-2455
Cobre	0	-1212	-1212
Cianuro	0	-16	-16
Fluoruro	0	31	31
Fierro	1146	-323429	-322283
Plomo	0	-1490	-1490
Mercurio	0	0	0
Níquel	0	-1223	-1223
Nitrato	1	-7250	-7249
Fosfato	0	-14554	-14554
Sulfato	38450	-2787813	-2749362
Sulfuro	0	-73	-73
Zinc	0	-2428	-2428

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 33 Emisiones al aire de M2E3.

	Recolección	Relleno	Reciclaje	Total
Partículas	55689	-659152	-551068	-1154531
CO	741268	669161	-1842985	-432556
CO2	135083794	1242703082	-341963312	1035823563
CH4	164433	36636281	-774119	36026595
NOx	2430756	-946532	-791630	692594
GWP	138537908	2010390244	-358221068	1790707084
N2O	3	-5402	-4	-5403
SOx	203566	-2911089	-1965501	-4673023
HCl	276	-82624	-30076	-112424
HF	0	-8489	-1562	-10051
H2S	0	19607	90	19697
Total HC	0	245362	0	245361
HC clorado	0	12074	0	12074
D/F	0	0	0	0
Amonio	0	-1579	11099	9520
Arsénico	0	0	-3907	-3907
Cadmio	0	-11	-11	-22
Cromo	0	0	2	2
Cobre	0	0	9	9
Plomo	0	-119	3105	2986
Manganeso	0	-52	-8	-59
Mercurio	0	-16	-4	-20
Níquel	0	-746	-329	-1075
Zinc	0	-165	-73	-238

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 34 Emisiones al agua de M2E3.

	Recolección	Relleno	Reciclaje	Total
BOD	0	178838	61944	240782
COD	6	176359	-6157138	-5980773
Sólidos susp.	117399	-173966	-179926	-236494
TOC	19	-40803	362151	321367
AOX	0	143	-62544	-62400
HC clorado	0	75	15	90
D/F (TEQ)	0	0	0	0
Fenoles	0	-270	-236	-505
Aluminio	5	-236661	-134616	-371272
Amonio	542	-2957	-2541	-4956
Arsénico	0	-472	-273	-745
Bario	5	-23690	-14702	-38387
Cadmio	0	-14	-13	-27
Cloruro	1098732	-2526373	968480	-459161
Cromo	0	-2350	-1367	-3717
Cobre	0	-1160	-649	-1809
Cianuro	0	-16	-174100	-174115
Fluoruro	0	29	-58	-29
Fierro	1155	-309670	-69255	-377770
Plomo	0	-1426	-741	-2166
Mercurio	0	0	0	0
Níquel	0	-1171	-675	-1846
Nitrato	1	-6938	105476	98539
Fosfato	0	-13927	-5405	-19333
Sulfato	38757	-2667856	75413	-2553686
Sulfuro	0	-70	-49	-119
Zinc	0	-2325	-1371	-3695

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 35 Emisiones al aire de M2E4.

	Recolección	Segregación	Relleno	Reciclaje	Total
Partículas	55249	4846	-659533	-534671	-1134110
CO	735410	734	669578	-1770447	-364725
CO2	134016280	4087460	1243430344	-335643524	1045890559
CH4	163134	9641	36657576	-756651	36073700
NOx	2411546	9244	-946989	-779974	693827
GWP	137443097	4302064	2011563731	-351535502	1801773390
N2O	3	39	-5405	-7	-5371
SOx	201958	21407	-2912773	-1919980	-4609388
HCl	274	720	-82672	-29897	-111575
HF	0	71	-8494	-1574	-9997
H2S	0	0	19618	94	19712
Total HC	0	0	245504	0	245504
HC					
clorado	0	0	12081	0	12081
D/F	0	0	0	0	0
Amonio	0	11	-1580	10907	9339
Arsénico	0	0	0	-3844	-3844
Cadmio	0	0	-11	-10	-21
Cromo	0	0	0	2	2
Cobre	0	0	0	8	8
Plomo	0	1	-119	3052	2934
Manganeso	0	0	-52	-8	-59
Mercurio	0	0	-16	-4	-20
Níquel	0	5	-746	-323	-1064
Zinc	0	1	-165	-72	-236

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 36 Emisiones al agua de M2E4.

	Recolección	Segregación	Relleno	Reciclaje	Total
BOD	0	1	178942	61291	240234
COD	6	19	176461	-6052198	-5875712
Sólidos susp.	116471	1346	-174063	-175795	-232040
TOC	19	297	-40827	356111	315600
AOX	0	0	144	-61481	-61338
HC clorado	0	0	75	14	90
D/F (TEQ)	0	0	0	0	0
Fenoles	0	2	-270	-229	-496
Aluminio	4	1716	-236798	-131785	-366863
Amonio	538	33	-2957	-2487	-4873
Arsénico	0	3	-472	-267	-736
Bario	5	172	-23704	-14351	-37879
Cadmio	0	0	-14	-13	-27
Cloruro	1090049	19138	-2527796	936353	-482256
Cromo	0	17	-2351	-1338	-3672
Cobre	0	8	-1160	-635	-1787
Cianuro	0	0	-16	-171155	-171171
Fluoruro	0	0	29	-56	-26
Fierro	1146	2297	-309846	-69686	-376088
Plomo	0	10	-1426	-727	-2143
Mercurio	0	0	0	0	0
Níquel	0	9	-1171	-661	-1824
Nitrato	1	50	-6942	103693	96802
Fosfato	0	101	-13936	-5279	-19114
Sulfato	38450	19368	-2669405	68274	-2543313
Sulfuro	0	1	-70	-48	-117
Zinc	0	17	-2326	-1341	-3650

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 37 Emisiones al aire de M2E5.

	Recolección	Segregación	Biológico	Relleno	Reciclaje	Total
Partículas	55249	6638	5703	-587881	-525796	-1046086
CO	735410	1006	809	597732	-2133478	-798521
CO2	134016280	5599566	4815352	1108612827	-405196182	847847843
CH4	163134	13208	11343	32678726	-937685	31928726
NOx	2411546	12664	10706	-841463	-1014111	579342
GWP	137443097	5893561	5067864	1793372258	-428380097	1513396683
N2O	3	54	46	-4819	-11266	-15982
SOx	201958	29327	25199	-2596374	-2067442	-4407332
HCl	274	987	848	-73698	-28782	-100371
HF	0	97	83	-7572	-1437	-8829
H2S	0	0	0	17489	67	17556
Total HC	0	0	0	218856	0	218856
HC						
clorado	0	0	0	10770	0	10770
D/F	0	0	0	0	0	0
Amonio	0	16	13	-1408	10499	9120
Arsénico	0	0	0	0	-3844	-3844
Cadmio	0	0	0	-10	-13	-23
Cromo	0	0	0	0	3	3
Cobre	0	0	0	0	14	14
Plomo	0	1	1	-106	3160	3056
Manganeso	0	1	0	-46	-8	-53
Mercurio	0	0	0	-14	-4	-17
Níquel	0	7	6	-665	-356	-1008
Zinc	0	2	1	-147	-72	-216

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 38 Emisiones al agua de M2E5.

	Recolec.	Segreg.	Biológ.	Relleno	Reciclaje	Total
BOD	0	1	28032	159518	84747	272299
COD	6	26	47433	157307	-8921843	-8717071
Sólid. susp.	116471	1844	1577	-155036	-1662	-36805
TOC	19	407	350	-36393	532483	496866
AOX	0	0	0	130	-90593	-90463
HC clorado	0	0	0	68	25	93
D/F (TEQ)	0	0	0	0	0	0
Fenoles	0	3	3	-240	-229	-464
Aluminio	4	2350	2021	-211095	-166802	-373522
Amonio	538	46	4884	-2610	-1762	1096
Arsénico	0	5	4	-421	-338	-750
Bario	5	235	202	-21131	-17176	-37865
Cadmio	0	0	0	-13	-14	-27
Cloruro	1090049	26218	22460	-2252106	1886962	773583
Cromo	0	23	20	-2096	-1694	-3746
Cobre	0	12	10	-1034	-803	-1815
Cianuro	0	0	0	-14	-252026	-252040
Fluoruro	0	0	0	27	-58	-31
Fierro	1146	3147	2706	-276095	-72861	-341957
Plomo	0	14	12	-1271	-893	-2138
Mercurio	0	0	0	0	0	0
Níquel	0	12	10	-1044	-833	-1855
Nitrato	1	69	59	-6189	154071	148012
Fosfato	0	138	119	-12423	-6167	-18332
Sulfato	38450	26532	22809	-2379608	414665	-1877151
Sulfuro	0	1	1	-62	-48	-109
Zinc	0	24	20	-2073	-1697	-3726

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 39 Emisiones al aire de M2E6.

	Recolección	Segregación	Biológico	Térmico	Relleno	Reciclaje	Total
Partículas	55249	6638	41266	-97694	-158971	-528518	-682029
CO	735410	1006	8480	-10199	170467	-2272970	-1367806
CO2	134016280	5599566	35141825	814570547	302441662	-439358269	852411611
CH4	163134	13208	82269	n/a	8872855	-1018542	8112923
NOx	2411546	12664	85792	-172859	-201518	-1109554	1026072
GWP	137443097	5893561	36972455	814570547	488366108	-481857926	1001387842
N2O	3	54	332	n/a	-1308	-68098	-69017
SOx	201958	29327	182180	-431701	-702564	-2145683	-2866483
HCl	274	987	6110	-14429	-20003	-29315	-56376
HF	0	97	600	n/a	-2056	-1404	-2762
H2S	0	0	0	n/a	4747	-20	4728
Total HC	0	0	0	n/a	59411	0	59411
HC							
clorado	0	0	0	n/a	2924	0	2924
D/F	0	0	0	0	0	0	0
Amonio	0	16	97	n/a	-382	-18510	-18779
Arsénico	0	0	0	0	0	-3844	-3844
Cadmio	0	0	1	2	-3	-14	-14
Cromo	0	0	0	5	0	3	8
Cobre	0	0	0	15	0	17	32
Plomo	0	1	7	2	-29	3203	3185
Manganeso	0	1	3	n/a	-12	-8	-17
Mercurio	0	0	1	41	-4	-4	35
Níquel	0	7	46	-96	-181	-370	-594
Zinc	0	2	11	60	-40	-73	-41

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 40 Emisiones al agua de M2E6

	Recolec.	Segreg.	Biológ.	Relleno	Reciclaje	Total
BOD	0	1	162244	43384	84747	290376
COD	6	26	274560	42784	-8921887	-8604511
Sólidos						
susp.	116471	1844	11775	-40775	-3588	85728
TOC	19	407	2518	-9861	532281	525363
AOX	0	0	0	53	-90598	-90544
HC clorado	0	0	0	28	29	57
D/F (TEQ)	0	0	0	0	0	0
Fenoles	0	3	18	-62	-234	-275
Aluminio	4	2350	14550	-57304	-181177	-221576
Amonio	538	46	28325	-519	-1809	26580
Arsénico	0	5	29	-114	-367	-447
Bario	5	235	1457	-5736	-18421	-22461
Cadmio	0	0	1	-3	-15	-17
Cloruro	1090049	26218	165658	-598432	1886186	2569680
Cromo	0	23	145	-568	-1838	-2239
Cobre	0	12	72	-280	-872	-1069
Cianuro	0	0	1	-4	-252027	-252029
Fluoruro	0	0	0	12	-58	-46
Fierro	1146	3147	19489	-74108	-74822	-125147
Plomo	0	14	88	-345	-964	-1207
Mercurio	0	0	0	0	0	0
Níquel	0	12	73	-282	-903	-1100
Nitrato	1	69	427	-1680	154080	152896
Fosfato	0	138	856	-3372	-7029	-9407
Sulfato	38450	26532	164381	-645544	362094	-54087
Sulfuro	0	1	4	-17	-49	-61
Zinc	0	24	146	-557	-1843	-2230

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 41 Emisiones al aire M3E1.

	Recolección	Relleno	Total
Partículas	55249	7164	62413
CO	735410	117364	852773
CO2	134016280	1573212659	1707228939
CH4	163134	691507063	691670197
NOx	2411546	312710	2724257
GWP	137443097	16094861117	16232304215
N2O	3	0	4
SOx	201958	26188	228146
HCl	274	114444	114718
HF	0	22882	22882
H2S	0	352027	352027
Total HC	0	3520266	3520266
HC			
clorado	0	61605	61605
D/F	0	0	0
Amonio	0	0	0
Arsénico	0	0	0
Cadmio	0	10	10
Cromo	0	1	1
Cobre	0	0	0
Plomo	0	9	9
Manganeso	0	0	0
Mercurio	0	0	0
Níquel	0	0	0
Zinc	0	132	132

Nota: las unidades están en gramos, del año 2020.

Tabla 42 Emisiones al agua M3E1.

	Recolección	Relleno	Total
BOD	0	3344605	3344605
COD	6	3344606	3344612
Sólidos			
susp.	116471	16544	133015
TOC	19	2884	2903
AOX	0	2881	2881
HC clorado	0	1484	1484
D/F (TEQ)	0	0	0
Fenoles	0	547	547
Aluminio	4	1	5
Amonio	538	30324	30862
Arsénico	0	20	20
Bario	5	1	6
Cadmio	0	20	20
Cloruro	1090049	226349	1316398
Cromo	0	86	86
Cobre	0	78	78
Cianuro	0	0	0
Fluoruro	0	562	562
Fierro	1146	137014	138160
Plomo	0	91	91
Mercurio	0	1	1
Níquel	0	245	245
Nitrato	1	0	2
Fosfato	0	0	0
Sulfato	38450	4986	43436
Sulfuro	0	0	0
Zinc	0	980	980

Nota: las unidades están en gramos, del año 2020.

Tabla 43 Emisiones al aire M3E2.

	Recolección	Relleno	Total
Partículas	55249	-1200868	-1145619
CO	735410	1221608	1957018
CO2	134016280	2264756477	2398772757
CH4	163134	66755571	66918705
NOx	2411546	-1717044	694502
GWP	137443097	3663571943	3801015040
N2O	3	-9844	-9840
SOx	201958	-5303663	-5101706
HCl	274	-150548	-150274
HF	0	-15468	-15468
H2S	0	35725	35725
Total HC	0	447074	447074
HC			
clorado	0	22001	22001
D/F	0	0	0
Amonio	0	-2877	-2877
Arsénico	0	0	0
Cadmio	0	-20	-20
Cromo	0	0	0
Cobre	0	0	0
Plomo	0	-217	-217
Manganeso	0	-94	-94
Mercurio	0	-29	-29
Níquel	0	-1359	-1359
Zinc	0	-300	-300

Nota: las unidades están en gramos, del año 2020.

Tabla 44 Emisiones al agua M3E2.

	Recolección	Relleno	Total
BOD	0	325860	325861
COD	6	321343	321349
Sólidos			
susp.	116471	-316612	-200141
TOC	19	-74340	-74322
AOX	0	268	268
HC clorado	0	141	141
D/F (TEQ)	0	0	0
Fenoles	0	-490	-490
Aluminio	4	-431220	-431215
Amonio	538	-5314	-4776
Arsénico	0	-860	-860
Bario	5	-43166	-43161
Cadmio	0	-26	-26
Cloruro	1090049	-4599657	-3509608
Cromo	0	-4281	-4281
Cobre	0	-2113	-2113
Cianuro	0	-28	-28
Fluoruro	0	55	55
Fierro	1146	-563920	-562774
Plomo	0	-2597	-2597
Mercurio	0	-1	-1
Níquel	0	-2132	-2132
Nitrato	1	-12642	-12641
Fosfato	0	-25377	-25377
Sulfato	38450	-4860986	-4822535
Sulfuro	0	-127	-127
Zinc	0	-4234	-4234

Nota: las unidades están en gramos, del año 2020.

Tabla 45 Emisiones al aire M3E3.

	Recolección	Relleno	Reciclaje	Total
Partículas	55471	-1186088	-588590	-1719207
CO	738361	1205934	-1366463	577832
CO2	134554132	2236690032	-305604046	2065640118
CH4	163789	65931346	-573869	65521266
NOx	2421225	-1697794	-782337	-58907
GWP	137994703	3618234449	-317830956	3438398196
N2O	3	-9722	-567	-10286
SOx	202768	-5238353	-1801843	-6837428
HCl	275	-148690	-33782	-182196
HF	0	-15277	-2817	-18093
H2S	0	35284	168	35453
Total HC	0	441555	0	441555
HC				
clorado	0	21729	0	21729
D/F	0	0	0	0
Amonio	0	-2841	4447	1606
Arsénico	0	0	-1357	-1357
Cadmio	0	-20	-8	-28
Cromo	0	0	0	0
Cobre	0	0	0	0
Plomo	0	-214	997	782
Manganeso	0	-93	-10	-103
Mercurio	0	-28	-5	-33
Níquel	0	-1342	-313	-1655
Zinc	0	-296	-77	-373

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 46 Emisiones al agua M3E3.

	Recolección	Relleno	Reciclaje	Total
BOD	0	321838	49650	371487
COD	6	317376	-2594822	-2277439
Sólidos				
susp.	116938	-312798	-117204	-313064
TOC	19	-73424	142640	69234
AOX	0	263	-26554	-26291
HC clorado	0	138	-1	137
D/F (TEQ)	0	0	0	0
Fenoles	0	-485	-251	-735
Aluminio	4	-425896	-94838	-520730
Amonio	540	-5267	-2337	-7064
Arsénico	0	-849	-193	-1042
Bario	5	-42633	-11544	-54172
Cadmio	0	-26	-8	-34
Cloruro	1094424	-4543806	72368	-3377014
Cromo	0	-4228	-967	-5195
Cobre	0	-2087	-447	-2534
Cianuro	0	-28	-74619	-74647
Fluoruro	0	54	-58	-5
Fierro	1151	-557043	-76276	-632168
Plomo	0	-2565	-554	-3119
Mercurio	0	-1	0	-1
Níquel	0	-2106	-484	-2590
Nitrato	1	-12486	43149	30664
Fosfato	0	-25064	-4494	-29558
Sulfato	38605	-4801008	-425697	-5188100
Sulfuro	0	-126	-50	-176
Zinc	0	-4182	-964	-5147

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 47 Emisiones al aire M3E4.

	Recolección	Segregación	Relleno	Reciclaje	Total
Partículas	55249	9575	-1143357	-2249268	-3327800
CO	735410	1451	1160681	-5159981	-3262439
CO2	134016280	8077135	2155565383	-1174217539	1123441259
CH4	163134	19052	63548663	-2196837	61534012
NOx	2411546	18268	-1641951	-3010868	-2223006
GWP	137443097	8501209	3487182350	-1221037160	2412089496
N2O	3	77	-9371	-2213	-11503
SOx	201958	42302	-5049535	-6914008	-11719283
HCl	274	1423	-143318	-131006	-272626
HF	0	140	-14725	-10945	-25530
H2S	0	0	34009	669	34678
Total HC	0	0	425600	0	425600
HC					
clorado	0	0	20944	0	20944
D/F	0	0	0	0	0
Amonio	0	23	-2738	17245	14529
Arsénico	0	0	0	-5242	-5242
Cadmio	0	0	-19	-30	-49
Cromo	0	0	0	0	0
Cobre	0	0	0	0	0
Plomo	0	2	-207	3844	3639
Manganeso	0	1	-89	-38	-127
Mercurio	0	0	-27	-19	-46
Níquel	0	11	-1294	-1204	-2487
Zinc	0	2	-286	-297	-580

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 48 Emisiones al agua M3E4.

	Recolección	Segregación	Relleno	Reciclaje	Total
BOD	0	2	310209	191113	501324
COD	6	37	305909	-10060718	-9754766
Sólidos					
susp.	116471	2660	-301764	-445909	-628542
TOC	19	587	-70776	553593	483422
AOX	0	0	249	-102945	-102696
HC clorado	0	0	131	-5	126
D/F (TEQ)	0	0	0	0	0
Fenoles	0	4	-468	-958	-1421
Aluminio	4	3390	-410507	-363423	-770536
Amonio	538	66	-5130	-8962	-13488
Arsénico	0	7	-819	-739	-1551
Bario	5	339	-41093	-44174	-84923
Cadmio	0	0	-25	-31	-55
Cloruro	1090049	37819	-4382258	259902	-2994488
Cromo	0	34	-4075	-3704	-7746
Cobre	0	17	-2012	-1712	-3707
Cianuro	0	0	-27	-289244	-289271
Fluoruro	0	0	51	-221	-170
Fierro	1146	4540	-537153	-297724	-829191
Plomo	0	20	-2473	-2126	-4578
Mercurio	0	0	-1	0	-1
Níquel	0	17	-2031	-1853	-3867
Nitrato	1	99	-12035	167337	155403
Fosfato	0	200	-24158	-17168	-41127
Sulfato	38450	38272	-4627620	-1642393	-6193291
Sulfuro	0	1	-121	-191	-311
Zinc	0	34	-4033	-3695	-7694

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 49 Emisiones al aire M3E5.

	Recolección	Segregación	Biológico	Relleno	Reciclaje	Total
Partículas	5575	11150	5764	-1071500	-2321268	-3370279
CO	74201	1690	817	1088769	-5429673	-4264196
CO2	13521950	9405628	4867039	2020405214	-1238868701	809331131
CH4	16460	22185	11465	59559033	-2268008	57341136
NOx	243320	21272	10818	-1535715	-3259954	-4520259
GWP	13867709	9899452	5122267	3268422345	-1290583104	2006728668
N2O	0	90	47	-8782	-13181	-21827
SOx	20377	49260	25470	-4732241	-7267851	-11904985
HCl	28	1657	858	-134319	-133754	-265530
HF	0	163	84	-13800	-11066	-24619
H2S	0	0	0	31874	817	32691
Total HC	0	0	0	398879	0	398879
HC						
clorado	0	0	0	19629	0	19629
D/F	0	0	0	0	0	0
Amonio	0	26	14	-2567	16391	13864
Arsénico	0	0	0	0	-5573	-5573
Cadmio	0	0	0	-18	-31	-49
Cromo	0	0	0	0	0	0
Cobre	0	0	0	0	1	1
Plomo	0	2	1	-194	4109	3919
Manganeso	0	1	0	-84	-39	-121
Mercurio	0	0	0	-26	-19	-44
Níquel	0	12	6	-1213	-1237	-2431
Zinc	0	3	1	-268	-303	-566

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 50 Emisiones al agua M3E5.

	Recolec.	Segreg.	Biológ.	Relleno	Reciclaje	Total
BOD	0	2	28348	290733	236588	555671
COD	1	44	47967	286702	-12741777	-12407063
Sólid. susp.	11752	3098	1594	-282665	-327803	-594024
TOC	2	683	353	-66330	719560	654269
AOX	0	0	0	236	-130345	-130109
HC clorado	0	0	0	124	-3	120
D/F (TEQ)	0	0	0	0	0	0
Fenoles	0	5	3	-438	-990	-1420
Aluminio	0	3948	2042	-384734	-376614	-755357
Amonio	54	77	4939	-4777	-8591	-8298
Arsénico	0	8	4	-767	-767	-1522
Bario	1	395	204	-38513	-45539	-83451
Cadmio	0	0	0	-23	-32	-54
Cloruro	109984	44039	22700	-4105615	1071180	-2857713
Cromo	0	39	20	-3820	-3848	-7608
Cobre	0	19	10	-1885	-1757	-3612
Cianuro	0	0	0	-25	-366073	-366098
Fluoruro	0	0	0	48	-230	-182
Fierro	116	5287	2735	-503292	-302038	-797193
Plomo	0	24	12	-2317	-2198	-4479
Mercurio	0	0	0	-1	0	-1
Níquel	0	20	10	-1903	-1923	-3796
Nitrato	0	116	60	-11279	214779	203675
Fosfato	0	232	120	-22642	-16801	-39090
Sulfato	3880	44567	23055	-4337029	-1279614	-5545143
Sulfuro	0	1	1	-114	-194	-306
Zinc	0	40	21	-3779	-3831	-7549

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 51 Emisiones al aire M3E6.

	Recolección	Segregación	Biológico	Térmico	Relleno	Reciclaje	Total
Partículas	5575	11150	5764	-386675	-538914	-2321691	-3224790
CO	74201	1690	817	-40755	556698	-5451088	-4858438
CO2	13521950	9405628	4867039	3013091122	1018905962	-1241709500	2818082201
CH4	16460	22185	11465	n/a	29992545	-2281432	27761223
NOx	243320	21272	10818	-685149	-745582	-3264203	-4419524
GWP	13867709	9899452	5122267	3013091122	1647378470	-1293708173	3395650847
N2O	0	90	47	n/a	-4422	-13189	-17474
SOx	20377	49260	25470	-1708725	-2380576	-7273140	-11267334
HCl	28	1657	858	-57138	-67633	-133688	-255916
HF	0	163	84	n/a	-6949	-11060	-17762
H2S	0	0	0	n/a	16050	802	16852
Total HC	0	0	0	n/a	200854	0	200853
HC							
clorado	0	0	0	n/a	9884	0	9884
D/F	0	0	0	0	0	0	0
Amonio	0	26	14	n/a	-1292	16391	15138
Arsénico	0	0	0	1	0	-5573	-5571
Cadmio	0	0	0	6	-9	-32	-34
Cromo	0	0	0	17	0	0	17
Cobre	0	0	0	45	0	2	47
Plomo	0	2	1	1	-98	4117	4024
Manganeso	0	1	0	n/a	-42	-39	-80
Mercurio	0	0	0	139	-13	-19	107
Níquel	0	12	6	-389	-611	-1240	-2220
Zinc	0	3	1	354	-135	-303	-79

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Tabla 52 Emisiones al agua M3E6.

	Recolección	Segregación	Biológico	Relleno	Reciclaje	Total
BOD	0	2	28348	146690	236588	411628
COD	1	44	47967	144660	-12741785	-12549113
Sólidos						
susp.	11752	3098	1594	-140983	-328134	-452674
TOC	2	683	353	-33399	719525	687165
AOX	0	0	0	119	-130346	-130226
HC clorado	0	0	0	63	-3	60
D/F (TEQ)	0	0	0	0	0	0
Fenoles	0	5	3	-220	-991	-1204
Aluminio	0	3948	2042	-193731	-379086	-566826
Amonio	54	77	4939	-2393	-8599	-5922
Arsénico	0	8	4	-386	-772	-1146
Bario	1	395	204	-19393	-45753	-64545
Cadmio	0	0	0	-12	-32	-43
Cloruro	109984	44039	22700	-2053903	1071046	-806135
Cromo	0	39	20	-1923	-3873	-5737
Cobre	0	19	10	-949	-1769	-2688
Cianuro	0	0	0	-13	-366073	-366085
Fluoruro	0	0	0	30	-230	-201
Fierro	116	5287	2735	-253391	-302375	-547629
Plomo	0	24	12	-1167	-2210	-3340
Mercurio	0	0	0	0	0	-1
Níquel	0	20	10	-958	-1935	-2864
Nitrato	0	116	60	-5680	214780	209276
Fosfato	0	232	120	-11401	-16949	-27998
Sulfato	3880	44567	23055	-2183449	-1288655	-3400603
Sulfuro	0	1	1	-57	-194	-249
Zinc	0	40	21	-1902	-3856	-5698

Nota: las unidades están en gramos y corresponden al año 2020.

Supuestos básicos del análisis de varianzas

Emisiones en aire

1. Prueba de normalidad (Wilk-Shapiro)

Statistix 8.0

CANELO_AIRE, 9/12/2021, 16:28:06

Shapiro-Wilk Normality Test

Variable	N	W	P
Amonio	18	0.9095	0.0843
Arsénico	18	0.8277	0.0038
CH4	18	0.5625	0.0000
CO	18	0.8909	0.0400
CO2	18	0.6674	0.0000
Cadmio	18	0.9288	0.1849
Cobre	18	0.6562	0.0000
Cromo	18	0.6121	0.0000
DF	18	M	M
GWP	18	0.6661	0.0000
H2S	18	0.5663	0.0000
HCclorado	18	0.7988	0.0015
HCl	18	0.9122	0.0940
HF	18	0.8434	0.0067
Manganeso	18	0.9381	0.2684
Mercurio	18	0.7718	0.0006
N2O	18	0.6712	0.0000
NOx	18	0.9216	0.1378
Níquel	18	0.9368	0.2551
Partícula	18	0.8528	0.0094
Plomo	18	0.8207	0.0030
SOx	18	0.9051	0.0704
TotalHC	18	0.5879	0.0000
Zinc	18	0.9485	0.4019

A M is printed when the sample size is smaller than 3,
or when the values of a sample are all the same.

2. Prueba de independencia (Corridas o Rachas)

Statistix 8.0

CANELO_AIRE, 9/12/2021, 16:35:58

Runs Test for Amonio

Median	5048.5
Values Above the Median	9
Values below the Median	9
Values Tied with the Median	0
Runs Above the Median	3
Runs Below the Median	3
Total Number of Runs	6
Expected Number of Runs	10.0

P-Value, Two-Tailed Test 0.0889
Probability of getting 6 or fewer runs 0.0445
Probability of getting 6 or more runs 0.9878

Cases Included 18 Missing Cases 0

Runs Test for Cadmio

Median -22.500
Values Above the Median 9
Values below the Median 9
Values Tied with the Median 0
Runs Above the Median 3
Runs Below the Median 3
Total Number of Runs 6
Expected Number of Runs 10.0

P-Value, Two-Tailed Test 0.0889
Probability of getting 6 or fewer runs 0.0445
Probability of getting 6 or more runs 0.9878

Cases Included 18 Missing Cases 0

Runs Test for HCl

Median -131349
Values Above the Median 9
Values below the Median 9
Values Tied with the Median 0
Runs Above the Median 2
Runs Below the Median 2
Total Number of Runs 4
Expected Number of Runs 10.0

P-Value, Two-Tailed Test 0.0060
Probability of getting 4 or fewer runs 0.0030
Probability of getting 4 or more runs 0.9996

Cases Included 18 Missing Cases 0

Runs Test for Manganeso

Median -62.000
Values Above the Median 9
Values below the Median 9
Values Tied with the Median 0
Runs Above the Median 2
Runs Below the Median 2
Total Number of Runs 4
Expected Number of Runs 10.0

P-Value, Two-Tailed Test 0.0060
Probability of getting 4 or fewer runs 0.0030
Probability of getting 4 or more runs 0.9996

Cases Included 18 Missing Cases 0

Runs Test for NOx

Median	635968
Values Above the Median	9
Values below the Median	9
Values Tied with the Median	0
Runs Above the Median	3
Runs Below the Median	3
Total Number of Runs	6
Expected Number of Runs	10.0

P-Value, Two-Tailed Test 0.0889
Probability of getting 6 or fewer runs 0.0445
Probability of getting 6 or more runs 0.9878

Cases Included 18 Missing Cases 0

Runs Test for Níquel

Median	-1217.0
Values Above the Median	9
Values below the Median	9
Values Tied with the Median	0
Runs Above the Median	2
Runs Below the Median	2
Total Number of Runs	4
Expected Number of Runs	10.0

P-Value, Two-Tailed Test 0.0060
Probability of getting 4 or fewer runs 0.0030
Probability of getting 4 or more runs 0.9996

Cases Included 18 Missing Cases 0

Runs Test for SOx

Median	-4.887E+06
Values Above the Median	9
Values below the Median	9
Values Tied with the Median	0
Runs Above the Median	2
Runs Below the Median	2
Total Number of Runs	4
Expected Number of Runs	10.0

P-Value, Two-Tailed Test 0.0060
Probability of getting 4 or fewer runs 0.0030
Probability of getting 4 or more runs 0.9996

Cases Included 18 Missing Cases 0

Runs Test for Zinc

Median	-226.00
Values Above the Median	9

Values below the Median 9
 Values Tied with the Median 0
 Runs Above the Median 4
 Runs Below the Median 3
 Total Number of Runs 7
 Expected Number of Runs 10.0

 P-Value, Two-Tailed Test 0.2179
 Probability of getting 7 or fewer runs 0.1090
 Probability of getting 7 or more runs 0.9555

Cases Included 18 Missing Cases 0

3. Prueba de homogeneidad de varianzas (Bartlett)

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 9/12/2021, 16:47:57

One-Way AOV for Amonio by MOMENTO

Source	DF	SS	MS	F	P
MOMENTO	2	1.013E+08	5.069E+07	0.74	0.4926
Error	15	1.023E+09	6.826E+07		
Total	17	1.125E+09			

Grand Mean 3985.6 CV 207.29
 Chi-Sq DF P
 Bartlett's Test of Equal Variances 4.49 2 0.1060
 Cochran's Q 0.5928
 Largest Var / Smallest Var 8.5117

Component of variance for between groups -2927797
 Effective cell size 6.0

MOMENTO Mean

1 3655.2
 2 1258.3
 3 7043.3
 Observations per Mean 6
 Standard Error of a Mean 3372.9
 Std Error (Diff of 2 Means) 4770.0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 9/12/2021, 16:48:52

One-Way AOV for Cadmio by MOMENTO

Source	DF	SS	MS	F	P
MOMENTO	2	833.44	416.722	1.18	0.3357
Error	15	5319.50	354.633		
Total	17	6152.94			

Grand Mean -23.944 CV -78.65
 Chi-Sq DF P
 Bartlett's Test of Equal Variances 2.37 2 0.3058
 Cochran's Q 0.4559
 Largest Var / Smallest Var 4.0603

Component of variance for between groups 10.3481

Effective cell size 6.0

MOMENTO Mean

1 -29.167

2 -14.333

3 -28.333

Observations per Mean 6

Standard Error of a Mean 7.6880

Std Error (Diff of 2 Means) 10.872

Statistix 8.0

CANELO_AIRE, 9/12/2021, 16:49:35

One-Way AOV for NOx by MOMENTO

Source	DF	SS	MS	F	P
MOMENTO	2	1.839E+13	9.193E+12	2.25	0.1394
Error	15	6.120E+13	4.080E+12		
Total	17	7.958E+13			

Grand Mean -119719 CV -1687.2

Chi-Sq DF P

Bartlett's Test of Equal Variances 6.78 2 0.0337

Cochran's Q 0.6972

Largest Var / Smallest Var 14.673

Component of variance for between groups 8.521E+11

Effective cell size 6.0

MOMENTO Mean

1 -226795

2 1.17E+06

3 -1.30E+06

Observations per Mean 6

Standard Error of a Mean 824608

Std Error (Diff of 2 Means) 1.166E+06

Statistix 8.0

CANELO_AIRE, 9/12/2021, 16:50:13

One-Way AOV for Zinc by MOMENTO

Source	DF	SS	MS	F	P
MOMENTO	2	75199	37599.5	0.69	0.5150
Error	15	812977	54198.5		
Total	17	888176			

Grand Mean -223.00 CV -104.40

Chi-Sq DF P

Bartlett's Test of Equal Variances 2.76 2 0.2516

Cochran's Q 0.4794

Largest Var / Smallest Var 4.7503

Component of variance for between groups -2766.49

Effective cell size 6.0

MOMENTO Mean

1 -236.83

2 -137.83

3 -294.33

Observations per Mean 6
 Standard Error of a Mean 95.043
 Std Error (Diff of 2 Means) 134.41

4. Prueba de aditividad (Tukey)

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 9/12/2021, 17:04:07

Randomized Complete Block AOV Table for Amonio

Source	DF	SS	MS	F	P
ESCENARIO	5	4.100E+08	8.200E+07		
MOMENTO	2	1.013E+08	5.069E+07	0.83	0.4657
Error	10	6.139E+08	6.139E+07		
Total	17	1.125E+09			

Grand Mean 3985.6 CV 196.58

Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity

Source	DF	SS	MS	F	P
Nonadditivity	1	4618238	4618238	0.07	0.7998
Remainder	9	6.092E+08	6.769E+07		

Relative Efficiency, RCB 1.05

Means of Amonio for MOMENTO

MOMENTO Mean

1 3655.2
 2 1258.3
 3 7043.3

Observations per Mean 6
 Standard Error of a Mean 3198.6
 Std Error (Diff of 2 Means) 4523.5

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 9/12/2021, 17:05:54

Randomized Complete Block AOV Table for Cadmio

Source	DF	SS	MS	F	P
ESCENARIO	5	4776.28	955.256		
MOMENTO	2	833.44	416.722	7.67	0.0096
Error	10	543.22	54.322		
Total	17	6152.94			

Grand Mean -23.944 CV -30.78

Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity

Source	DF	SS	MS	F	P
Nonadditivity	1	401.948	401.948	25.61	0.0007
Remainder	9	141.274	15.697		

Relative Efficiency, RCB 5.60

Means of Cadmio for MOMENTO

MOMENTO Mean

1 -29.167
 2 -14.333
 3 -28.333
 Observations per Mean 6
 Standard Error of a Mean 3.0089
 Std Error (Diff of 2 Means) 4.2553

Statistix 8.0

CANELO_AIRE, 9/12/2021, 17:07:33

Randomized Complete Block AOV Table for Zinc

Source	DF	SS	MS	F	P
ESCENARIO	5	723173	144635		
MOMENTO	2	75199	37600	4.19	0.0478
Error	10	89804	8980		
Total	17	888176			

Grand Mean -223.00 CV -42.50

Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity

Source	DF	SS	MS	F	P
Nonadditivity	1	64665.1	64665.1	23.15	0.0010
Remainder	9	25138.6	2793.2		

Relative Efficiency, RCB 5.18

Means of Zinc for MOMENTO

MOMENTO Mean

1 -236.83
 2 -137.83
 3 -294.33
 Observations per Mean 6
 Standard Error of a Mean 38.688
 Std Error (Diff of 2 Means) 54.712

Emisiones en agua

1. Prueba de normalidad (Wilk-Shapiro)

Statistix 8.0

CANELO_AGUA, 9/12/2021, 17:24:18

Shapiro-Wilk Normality Test

Variable	N	W	P
AOX	18	0.8855	0.0324
Aluminio	18	0.9392	0.2806
Amonio	18	0.7765	0.0007
Arsénico	18	0.9389	0.2774
BOD	18	0.5895	0.0000
Bario	18	0.9370	0.2578
COD	18	0.9338	0.2264
Cadmio	18	0.9038	0.0668
Cianuro	18	0.8776	0.0238
Cloruro	18	0.9558	0.5228
Cobre	18	0.9376	0.2640
Cromo	18	0.9390	0.2787
DFTEQ	18	M	M
Fenoles	18	0.9068	0.0757
Fierro	18	0.9207	0.1331
Fluoruro	18	0.8685	0.0168
Fosfato	18	0.9371	0.2580
HCclorado	18	0.5426	0.0000
Mercurio	18	0.7800	0.0008
Níquel	18	0.9367	0.2546
Nitrato	18	0.8982	0.0535
Plomo	18	0.9408	0.2991
SS	18	0.9254	0.1614
Sulfato	18	0.9184	0.1209
Sulfuro	18	0.9007	0.0591
TOC	18	0.9128	0.0965
Zinc	18	0.9304	0.1975

A M is printed when the sample size is smaller than 3,
or when the values of a sample are all the same.

2. Prueba de independencia (Corridas o Rachas)

Statistix 8.0

CANELO_AGUA, 9/12/2021, 17:29:57

Runs Test for Aluminio

Median	-402369
Values Above the Median	9
Values below the Median	9
Values Tied with the Median	0
Runs Above the Median	2
Runs Below the Median	2
Total Number of Runs	4
Expected Number of Runs	10.0

P-Value, Two-Tailed Test 0.0060
Probability of getting 4 or fewer runs 0.0030
Probability of getting 4 or more runs 0.9996

Cases Included 18 Missing Cases 0

Runs Test for Arsénico

Median -805.00
Values Above the Median 9
Values below the Median 9
Values Tied with the Median 0
Runs Above the Median 2
Runs Below the Median 2
Total Number of Runs 4
Expected Number of Runs 10.0

P-Value, Two-Tailed Test 0.0060
Probability of getting 4 or fewer runs 0.0030
Probability of getting 4 or more runs 0.9996

Cases Included 18 Missing Cases 0

Runs Test for Barrio

Median -40774
Values Above the Median 9
Values below the Median 9
Values Tied with the Median 0
Runs Above the Median 2
Runs Below the Median 2
Total Number of Runs 4
Expected Number of Runs 10.0

P-Value, Two-Tailed Test 0.0060
Probability of getting 4 or fewer runs 0.0030
Probability of getting 4 or more runs 0.9996

Cases Included 18 Missing Cases 0

Runs Test for COD

Median -5.673E+06
Values Above the Median 9
Values below the Median 9
Values Tied with the Median 0
Runs Above the Median 3
Runs Below the Median 3
Total Number of Runs 6
Expected Number of Runs 10.0

P-Value, Two-Tailed Test 0.0889
Probability of getting 6 or fewer runs 0.0445
Probability of getting 6 or more runs 0.9878

Cases Included 18 Missing Cases 0

Runs Test for Cadmio

Median	-27.000
Values Above the Median	7
Values below the Median	8
Values Tied with the Median	3
Runs Above the Median	2
Runs Below the Median	2
Total Number of Runs	4
Expected Number of Runs	8.5

P-Value, Two-Tailed Test	0.0308
Probability of getting 4 or fewer runs	0.0154
Probability of getting 4 or more runs	0.9977

A value was counted as a tie with the Median if it was within 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Runs Test for Cloruro

Median	-893622
Values Above the Median	9
Values below the Median	9
Values Tied with the Median	0
Runs Above the Median	4
Runs Below the Median	3
Total Number of Runs	7
Expected Number of Runs	10.0

P-Value, Two-Tailed Test	0.2179
Probability of getting 7 or fewer runs	0.1090
Probability of getting 7 or more runs	0.9555

Cases Included 18 Missing Cases 0

Runs Test for Cobre

Median	-1964.0
Values Above the Median	9
Values below the Median	9
Values Tied with the Median	0
Runs Above the Median	2
Runs Below the Median	2
Total Number of Runs	4
Expected Number of Runs	10.0

P-Value, Two-Tailed Test	0.0060
Probability of getting 4 or fewer runs	0.0030
Probability of getting 4 or more runs	0.9996

Cases Included 18 Missing Cases 0

Runs Test for Cromo

Median	-4013.5
Values Above the Median	9

Values below the Median	9
Values Tied with the Median	0
Runs Above the Median	2
Runs Below the Median	2
Total Number of Runs	4
Expected Number of Runs	10.0

P-Value, Two-Tailed Test	0.0060
Probability of getting 4 or fewer runs	0.0030
Probability of getting 4 or more runs	0.9996

Cases Included 18 Missing Cases 0

Runs Test for Fenoles

Median	-500.50
Values Above the Median	9
Values below the Median	9
Values Tied with the Median	0
Runs Above the Median	3
Runs Below the Median	3
Total Number of Runs	6
Expected Number of Runs	10.0

P-Value, Two-Tailed Test	0.0889
Probability of getting 6 or fewer runs	0.0445
Probability of getting 6 or more runs	0.9878

Cases Included 18 Missing Cases 0

Runs Test for Fierro

Median	-388597
Values Above the Median	9
Values below the Median	9
Values Tied with the Median	0
Runs Above the Median	2
Runs Below the Median	2
Total Number of Runs	4
Expected Number of Runs	10.0

P-Value, Two-Tailed Test	0.0060
Probability of getting 4 or fewer runs	0.0030
Probability of getting 4 or more runs	0.9996

Cases Included 18 Missing Cases 0

Runs Test for Fosfato

Median	-22355
Values Above the Median	9
Values below the Median	9
Values Tied with the Median	0
Runs Above the Median	2
Runs Below the Median	2
Total Number of Runs	4
Expected Number of Runs	10.0

P-Value, Two-Tailed Test 0.0060
Probability of getting 4 or fewer runs 0.0030
Probability of getting 4 or more runs 0.9996

Cases Included 18 Missing Cases 0

Runs Test for Níquel

Median -1993.5
Values Above the Median 9
Values below the Median 9
Values Tied with the Median 0
Runs Above the Median 2
Runs Below the Median 2
Total Number of Runs 4
Expected Number of Runs 10.0

P-Value, Two-Tailed Test 0.0060
Probability of getting 4 or fewer runs 0.0030
Probability of getting 4 or more runs 0.9996

Cases Included 18 Missing Cases 0

Runs Test for Nitrato

Median 90397
Values Above the Median 9
Values below the Median 9
Values Tied with the Median 0
Runs Above the Median 3
Runs Below the Median 3
Total Number of Runs 6
Expected Number of Runs 10.0

P-Value, Two-Tailed Test 0.0889
Probability of getting 6 or fewer runs 0.0445
Probability of getting 6 or more runs 0.9878

Cases Included 18 Missing Cases 0

Runs Test for Plomo

Median -2381.5
Values Above the Median 9
Values below the Median 9
Values Tied with the Median 0
Runs Above the Median 2
Runs Below the Median 2
Total Number of Runs 4
Expected Number of Runs 10.0

P-Value, Two-Tailed Test 0.0060
Probability of getting 4 or fewer runs 0.0030
Probability of getting 4 or more runs 0.9996

Cases Included 18 Missing Cases 0

Runs Test for SS

Median	-234267
Values Above the Median	9
Values below the Median	9
Values Tied with the Median	0
Runs Above the Median	3
Runs Below the Median	3
Total Number of Runs	6
Expected Number of Runs	10.0

P-Value, Two-Tailed Test	0.0889
Probability of getting 6 or fewer runs	0.0445
Probability of getting 6 or more runs	0.9878

Cases Included 18 Missing Cases 0

Runs Test for Sulfato

Median	-3.170E+06
Values Above the Median	9
Values below the Median	9
Values Tied with the Median	0
Runs Above the Median	2
Runs Below the Median	2
Total Number of Runs	4
Expected Number of Runs	10.0

P-Value, Two-Tailed Test	0.0060
Probability of getting 4 or fewer runs	0.0030
Probability of getting 4 or more runs	0.9996

Cases Included 18 Missing Cases 0

Runs Test for Sulfuro

Median	-123.00
Values Above the Median	9
Values below the Median	9
Values Tied with the Median	0
Runs Above the Median	2
Runs Below the Median	2
Total Number of Runs	4
Expected Number of Runs	10.0

P-Value, Two-Tailed Test	0.0060
Probability of getting 4 or fewer runs	0.0030
Probability of getting 4 or more runs	0.9996

Cases Included 18 Missing Cases 0

Runs Test for TOC

Median	277340
--------	--------

Values Above the Median	9
Values below the Median	9
Values Tied with the Median	0
Runs Above the Median	3
Runs Below the Median	3
Total Number of Runs	6
Expected Number of Runs	10.0
P-Value, Two-Tailed Test	0.0889
Probability of getting 6 or fewer runs	0.0445
Probability of getting 6 or more runs	0.9878

Cases Included 18 Missing Cases 0

Runs Test for Zinc

Median	-3980.0
Values Above the Median	9
Values below the Median	9
Values Tied with the Median	0
Runs Above the Median	2
Runs Below the Median	2
Total Number of Runs	4
Expected Number of Runs	10.0
P-Value, Two-Tailed Test	0.0060
Probability of getting 4 or fewer runs	0.0030
Probability of getting 4 or more runs	0.9996

Cases Included 18 Missing Cases 0

3. Prueba de homogeneidad de varianzas (Bartlett)

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 9/12/2021, 17:38:36

One-Way AOV for COD by MOMENTO

Source	DF	SS	MS	F	P
MOMENTO	2	8.197E+12	4.098E+12	0.14	0.8704
Error	15	4.387E+14	2.925E+13		
Total	17	4.469E+14			

Grand Mean	-4.66E+06	CV	-115.99	
		Chi-Sq	DF	P
Bartlett's Test of Equal Variances		1.22	2	0.5430
Cochran's Q		0.5424		
Largest Var / Smallest Var		2.4062		

Component of variance for between groups	-4.192E+12
Effective cell size	6.0

MOMENTO	Mean
1	-3.92E+06
2	-4.51E+06
3	-5.55E+06

Observations per Mean 6
 Standard Error of a Mean 2.208E+06
 Std Error (Diff of 2 Means) 3.122E+06
 Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 9/12/2021, 17:39:37

One-Way AOV for Cloruro by MOMENTO

Source	DF	SS	MS	F	P
MOMENTO	2	1.705E+13	8.527E+12	3.27	0.0661
Error	15	3.907E+13	2.605E+12		
Total	17	5.612E+13			

Grand Mean -862334 CV -187.15
 Chi-Sq DF P
 Bartlett's Test of Equal Variances 0.53 2 0.7679
 Cochran's Q 0.4688
 Largest Var / Smallest Var 1.8425

Component of variance for between groups 9.871E+11
 Effective cell size 6.0

MOMENTO Mean

1	-894467
2	345560
3	-2.04E+06

Observations per Mean 6
 Standard Error of a Mean 658851
 Std Error (Diff of 2 Means) 931756

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 9/12/2021, 17:40:24

One-Way AOV for Fenoles by MOMENTO

Source	DF	SS	MS	F	P
MOMENTO	2	1216525	608263	1.49	0.2571
Error	15	6128050	408537		
Total	17	7344575			

Grand Mean -648.83 CV -98.51
 Chi-Sq DF P
 Bartlett's Test of Equal Variances 3.65 2 0.1608
 Cochran's Q 0.4646
 Largest Var / Smallest Var 5.8983

Component of variance for between groups 33287.6
 Effective cell size 6.0

MOMENTO Mean

1	-874.67
2	-284.67
3	-787.17

Observations per Mean 6
 Standard Error of a Mean 260.94
 Std Error (Diff of 2 Means) 369.02

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 9/12/2021, 17:41:06

One-Way AOV for Nitrate by MOMENTO

Source	DF	SS	MS	F	P
MOMENTO	2	2.713E+09	1.356E+09	0.21	0.8155
Error	15	9.840E+10	6.560E+09		
Total	17	1.011E+11			

Grand Mean 82307 CV 98.40
Chi-Sq DF P
Bartlett's Test of Equal Variances 1.24 2 0.5385
Cochran's Q 0.5409
Largest Var / Smallest Var 2.5821
Component of variance for between groups -8.673E+08
Effective cell size 6.0

MOMENTO Mean

1 67692
2 81500
3 97730
Observations per Mean 6
Standard Error of a Mean 33066
Std Error (Diff of 2 Means) 46762

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 9/12/2021, 17:41:44

One-Way AOV for SS by MOMENTO

Source	DF	SS	MS	F	P
MOMENTO	2	3.735E+11	1.868E+11	2.66	0.1025
Error	15	1.052E+12	7.018E+10		
Total	17	1.426E+12			

Grand Mean -262112 CV -101.07
Chi-Sq DF P
Bartlett's Test of Equal Variances 2.48 2 0.2890
Cochran's Q 0.5045
Largest Var / Smallest Var 4.5344

Component of variance for between groups 1.943E+10
Effective cell size 6.0

MOMENTO Mean

1 -383964
2 -59800
3 -342572
Observations per Mean 6
Standard Error of a Mean 108150
Std Error (Diff of 2 Means) 152947

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 9/12/2021, 17:42:23

One-Way AOV for TOC by MOMENTO

Source	DF	SS	MS	F	P
MOMENTO	2	3.310E+10	1.655E+10	0.23	0.8000
Error	15	1.096E+12	7.307E+10		

Total 17 1.129E+12

Grand Mean 258060 CV 104.75
Chi-Sq DF P
Bartlett's Test of Equal Variances 1.29 2 0.5257
Cochran's Q 0.5388
Largest Var / Smallest Var 2.7547

Component of variance for between groups -9.421E+09
Effective cell size 6.0

MOMENTO Mean
1 200695
2 269708
3 303779
Observations per Mean 6
Standard Error of a Mean 110359
Std Error (Diff of 2 Means) 156071

4. Prueba de aditividad (Tukey)

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 9/12/2021, 17:45:52

Randomized Complete Block AOV Table for COD

Source	DF	SS	MS	F	P
ESCENARIO	5	4.069E+14	8.139E+13		
MOMENTO	2	8.197E+12	4.098E+12	1.29	0.3176
Error	10	3.179E+13	3.179E+12		
Total	17	4.469E+14			

Grand Mean -4.66E+06 CV -38.24

Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity

Source	DF	SS	MS	F	P
Nonadditivity	1	1.613E+13	1.613E+13	9.27	0.0139
Remainder	9	1.565E+13	1.740E+12		

Relative Efficiency, RCB 7.84

Means of COD for MOMENTO

MOMENTO Mean
1 -3.92E+06
2 -4.51E+06
3 -5.55E+06
Observations per Mean 6
Standard Error of a Mean 727889
Std Error (Diff of 2 Means) 1.029E+06

Randomized Complete Block AOV Table for Cloruro

Source	DF	SS	MS	F	P
ESCENARIO	5	3.415E+13	6.830E+12		
MOMENTO	2	1.705E+13	8.527E+12	17.35	0.0006
Error	10	4.915E+12	4.915E+11		

Total 17 5.612E+13

Grand Mean -862334 CV -81.30

Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity

Source	DF	SS	MS	F	P
Nonadditivity	1	6.804E+11	6.804E+11	1.45	0.2599
Remainder	9	4.235E+12	4.706E+11		

Relative Efficiency, RCB 4.56

Means of Cloruro for MOMENTO

MOMENTO Mean

1 -894467
2 345560
3 -2.04E+06

Observations per Mean 6
Standard Error of a Mean 286224
Std Error (Diff of 2 Means) 404781

Randomized Complete Block AOV Table for Fenoles

Source	DF	SS	MS	F	P
ESCENARIO	5	5248766	1049753		
MOMENTO	2	1216525	608262	6.92	0.0130
Error	10	879283	87928		
Total	17	7344574			

Grand Mean -648.83 CV -45.70

Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity

Source	DF	SS	MS	F	P
Nonadditivity	1	679388	679388	30.59	0.0004
Remainder	9	199895	22211		

Relative Efficiency, RCB 4.01

Means of Fenoles for MOMENTO

MOMENTO Mean

1 -874.67
2 -284.67
3 -787.17

Observations per Mean 6
Standard Error of a Mean 121.06
Std Error (Diff of 2 Means) 171.20

Randomized Complete Block AOV Table for Nitrato

Source	DF	SS	MS	F	P
ESCENARIO	5	9.048E+10	1.810E+10		
MOMENTO	2	2.713E+09	1.356E+09	1.71	0.2295
Error	10	7.925E+09	7.925E+08		
Total	17	1.011E+11			

Grand Mean 82307 CV 34.20

Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity

Source	DF	SS	MS	F	P
--------	----	----	----	---	---

Nonadditivity	1	3.566E+09	3.566E+09	7.36	0.0238
Remainder	9	4.358E+09	4.842E+08		

Relative Efficiency, RCB 7.06

Means of Nitrato for MOMENTO

MOMENTO Mean

1 67692
 2 81500
 3 97730

Observations per Mean 6
 Standard Error of a Mean 11492
 Std Error (Diff of 2 Means) 16253

Randomized Complete Block AOV Table for SS

Source	DF	SS	MS	F	P
ESCENARIO	5	8.223E+11	1.645E+11		
MOMENTO	2	3.735E+11	1.868E+11	8.11	0.0081
Error	10	2.304E+11	2.304E+10		
Total	17	1.426E+12			

Grand Mean -262112 CV -57.91

Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity

Source	DF	SS	MS	F	P
Nonadditivity	1	1.198E+11	1.198E+11	9.75	0.0123
Remainder	9	1.105E+11	1.228E+10		

Relative Efficiency, RCB 2.67

Means of SS for MOMENTO

MOMENTO Mean

1 -383964
 2 -59800
 3 -342572

Observations per Mean 6
 Standard Error of a Mean 61966
 Std Error (Diff of 2 Means) 87633

Randomized Complete Block AOV Table for TOC

Source	DF	SS	MS	F	P
ESCENARIO	5	1.005E+12	2.010E+11		
MOMENTO	2	3.310E+10	1.655E+10	1.82	0.2118
Error	10	9.094E+10	9.094E+09		
Total	17	1.129E+12			

Grand Mean 258060 CV 36.95

Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity

Source	DF	SS	MS	F	P
Nonadditivity	1	3.560E+10	3.560E+10	5.79	0.0395
Remainder	9	5.533E+10	6.148E+09		

Relative Efficiency, RCB 6.86

Means of TOC for MOMENTO

MOMENTO Mean

1 200695

2 269708

3 303779

Observations per Mean 6

Standard Error of a Mean 38931

Std Error (Diff of 2 Means) 55057

Análisis de varianza y Kruskal-Wallis

Emisiones en aire

Statistix 8.0

CANELO_AIRE, 16/12/2021, 07:48:14

Analysis of Variance Table for Amonio

Source	DF	SS	MS	F	P
MOMENTO	2	1.013E+08	5.069E+07	0.83	0.4657
ESCENARIO	5	4.100E+08	8.200E+07	1.34	0.3250
Error	10	6.139E+08	6.139E+07		
Total	17	1.125E+09			

Grand Mean 3985.6 CV 196.58

Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity

Source	DF	SS	MS	F	P
Nonadditivity	1	4618238	4618238	0.07	0.7998
Remainder	9	6.092E+08	6.769E+07		

Statistix 8.0

CANELO_AIRE, 16/12/2021, 07:53:42

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Arsénico by MOMENTO

MOMENTO	Mean	Sample Rank	Size
1	9.5	6	
2	10.8	6	
3	8.2	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 0.7799
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.6771

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	21.333	10.6667	0.36	0.7031
Within	15	443.667	29.5778		
Total	17	465.000			

Total number of values that were tied 9
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0

CANELO_AIRE, 16/12/2021, 07:54:33

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Arsénico by ESCENARIO

ESCENARIO	Mean	Sample Rank	Size
1	15.5	3	
2	15.5	3	
3	10.0	3	
4	6.0	3	
5	4.7	3	

6	5.3	3
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 13.7341
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0174

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	375.667	75.1333	10.1	0.0006
Within	12	89.333	7.4444		
Total	17	465.000			

Total number of values that were tied 9
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 16/12/2021, 07:55:31

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for CH4 by MOMENTO

MOMENTO	Mean	Sample Rank	Size
1	9.3	6	
2	6.7	6	
3	12.5	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 3.5906
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.1661

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	102.333	51.1667	2.01	0.1687
Within	15	382.167	25.4778		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 16/12/2021, 07:55:57

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for CH4 by ESCENARIO

ESCENARIO	Mean	Sample Rank	Size
1	17.0	3	
2	11.3	3	
3	9.7	3	
4	9.3	3	
5	7.7	3	
6	2.0	3	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 12.5556
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0279

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	357.833	71.5667	6.78	0.0032
Within	12	126.667	10.5556		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
 Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 16/12/2021, 07:56:35

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for CO by MOMENTO

MOMENTO	Mean Rank	Sample Size
1	7.2	6
2	11.2	6
3	10.2	6
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 1.8246
 P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.4016

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	52.000	26.0000	0.90	0.4268
Within	15	432.500	28.8333		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
 Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 16/12/2021, 07:57:03

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for CO by ESCENARIO

ESCENARIO	Mean Rank	Sample Size
1	14.0	3
2	17.0	3
3	9.3	3
4	7.0	3
5	5.3	3
6	4.3	3
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 13.3509
 P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0203

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	380.500	76.1000	8.78	0.0011
Within	12	104.000	8.6667		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
 Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0

CANELO_AIRE, 16/12/2021, 07:57:44

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for CO2 by MOMENTO

	Mean	Sample	
MOMENTO	Rank	Size	
1	6.0	6	
2	9.8	6	
3	12.7	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 4.7135
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0947

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	134.333	67.1667	2.88	0.0876
Within	15	350.167	23.3444		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0

CANELO_AIRE, 16/12/2021, 07:58:09

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for CO2 by ESCENARIO

	Mean	Sample	
ESCENARIO	Rank	Size	
1	8.0	3	
2	11.0	3	
3	6.7	3	
4	5.0	3	
5	11.3	3	
6	15.0	3	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 6.9883
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.2215

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	199.167	39.8333	1.68	0.2149
Within	12	285.333	23.7778		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0

CANELO_AIRE, 16/12/2021, 07:58:39

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Cadmio by MOMENTO

	Mean Sample	
MOMENTO	Rank	Size
1	8.1	6
2	12.4	6
3	8.0	6
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 2.6983
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.2595

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	76.583	38.2917	1.42	0.2736
Within	15	405.917	27.0611		
Total	17	482.500			

Total number of values that were tied 8
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 16/12/2021, 07:59:07

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Cadmio by ESCENARIO

	Mean Sample	
ESCENARIO	Rank	Size
1	17.0	3
2	13.5	3
3	7.8	3
4	5.3	3
5	4.7	3
6	8.7	3
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 12.3081
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0308

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	349.333	69.8667	6.30	0.0043
Within	12	133.167	11.0972		
Total	17	482.500			

Total number of values that were tied 8
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 16/12/2021, 07:59:39

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Cobre by MOMENTO

	Mean Sample	
MOMENTO	Rank	Size
1	9.8	6
2	11.2	6
3	7.5	6
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 1.5897
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.4516

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	41.333	20.6667	0.77	0.4789
Within	15	400.667	26.7111		
Total	17	442.000			

Total number of values that were tied 10
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:00:00

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Cobre by ESCENARIO

ESCENARIO	Mean Rank	Sample Size
1	4.5	3
2	4.5	3
3	9.5	3
4	9.7	3
5	11.8	3
6	17.0	3
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 12.8910
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0244

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	335.167	67.0333	7.53	0.0021
Within	12	106.833	8.9028		
Total	17	442.000			

Total number of values that were tied 10
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:00:29

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Cromo by MOMENTO

MOMENTO	Mean Rank	Sample Size
1	9.8	6
2	11.8	6
3	6.9	6
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 2.7671
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.2507

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	73.083	36.5417	1.46	0.2638
Within	15	375.917	25.0611		

Total 17 449.000

Total number of values that were tied 14
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:00:52

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Cromo by ESCENARIO

ESCENARIO	Mean	Sample Rank	Size
1	9.5	3	
2	3.5	3	
3	8.8	3	
4	8.8	3	
5	9.3	3	
6	17.0	3	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 10.5824
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0603

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	279.500	55.9000	3.96	0.0237
Within	12	169.500	14.1250		
Total	17	449.000			

Total number of values that were tied 14
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:01:27

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for DF by MOMENTO

MOMENTO	Mean	Sample Rank	Size
1	9.5	6	
2	9.5	6	
3	9.5	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic M
P-Value, Using Chi-Squared Approximation M

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	0.00000	0.00000	M	M
Within	15	0.00000	0.00000		
Total	17	0.00000			

Total number of values that were tied 18
Max. diff. allowed between ties 0.00001

WARNING: Too many ties for meaningful results.

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0

CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:01:49

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for DF by ESCENARIO

	Mean	Sample
ESCENARIO	Rank	Size
1	9.5	3
2	9.5	3
3	9.5	3
4	9.5	3
5	9.5	3
6	9.5	3
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic M
P-Value, Using Chi-Squared Approximation M

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	0.00000	0.00000	M	M
Within	12	0.00000	0.00000		
Total	17	0.00000			

Total number of values that were tied 18
Max. diff. allowed between ties 0.00001

WARNING: Too many ties for meaningful results.

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0

CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:02:18

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for GWP by MOMENTO

	Mean	Sample
MOMENTO	Rank	Size
1	8.8	6
2	8.2	6
3	11.5	6
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 1.3099
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.5195

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	37.333	18.6667	0.63	0.5480
Within	15	447.167	29.8111		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for GWP by ESCENARIO

	Mean	Sample Rank	Size
1	17.0	3	
2	8.3	3	
3	9.3	3	
4	8.0	3	
5	5.7	3	
6	8.7	3	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 7.9240
 P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.1605

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	225.833	45.1667	2.10	0.1364
Within	12	258.667	21.5556		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
 Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for H2S by MOMENTO

	Mean	Sample Rank	Size
1	9.5	6	
2	6.5	6	
3	12.5	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 3.7895
 P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.1504

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	108.000	54.0000	2.15	0.1508
Within	15	376.500	25.1000		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
 Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for H2S by ESCENARIO

	Mean	Sample Rank	Size
ESCENARIO			

1	17.0	3
2	11.0	3
3	9.7	3
4	9.3	3
5	8.0	3
6	2.0	3
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 12.3216
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0306

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	351.167	70.2333	6.32	0.0043
Within	12	133.333	11.1111		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:04:09

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for HCclorado by MOMENTO

	Mean	Sample Rank	Size
MOMENTO			
1	9.5	6	
2	6.5	6	
3	12.5	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 3.7895
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.1504

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	108.000	54.0000	2.15	0.1508
Within	15	376.500	25.1000		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:04:32

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for HCclorado by ESCENARIO

	Mean	Sample Rank	Size
ESCENARIO			
1	17.0	3	
2	11.0	3	
3	9.7	3	
4	9.3	3	
5	8.0	3	
6	2.0	3	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 12.3216
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0306

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	351.167	70.2333	6.32	0.0043
Within	12	133.333	11.1111		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:11:26

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for HCl by MOMENTO

MOMENTO	Mean	Sample Rank	Size
1	8.7	6	
2	13.2	6	
3	6.7	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 4.6667
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0970

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	133.000	66.5000	2.84	0.0901
Within	15	351.500	23.4333		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:12:01

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for HCl by ESCENARIO

ESCENARIO	Mean	Sample Rank	Size
1	17.0	3	
2	11.7	3	
3	8.3	3	
4	5.7	3	
5	6.3	3	
6	8.0	3	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 9.3977
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0942

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	267.833	53.5667	2.97	0.0570
Within	12	216.667	18.0556		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
 Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:12:32

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for HF by MOMENTO

MOMENTO	Mean Rank	Sample Size
1	8.3	6
2	13.5	6
3	6.7	6
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 5.3450
 P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0691

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	152.333	76.1667	3.44	0.0589
Within	15	332.167	22.1444		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
 Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:12:56

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for HF by ESCENARIO

ESCENARIO	Mean Rank	Sample Size
1	17.0	3
2	10.3	3
3	7.7	3
4	5.3	3
5	6.7	3
6	10.0	3
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 9.0468
 P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.1072

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	257.833	51.5667	2.73	0.0715
Within	12	226.667	18.8889		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0

Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0

CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:13:29

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Manganeso by MOMENTO

	Mean	Sample	
MOMENTO	Rank	Size	
1	10.2	6	
2	13.0	6	
3	5.3	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 6.3669
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0414

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	180.333	90.1667	4.49	0.0296
Within	15	301.167	20.0778		
Total	17	481.500			

Total number of values that were tied 7
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0

CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:13:51

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Manganeso by ESCENARIO

	Mean	Sample	
ESCENARIO	Rank	Size	
1	17.0	3	
2	8.3	3	
3	7.2	3	
4	6.0	3	
5	7.2	3	
6	11.3	3	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 8.9090
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.1128

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	252.333	50.4667	2.64	0.0779
Within	12	229.167	19.0972		
Total	17	481.500			

Total number of values that were tied 7
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0

CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:14:17

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Mercurio by MOMENTO

	Mean Sample	
MOMENTO	Rank	Size
1	8.8	6
2	11.8	6
3	7.8	6
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 1.8417
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.3982

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	52.000	26.0000	0.91	0.4232
Within	15	428.000	28.5333		
Total	17	480.000			

Total number of values that were tied 8
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:14:37

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Mercurio by ESCENARIO

	Mean Sample	
ESCENARIO	Rank	Size
1	14.0	3
2	9.3	3
3	6.7	3
4	4.5	3
5	5.5	3
6	17.0	3
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 13.3403
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0204

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	376.667	75.3333	8.75	0.0011
Within	12	103.333	8.6111		
Total	17	480.000			

Total number of values that were tied 8
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:15:06

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for N2O by MOMENTO

	Mean Sample	
MOMENTO	Rank	Size
1	9.6	6

2	10.8	6
3	8.1	6
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 0.7991
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.6706

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	22.750	11.3750	0.37	0.6969
Within	15	461.250	30.7500		
Total	17	484.000			

Total number of values that were tied 2
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:15:28

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for N2O by ESCENARIO

ESCENARIO	Mean	Sample Rank	Size
1	17.0	3	
2	11.3	3	
3	11.0	3	
4	10.7	3	
5	3.7	3	
6	3.3	3	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 14.2545
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0141

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	405.833	81.1667	12.5	0.0002
Within	12	78.167	6.5139		
Total	17	484.000			

Total number of values that were tied 2
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:15:53

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for NOx by MOMENTO

MOMENTO	Mean	Sample Rank	Size
1	8.8	6	
2	12.3	6	
3	7.3	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 2.7719
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.2501

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	79.000	39.5000	1.46	0.2632
Within	15	405.500	27.0333		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0

Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0

CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:16:20

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for NOx by ESCENARIO

ESCENARIO	Mean	Sample Rank	Size
1	17.0	3	
2	13.7	3	
3	8.3	3	
4	6.7	3	
5	4.7	3	
6	6.7	3	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 12.0409

P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0342

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	343.167	68.6333	5.83	0.0059
Within	12	141.333	11.7778		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0

Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0

CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:16:52

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Níquel by MOMENTO

MOMENTO	Mean	Sample Rank	Size
1	8.7	6	
2	13.2	6	
3	6.7	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 4.6860

P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0960

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	133.000	66.5000	2.85	0.0890
Within	15	349.500	23.3000		
Total	17	482.500			

Total number of values that were tied 3
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:17:13

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Níquel by ESCENARIO

	Mean	Sample
ESCENARIO	Rank	Size
1	17.0	3
2	12.0	3
3	8.3	3
4	5.3	3
5	6.3	3
6	8.0	3
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 9.8829
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0786

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	280.500	56.1000	3.33	0.0406
Within	12	202.000	16.8333		
Total	17	482.500			

Total number of values that were tied 3
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:17:43

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Partícula by MOMENTO

	Mean	Sample
MOMENTO	Rank	Size
1	8.0	6
2	12.8	6
3	7.7	6
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 3.5205
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.1720

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	100.333	50.1667	1.96	0.1755
Within	15	384.167	25.6111		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Partícula by ESCENARIO

	Mean	Sample Rank	Size
1	17.0	3	3
2	12.7	3	3
3	8.0	3	3
4	5.3	3	3
5	5.7	3	3
6	8.3	3	3
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 10.7310
 P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0570

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	305.833	61.1667	4.11	0.0209
Within	12	178.667	14.8889		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
 Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Plomo by MOMENTO

	Mean	Sample Rank	Size
1	8.7	6	6
2	9.0	6	6
3	10.8	6	6
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 0.5731
 P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.7508

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	16.333	8.1667	0.26	0.7732
Within	15	468.167	31.2111		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
 Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Plomo by ESCENARIO

	Mean	Sample Rank	Size
ESCENARIO			

1	5.0	3
2	2.0	3
3	8.7	3
4	11.7	3
5	14.0	3
6	15.7	3
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 14.7544
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0115

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	420.500	84.1000	15.8	0.0001
Within	12	64.000	5.3333		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:19:22

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for SOx by MOMENTO

	Mean	Sample Rank	Size
1	8.7	6	
2	13.0	6	
3	6.8	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 4.2222
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.1211

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	120.333	60.1667	2.48	0.1175
Within	15	364.167	24.2778		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:19:42

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for SOx by ESCENARIO

	Mean	Sample Rank	Size
1	17.0	3	
2	12.3	3	
3	8.3	3	
4	6.0	3	
5	5.7	3	
6	7.7	3	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 10.0994
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0725

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	287.833	57.5667	3.51	0.0346
Within	12	196.667	16.3889		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:20:09

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for TotalHC by MOMENTO

MOMENTO	Mean	Sample Rank	Size
1	9.5	6	
2	6.5	6	
3	12.5	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 3.7895
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.1504

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	108.000	54.0000	2.15	0.1508
Within	15	376.500	25.1000		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:20:27

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for TotalHC by ESCENARIO

ESCENARIO	Mean	Sample Rank	Size
1	17.0	3	
2	11.0	3	
3	9.7	3	
4	9.3	3	
5	8.0	3	
6	2.0	3	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 12.3216
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0306

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	351.167	70.2333	6.32	0.0043

Within 12 133.333 11.1111
Total 17 484.500

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:20:56

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Zinc by MOMENTO

	Mean	Sample Rank	Size
MOMENTO 1	9.2	6	
2	11.5	6	
3	7.8	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 1.4503
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.4843

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	41.333	20.6667	0.70	0.5123
Within	15	443.167	29.5444		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 16/12/2021, 08:21:15

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Zinc by ESCENARIO

	Mean	Sample Rank	Size
ESCENARIO 1	17.0	3	
2	10.0	3	
3	6.3	3	
4	4.3	3	
5	5.3	3	
6	14.0	3	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 13.7719
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0171

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	392.500	78.5000	10.2	0.0005
Within	12	92.000	7.6667		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Emisiones en agua

Statistix 8.0

CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:22:32

Analysis of Variance Table for Cloruro

Source	DF	SS	MS	F	P
MOMENTO	2	1.705E+13	8.527E+12	17.35	0.0006
ESCENARIO	5	3.415E+13	6.830E+12	13.90	0.0003
Error	10	4.915E+12	4.915E+11		
Total	17	5.612E+13			

Grand Mean -862334 CV -81.30

Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity

Source	DF	SS	MS	F	P
Nonadditivity	1	6.804E+11	6.804E+11	1.45	0.2599
Remainder	9	4.235E+12	4.706E+11		

Statistix 8.0

CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:23:10

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Cloruro for MOMENTO

MOMENTO Mean Homogeneous Groups

2	345560	A
1	-894467	B
3	-2.04E+06	C

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 404781
Critical Q Value 3.881 Critical Value for Comparison 1.111E+06
Error term used: MOMENTO*ESCENARIO, 10 DF
All 3 means are significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Cloruro for ESCENARIO

ESCENARIO Mean Homogeneous Groups

1	1.26E+06	A
6	712173	AB
5	-1.02E+06	BC
4	-1.80E+06	C
3	-1.95E+06	C
2	-2.38E+06	C

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 572447
Critical Q Value 4.904 Critical Value for Comparison 1.985E+06
Error term used: MOMENTO*ESCENARIO, 10 DF
There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means
are not significantly different from one another.

Statistix 8.0

CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:23:48

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for AOX by MOMENTO

	Mean	Sample Rank	Size
MOMENTO			
1	10.8	6	
2	9.2	6	
3	8.5	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 0.6082
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.7378

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	17.333	8.6667	0.28	0.7609
Within	15	467.167	31.1444		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:24:13

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for AOX by ESCENARIO

	Mean	Sample Rank	Size
ESCENARIO			
1	17.0	3	
2	14.0	3	
3	10.3	3	
4	7.3	3	
5	4.7	3	
6	3.7	3	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 14.6608
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0119

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	417.833	83.5667	15.0	0.0001
Within	12	66.667	5.5556		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:24:38

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Aluminio by MOMENTO

Mean Sample

MOMENTO	Rank	Size
1	8.3	6
2	13.2	6
3	7.0	6
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 4.4511
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.1080

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	126.333	63.1667	2.66	0.1026
Within	15	356.167	23.7444		
Total	17	482.500			

Total number of values that were tied 3
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:25:02

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Aluminio by ESCENARIO

ESCENARIO	Mean	Sample Rank	Size
1	17.0	3	
2	12.0	3	
3	8.3	3	
4	5.3	3	
5	5.3	3	
6	9.0	3	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 10.4466
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0635

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	296.500	59.3000	3.83	0.0264
Within	12	186.000	15.5000		
Total	17	482.500			

Total number of values that were tied 3
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:25:59

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Amonio by MOMENTO

MOMENTO	Mean	Sample Rank	Size
1	8.3	6	
2	12.7	6	
3	7.5	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 3.2398

P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.1979

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	92.333	46.1667	1.77	0.2048
Within	15	392.167	26.1444		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0

Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0

CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:26:21

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Amonio by ESCENARIO

ESCENARIO	Mean Rank	Sample Size
1	16.3	3
2	11.7	3
3	5.3	3
4	4.0	3
5	8.0	3
6	11.7	3
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 11.1520

P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0484

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	317.833	63.5667	4.58	0.0144
Within	12	166.667	13.8889		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0

Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0

CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:26:47

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Arsénico by MOMENTO

MOMENTO	Mean Rank	Sample Size
1	8.3	6
2	13.0	6
3	7.2	6
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 4.0117

P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.1345

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	114.333	57.1667	2.32	0.1328
Within	15	370.167	24.6778		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:27:07

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Arsénico by ESCENARIO

	Mean	Sample Rank	Size
1	17.0	3	
2	12.0	3	
3	8.3	3	
4	5.3	3	
5	5.3	3	
6	9.0	3	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 10.4035
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0646

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	296.500	59.3000	3.79	0.0273
Within	12	188.000	15.6667		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:27:33

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for BOD by MOMENTO

	Mean	Sample Rank	Size
1	10.2	6	
2	5.8	6	
3	12.5	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 4.8187
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0899

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	137.333	68.6667	2.97	0.0821
Within	15	347.167	23.1444		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:27:52

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for BOD by ESCENARIO

	Mean	Sample Rank	Size
1	17.0	3	
2	3.3	3	
3	7.3	3	
4	9.7	3	
5	11.0	3	
6	8.7	3	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 10.7310
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0570

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	305.833	61.1667	4.11	0.0209
Within	12	178.667	14.8889		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:28:29

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Bario by MOMENTO

	Mean	Sample Rank	Size
1	8.3	6	
2	13.2	6	
3	7.0	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 4.4511
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.1080

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	126.333	63.1667	2.66	0.1026
Within	15	356.167	23.7444		
Total	17	482.500			

Total number of values that were tied 3
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:28:49

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Bario by ESCENARIO

	Mean	Sample Rank	Size
1	17.0	3	
2	12.0	3	

3	8.3	3
4	5.0	3
5	6.0	3
6	8.7	3
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 10.2587
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0682

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	291.167	58.2333	3.65	0.0306
Within	12	191.333	15.9444		
Total	17	482.500			

Total number of values that were tied 3
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:29:12

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for COD by MOMENTO

MOMENTO	Mean	Sample Rank	Size
1	10.8	6	
2	9.2	6	
3	8.5	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 0.6082
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.7378

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	17.333	8.6667	0.28	0.7609
Within	15	467.167	31.1444		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:29:32

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for COD by ESCENARIO

ESCENARIO	Mean	Sample Rank	Size
1	17.0	3	
2	14.0	3	
3	10.3	3	
4	7.3	3	
5	4.3	3	
6	4.0	3	

Total 9.5 18

Kruskal-Wallis Statistic 14.6140
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0121

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	416.500	83.3000	14.7	0.0001
Within	12	68.000	5.6667		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:30:00

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Cadmio by MOMENTO

MOMENTO	Mean	Sample Rank	Size
1	8.3	6	
2	12.5	6	
3	7.7	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 2.9039
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.2341

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	82.333	41.1667	1.55	0.2454
Within	15	399.667	26.6444		
Total	17	482.000			

Total number of values that were tied 5
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:30:20

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Cadmio by ESCENARIO

ESCENARIO	Mean	Sample Rank	Size
1	17.0	3	
2	13.3	3	
3	8.3	3	
4	4.8	3	
5	5.2	3	
6	8.3	3	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 12.0858
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0336

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
--------	----	----	----	---	---

Between	5	342.667	68.5333	5.90	0.0056
Within	12	139.333	11.6111		
Total	17	482.000			

Total number of values that were tied 5
 Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:30:45

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Cianuro by MOMENTO

	Mean	Sample
MOMENTO	Rank	Size
1	10.8	6
2	9.7	6
3	8.0	6
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 0.8573
 P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.6514

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	24.333	12.1667	0.40	0.6783
Within	15	458.167	30.5444		
Total	17	482.500			

Total number of values that were tied 3
 Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:31:06

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Cianuro by ESCENARIO

	Mean	Sample
ESCENARIO	Rank	Size
1	17.0	3
2	14.0	3
3	10.3	3
4	7.3	3
5	3.7	3
6	4.7	3
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 14.7216
 P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0116

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	417.833	83.5667	15.5	0.0001
Within	12	64.667	5.3889		
Total	17	482.500			

Total number of values that were tied 3
 Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0

CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:32:03

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Cloruro by MOMENTO

	Mean	Sample
MOMENTO	Rank	Size
1	9.3	6
2	13.0	6
3	6.2	6
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 4.9240
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0853

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	140.333	70.1667	3.06	0.0769
Within	15	344.167	22.9444		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0

CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:32:23

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Cloruro by ESCENARIO

	Mean	Sample
ESCENARIO	Rank	Size
1	16.0	3
2	4.7	3
3	6.7	3
4	7.0	3
5	9.0	3
6	13.7	3
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 10.2632
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0681

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	292.500	58.5000	3.66	0.0305
Within	12	192.000	16.0000		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0

CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:32:46

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Cobre by MOMENTO

	Mean	Sample Rank	Size
MOMENTO			
1	8.5	6	
2	13.0	6	
3	7.0	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 4.1053
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.1284

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	117.000	58.5000	2.39	0.1258
Within	15	367.500	24.5000		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:33:08

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Cobre by ESCENARIO

	Mean	Sample Rank	Size
ESCENARIO			
1	17.0	3	
2	12.0	3	
3	8.0	3	
4	5.3	3	
5	5.3	3	
6	9.3	3	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 10.4737
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0629

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	298.500	59.7000	3.85	0.0258
Within	12	186.000	15.5000		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:34:02

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Cromo by MOMENTO

	Mean	Sample Rank	Size
MOMENTO			
1	8.3	6	
2	13.0	6	
3	7.2	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 4.0117
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.1345

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	114.333	57.1667	2.32	0.1328
Within	15	370.167	24.6778		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:34:23

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Cromo by ESCENARIO

ESCENARIO	Mean Rank	Sample Size
1	17.0	3
2	12.0	3
3	8.3	3
4	5.3	3
5	5.3	3
6	9.0	3
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 10.4035
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0646

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	296.500	59.3000	3.79	0.0273
Within	12	188.000	15.6667		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:34:58

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for DFTEQ by MOMENTO

MOMENTO	Mean Rank	Sample Size
1	9.5	6
2	9.5	6
3	9.5	6
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic M
P-Value, Using Chi-Squared Approximation M

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	0.00000	0.00000	M	M
Within	15	0.00000	0.00000		

Total 17 0.00000

Total number of values that were tied 18
Max. diff. allowed between ties 0.00001

WARNING: Too many ties for meaningful results.

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:35:19

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for DFTEQ by ESCENARIO

	Mean	Sample	
ESCENARIO	Rank	Size	
1	9.5	3	
2	9.5	3	
3	9.5	3	
4	9.5	3	
5	9.5	3	
6	9.5	3	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic M
P-Value, Using Chi-Squared Approximation M

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	0.00000	0.00000	M	M
Within	12	0.00000	0.00000		
Total	17	0.00000			

Total number of values that were tied 18
Max. diff. allowed between ties 0.00001

WARNING: Too many ties for meaningful results.

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:35:51

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Fenoles by MOMENTO

	Mean	Sample	
MOMENTO	Rank	Size	
1	7.5	6	
2	12.7	6	
3	8.3	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 3.2398
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.1979

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	92.333	46.1667	1.77	0.2048
Within	15	392.167	26.1444		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:36:12

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Fenoles by ESCENARIO

	Mean	Sample	
ESCENARIO	Rank	Size	
1	17.0	3	
2	12.7	3	
3	8.0	3	
4	4.7	3	
5	6.0	3	
6	8.7	3	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 11.0351
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0507

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	314.500	62.9000	4.44	0.0160
Within	12	170.000	14.1667		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:36:40

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Fierro by MOMENTO

	Mean	Sample	
MOMENTO	Rank	Size	
1	9.2	6	
2	13.5	6	
3	5.8	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 6.2222
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0446

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	177.333	88.6667	4.33	0.0328
Within	15	307.167	20.4778		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:37:00

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Fierro by ESCENARIO

	Mean	Sample Rank	Size
1	17.0	3	
2	9.3	3	
3	7.3	3	
4	6.0	3	
5	7.0	3	
6	10.3	3	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 8.4386
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.1337

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	240.500	48.1000	2.37	0.1029
Within	12	244.000	20.3333		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:37:28

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Fluoruro by MOMENTO

	Mean	Sample Rank	Size
1	7.3	6	
2	11.2	6	
3	10.1	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 1.7240
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.4223

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	49.083	24.5417	0.85	0.4484
Within	15	434.917	28.9944		
Total	17	484.000			

Total number of values that were tied 2
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:38:02

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Fluoruro by ESCENARIO

	Mean	Sample Rank	Size
1	17.0	3	
2	14.0	3	

3	9.5	3
4	6.8	3
5	5.3	3
6	4.3	3
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 13.4525
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0195

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	383.000	76.6000	9.10	0.0009
Within	12	101.000	8.4167		
Total	17	484.000			

Total number of values that were tied 2
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:39:19

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Fosfato by MOMENTO

	Mean	Sample Rank	Size
MOMENTO 1	8.3	6	
2	13.2	6	
3	7.0	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 4.4511
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.1080

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	126.333	63.1667	2.66	0.1026
Within	15	356.167	23.7444		
Total	17	482.500			

Total number of values that were tied 3
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:39:45

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Fosfato by ESCENARIO

	Mean	Sample Rank	Size
ESCENARIO 1	17.0	3	
2	12.0	3	
3	7.0	3	
4	5.0	3	
5	6.0	3	
6	10.0	3	

Total 9.5 18

Kruskal-Wallis Statistic 10.7285
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0570

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	304.500	60.9000	4.11	0.0209
Within	12	178.000	14.8333		
Total	17	482.500			

Total number of values that were tied 3
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:40:15

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for HCclorado by MOMENTO

MOMENTO	Mean	Sample Rank	Size
1	9.0	6	
2	7.0	6	
3	12.5	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 3.2767
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.1943

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	93.000	46.5000	1.79	0.2007
Within	15	389.500	25.9667		
Total	17	482.500			

Total number of values that were tied 3
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:40:32

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for HCclorado by ESCENARIO

ESCENARIO	Mean	Sample Rank	Size
1	17.0	3	
2	10.0	3	
3	10.0	3	
4	9.3	3	
5	8.7	3	
6	2.0	3	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 12.0204
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0345

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
--------	----	----	----	---	---

Between	5	341.167	68.2333	5.79	0.0060
Within	12	141.333	11.7778		
Total	17	482.500			

Total number of values that were tied 3
 Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:41:02

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Mercurio by MOMENTO

	Mean	Sample
MOMENTO	Rank	Size
1	9.3	6
2	12.5	6
3	6.7	6
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 4.3492
 P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.1137

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	102.333	51.1667	2.58	0.1090
Within	15	297.667	19.8444		
Total	17	400.000			

Total number of values that were tied 18
 Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:41:22

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Mercurio by ESCENARIO

	Mean	Sample
ESCENARIO	Rank	Size
1	15.8	3
2	9.8	3
3	7.2	3
4	7.2	3
5	7.2	3
6	9.8	3
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 7.2250
 P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.2044

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	170.000	34.0000	1.77	0.1928
Within	12	230.000	19.1667		
Total	17	400.000			

Total number of values that were tied 18
 Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0

CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:41:50

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Níquel by MOMENTO

	Mean	Sample Rank	Size
MOMENTO			
1	8.3	6	
2	13.0	6	
3	7.2	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 4.0117
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.1345

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	114.333	57.1667	2.32	0.1328
Within	15	370.167	24.6778		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0

CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:42:16

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Níquel by ESCENARIO

	Mean	Sample Rank	Size
ESCENARIO			
1	17.0	3	
2	12.0	3	
3	8.3	3	
4	5.3	3	
5	5.3	3	
6	9.0	3	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 10.4035
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0646

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	296.500	59.3000	3.79	0.0273
Within	12	188.000	15.6667		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0

CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:42:42

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Nitrato by MOMENTO

	Mean Sample	
MOMENTO	Rank	Size
1	8.1	6
2	9.6	6
3	10.8	6
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 0.7991
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.6706

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	22.750	11.3750	0.37	0.6969
Within	15	461.250	30.7500		
Total	17	484.000			

Total number of values that were tied 2
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:43:01

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Nitrato by ESCENARIO

	Mean Sample	
ESCENARIO	Rank	Size
1	5.0	3
2	2.0	3
3	8.7	3
4	11.7	3
5	14.3	3
6	15.3	3
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 14.6760
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0118

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	417.833	83.5667	15.2	0.0001
Within	12	66.167	5.5139		
Total	17	484.000			

Total number of values that were tied 2
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:43:26

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Plomo by MOMENTO

	Mean Sample	
MOMENTO	Rank	Size
1	8.5	6
2	13.0	6
3	7.0	6
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 4.1053
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.1284

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	117.000	58.5000	2.39	0.1258
Within	15	367.500	24.5000		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:43:43

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Plomo by ESCENARIO

ESCENARIO	Mean Rank	Sample Size
1	17.0	3
2	12.0	3
3	7.7	3
4	5.0	3
5	6.0	3
6	9.3	3
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 10.3567
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0657

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	295.167	59.0333	3.74	0.0284
Within	12	189.333	15.7778		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:44:15

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for SS by MOMENTO

MOMENTO	Mean Rank	Sample Size
1	7.5	6
2	12.8	6
3	8.2	6
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 3.5556
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.1690

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	101.333	50.6667	1.98	0.1721

Within 15 383.167 25.5444
Total 17 484.500

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:45:00

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for SS by ESCENARIO

	Mean	Sample
ESCENARIO	Rank	Size
1	17.0	3
2	12.0	3
3	7.3	3
4	4.3	3
5	7.0	3
6	9.3	3
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 10.5439
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0612

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	300.500	60.1000	3.92	0.0244
Within	12	184.000	15.3333		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:45:24

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Sulfato by MOMENTO

	Mean	Sample
MOMENTO	Rank	Size
1	8.8	6
2	13.5	6
3	6.2	6
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 5.8012
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0550

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	165.333	82.6667	3.89	0.0437
Within	15	319.167	21.2778		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Sulfato by ESCENARIO

	Mean	Sample Rank	Size
1	17.0	3	
2	8.3	3	
3	7.0	3	
4	6.0	3	
5	7.7	3	
6	11.0	3	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 8.6023
 P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.1260

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	245.167	49.0333	2.46	0.0937
Within	12	239.333	19.9444		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
 Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Sulfuro by MOMENTO

	Mean	Sample Rank	Size
1	8.2	6	
2	13.2	6	
3	7.2	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 4.3689
 P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.1125

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	124.000	62.0000	2.59	0.1078
Within	15	358.500	23.9000		
Total	17	482.500			

Total number of values that were tied 3
 Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Sulfuro by ESCENARIO

	Mean	Sample Rank	Size
ESCENARIO			

1	17.0	3
2	12.0	3
3	8.3	3
4	5.0	3
5	6.0	3
6	8.7	3
Total	9.5	18

Kruskal-Wallis Statistic 10.2587
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0682

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	291.167	58.2333	3.65	0.0306
Within	12	191.333	15.9444		
Total	17	482.500			

Total number of values that were tied 3
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0
Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:46:54

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for TOC by MOMENTO

	Mean	Sample Rank	Size
MOMENTO			
1	8.2	6	
2	9.8	6	
3	10.5	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 0.6082
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.7378

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	17.333	8.6667	0.28	0.7609
Within	15	467.167	31.1444		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:47:12

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for TOC by ESCENARIO

	Mean	Sample Rank	Size
ESCENARIO			
1	5.0	3	
2	2.0	3	
3	8.7	3	
4	11.0	3	
5	14.7	3	
6	15.7	3	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 15.1754
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0096

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	432.500	86.5000	20.0	0.0000
Within	12	52.000	4.3333		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:47:38

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Zinc by MOMENTO

MOMENTO	Mean	Sample Rank	Size
1	8.3	6	
2	13.0	6	
3	7.2	6	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 4.0117
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.1345

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	2	114.333	57.1667	2.32	0.1328
Within	15	370.167	24.6778		
Total	17	484.500			

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 16/12/2021, 08:47:58

Kruskal-Wallis One-Way Nonparametric AOV for Zinc by ESCENARIO

ESCENARIO	Mean	Sample Rank	Size
1	17.0	3	
2	12.0	3	
3	8.3	3	
4	5.3	3	
5	5.3	3	
6	9.0	3	
Total	9.5	18	

Kruskal-Wallis Statistic 10.4035
P-Value, Using Chi-Squared Approximation 0.0646

Parametric AOV Applied to Ranks

Source	DF	SS	MS	F	P
Between	5	296.500	59.3000	3.79	0.0273

Within 12 188.000 15.6667
Total 17 484.500

Total number of values that were tied 0
Max. diff. allowed between ties 0.00001

Cases Included 18 Missing Cases 0

Prueba de comparaciones múltiples

Emisiones en aire

Statistix 8.0

CANELO_AIRE, 17/12/2021, 18:31:29

Kruskal-Wallis All-Pairwise Comparisons Test of Arsénico by ESCENARIO

ESCENARIO Mean Homogeneous Groups

1	15.500	A
2	15.500	A
3	10.000	A
4	6.0000	A
6	5.3333	A
5	4.6667	A

Alpha 0.05

Critical Z Value 2.935 Critical Value for Comparison 12.794

There are no significant pairwise differences among the means.

Statistix 8.0

CANELO_AIRE, 17/12/2021, 18:32:24

Kruskal-Wallis All-Pairwise Comparisons Test of CH4 by ESCENARIO

ESCENARIO Mean Homogeneous Groups

1	17.000	A
2	11.333	AB
3	9.6667	AB
4	9.3333	AB
5	7.6667	AB
6	2.0000	B

Alpha 0.05

Critical Z Value 2.935 Critical Value for Comparison 12.794

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Statistix 8.0

CANELO_AIRE, 17/12/2021, 18:33:10

Kruskal-Wallis All-Pairwise Comparisons Test of CO by ESCENARIO

ESCENARIO Mean Homogeneous Groups

2	17.000	A
1	14.000	A
3	9.3333	A
4	7.0000	A
5	5.3333	A
6	4.3333	A

Alpha 0.05

Critical Z Value 2.935 Critical Value for Comparison 12.794

There are no significant pairwise differences among the means.

Statistix 8.0

CANELO_AIRE, 17/12/2021, 18:33:54

Kruskal-Wallis All-Pairwise Comparisons Test of Cadmio by ESCENARIO

ESCENARIO Mean Homogeneous Groups

1 17.000 A
2 13.500 A
6 8.6667 A
3 7.8333 A
4 5.3333 A
5 4.6667 A

Alpha 0.05
Critical Z Value 2.935 Critical Value for Comparison 12.794
There are no significant pairwise differences among the means.

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 17/12/2021, 18:34:31

Kruskal-Wallis All-Pairwise Comparisons Test of Cobre by ESCENARIO

ESCENARIO Mean Homogeneous Groups

6 17.000 A
5 11.833 A
4 9.6667 A
3 9.5000 A
1 4.5000 A
2 4.5000 A

Alpha 0.05
Critical Z Value 2.935 Critical Value for Comparison 12.794
There are no significant pairwise differences among the means.

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 17/12/2021, 18:35:19

Kruskal-Wallis All-Pairwise Comparisons Test of H2S by ESCENARIO

ESCENARIO Mean Homogeneous Groups

1 17.000 A
2 11.000 AB
3 9.6667 AB
4 9.3333 AB
5 8.0000 AB
6 2.0000 B

Alpha 0.05
Critical Z Value 2.935 Critical Value for Comparison 12.794
There are 2 groups (A and B) in which the means
are not significantly different from one another.

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 17/12/2021, 18:35:49

Kruskal-Wallis All-Pairwise Comparisons Test of HCclorado by ESCENARIO

ESCENARIO Mean Homogeneous Groups

1 17.000 A
2 11.000 AB
3 9.6667 AB
4 9.3333 AB
5 8.0000 AB

6 2.0000 B

Alpha 0.05
Critical Z Value 2.935 Critical Value for Comparison 12.794
There are 2 groups (A and B) in which the means
are not significantly different from one another.

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 17/12/2021, 18:37:51

Kruskal-Wallis All-Pairwise Comparisons Test of Manganese by MOMENTO

MOMENTO Mean Homogeneous Groups

2 13.000 A
1 10.167 AB
3 5.3333 B

Alpha 0.05
Critical Z Value 2.394 Critical Value for Comparison 7.3787
There are 2 groups (A and B) in which the means
are not significantly different from one another.

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 17/12/2021, 18:38:53

Kruskal-Wallis All-Pairwise Comparisons Test of Mercurio by ESCENARIO

ESCENARIO Mean Homogeneous Groups

6 17.000 A
1 14.000 A
2 9.3333 A
3 6.6667 A
5 5.5000 A
4 4.5000 A

Alpha 0.05
Critical Z Value 2.935 Critical Value for Comparison 12.794
There are no significant pairwise differences among the means.

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 17/12/2021, 18:39:24

Kruskal-Wallis All-Pairwise Comparisons Test of N2O by ESCENARIO

ESCENARIO Mean Homogeneous Groups

1 17.000 A
2 11.333 AB
3 11.000 AB
4 10.667 AB
5 3.6667 B
6 3.3333 B

Alpha 0.05
Critical Z Value 2.935 Critical Value for Comparison 12.794
There are 2 groups (A and B) in which the means
are not significantly different from one another.

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 17/12/2021, 18:39:53

Kruskal-Wallis All-Pairwise Comparisons Test of NOx by ESCENARIO

ESCENARIO Mean Homogeneous Groups

1 17.000 A
2 13.667 A
3 8.3333 A
4 6.6667 A
6 6.6667 A
5 4.6667 A

Alpha 0.05
Critical Z Value 2.935 Critical Value for Comparison 12.794
There are no significant pairwise differences among the means.

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 17/12/2021, 18:40:40

Kruskal-Wallis All-Pairwise Comparisons Test of Plomo by ESCENARIO

ESCENARIO Mean Homogeneous Groups

6 15.667 A
5 14.000 AB
4 11.667 AB
3 8.6667 AB
1 5.0000 AB
2 2.0000 B

Alpha 0.05
Critical Z Value 2.935 Critical Value for Comparison 12.794
There are 2 groups (A and B) in which the means
are not significantly different from one another.

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 17/12/2021, 18:41:04

Kruskal-Wallis All-Pairwise Comparisons Test of TotalHC by ESCENARIO

ESCENARIO Mean Homogeneous Groups

1 17.000 A
2 11.000 AB
3 9.6667 AB
4 9.3333 AB
5 8.0000 AB
6 2.0000 B

Alpha 0.05
Critical Z Value 2.935 Critical Value for Comparison 12.794
There are 2 groups (A and B) in which the means
are not significantly different from one another.

Statistix 8.0 CANELO_AIRE, 17/12/2021, 18:41:31

Kruskal-Wallis All-Pairwise Comparisons Test of Zinc by ESCENARIO

ESCENARIO Mean Homogeneous Groups

1 17.000 A
6 14.000 A
2 10.000 A

3 6.3333 A
5 5.3333 A
4 4.3333 A

Alpha 0.05
Critical Z Value 2.935 Critical Value for Comparison 12.794
There are no significant pairwise differences among the means.

Emisiones en agua

CANELO_AGUA, 9/10/2021, 21:59:33

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of AOX for MOMENTO

MOMENTO Mean Homogeneous Groups

1 -45777 A
2 -50491 A
3 -64362 A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 9927.8
Critical Q Value 3.881 Critical Value for Comparison 27244
Error term used: MOMENTO*ESCENARIO, 10 DF
There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of AOX for ESCENARIO

ESCENARIO Mean Homogeneous Groups

1 2208 A
2 205 A
3 -43196 AB
4 -74268 BC
5 -103056 C
6 -103151 C

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 14040
Critical Q Value 4.904 Critical Value for Comparison 48684
Error term used: MOMENTO*ESCENARIO, 10 DF
There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means
are not significantly different from one another.

Statistix 8.0

CANELO_AGUA, 17/12/2021, 19:00:16

Kruskal-Wallis All-Pairwise Comparisons Test of AOX by ESCENARIO

ESCENARIO Mean Homogeneous Groups

1 17.000 A
2 14.000 AB
3 10.333 AB
4 7.3333 AB
5 4.6667 AB
6 3.6667 B

Alpha 0.05
Critical Z Value 2.935 Critical Value for Comparison 12.794
There are 2 groups (A and B) in which the means
are not significantly different from one another.

Statistix 8.0

CANELO_AGUA, 17/12/2021, 19:01:03

Kruskal-Wallis All-Pairwise Comparisons Test of Amonio by ESCENARIO

ESCENARIO Mean Homogeneous Groups

1 16.333 A
2 11.667 A
6 11.667 A

5 8.0000 A
3 5.3333 A
4 4.0000 A

Alpha 0.05
Critical Z Value 2.935 Critical Value for Comparison 12.794
There are no significant pairwise differences among the means.

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 17/12/2021, 19:01:26

Kruskal-Wallis All-Pairwise Comparisons Test of COD by ESCENARIO

ESCENARIO Mean Homogeneous Groups

1 17.000 A
2 14.000 AB
3 10.333 AB
4 7.3333 AB
5 4.3333 AB
6 4.0000 B

Alpha 0.05
Critical Z Value 2.935 Critical Value for Comparison 12.794
There are 2 groups (A and B) in which the means
are not significantly different from one another.

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 17/12/2021, 19:11:09

Kruskal-Wallis All-Pairwise Comparisons Test of Cadmio by ESCENARIO

ESCENARIO Mean Homogeneous Groups

1 17.000 A
2 13.333 A
3 8.3333 A
6 8.3333 A
5 5.1667 A
4 4.8333 A

Alpha 0.05
Critical Z Value 2.935 Critical Value for Comparison 12.794
There are no significant pairwise differences among the means.

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 17/12/2021, 19:02:22

Kruskal-Wallis All-Pairwise Comparisons Test of Cianuro by ESCENARIO

ESCENARIO Mean Homogeneous Groups

1 17.000 A
2 14.000 AB
3 10.333 AB
4 7.3333 AB
6 4.6667 AB
5 3.6667 B

Alpha 0.05
Critical Z Value 2.935 Critical Value for Comparison 12.794
There are 2 groups (A and B) in which the means

are not significantly different from one another.

Statistix 8.0

CANELO_AGUA, 17/12/2021, 19:03:04

Kruskal-Wallis All-Pairwise Comparisons Test of Fierro by MOMENTO

MOMENTO Mean Homogeneous Groups

2 13.500 A
1 9.1667 AB
3 5.8333 B

Alpha 0.05

Critical Z Value 2.394 Critical Value for Comparison 7.3787

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Statistix 8.0

CANELO_AGUA, 17/12/2021, 19:03:46

Kruskal-Wallis All-Pairwise Comparisons Test of Fluoruro by ESCENARIO

ESCENARIO Mean Homogeneous Groups

1 17.000 A
2 14.000 A
3 9.5000 A
4 6.8333 A
5 5.3333 A
6 4.3333 A

Alpha 0.05

Critical Z Value 2.935 Critical Value for Comparison 12.794

There are no significant pairwise differences among the means.

Statistix 8.0

CANELO_AGUA, 17/12/2021, 19:04:09

Kruskal-Wallis All-Pairwise Comparisons Test of HCclorado by ESCENARIO

ESCENARIO Mean Homogeneous Groups

1 17.000 A
2 10.000 AB
3 10.000 AB
4 9.3333 AB
5 8.6667 AB
6 2.0000 B

Alpha 0.05

Critical Z Value 2.935 Critical Value for Comparison 12.794

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Statistix 8.0

CANELO_AGUA, 17/12/2021, 19:04:36

Kruskal-Wallis All-Pairwise Comparisons Test of Nitrato by ESCENARIO

ESCENARIO Mean Homogeneous Groups

6 15.333 A
5 14.333 AB
4 11.667 AB
3 8.6667 AB

- 1 5.0000 AB
- 2 2.0000 B

Alpha 0.05
 Critical Z Value 2.935 Critical Value for Comparison 12.794
 There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Statistix 8.0 CANELO_AGUA, 17/12/2021, 19:05:14

Kruskal-Wallis All-Pairwise Comparisons Test of TOC by ESCENARIO

ESCENARIO Mean Homogeneous Groups

- 6 15.667 A
- 5 14.667 AB
- 4 11.000 AB
- 3 8.6667 AB
- 1 5.0000 AB
- 2 2.0000 B

Alpha 0.05
 Critical Z Value 2.935 Critical Value for Comparison 12.794
 There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Flujo de residuos con LCA

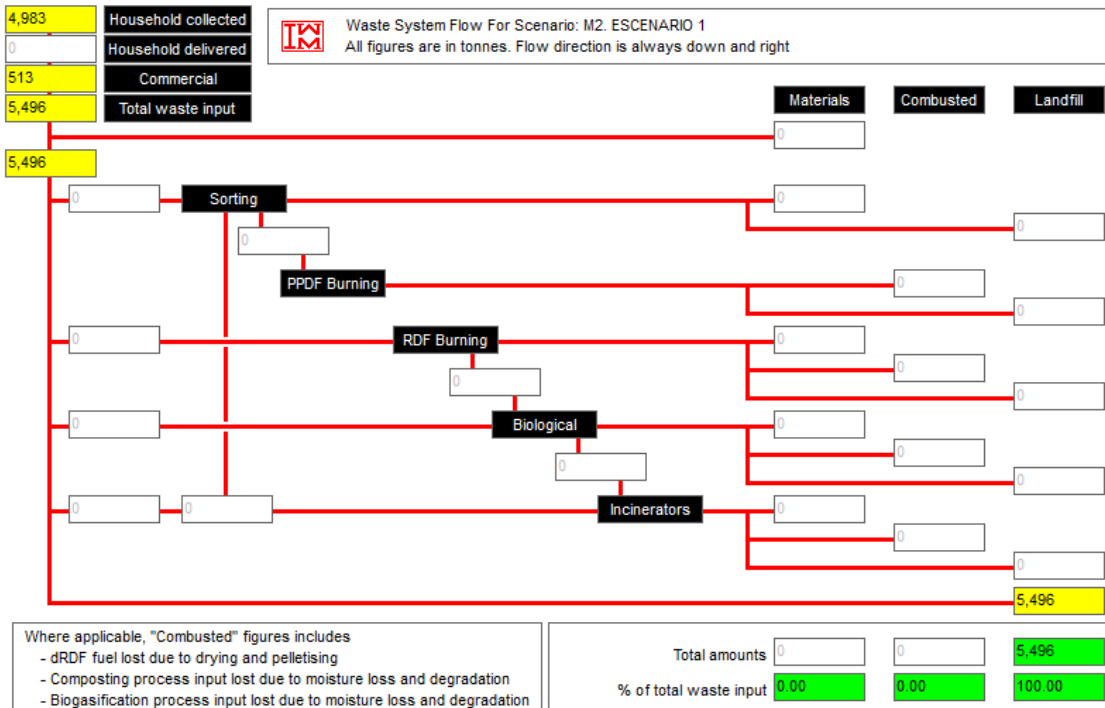


Figura 3. Flujo de residuos con LCA en E1M2.

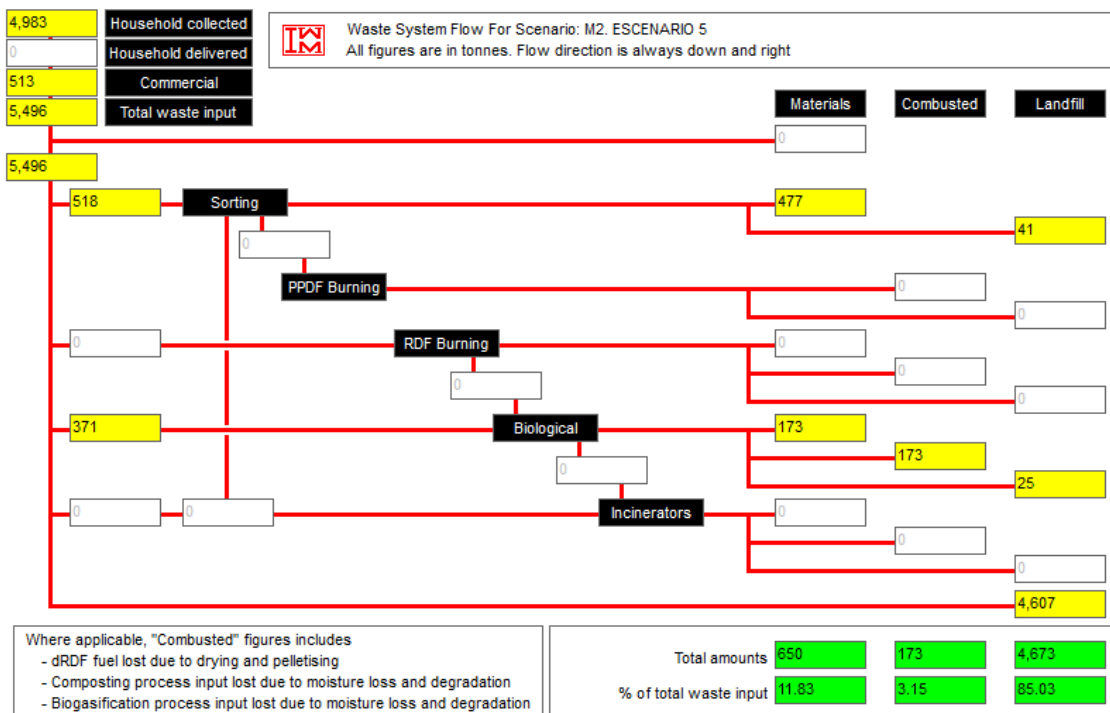


Figura 4. Flujo de residuos con LCA en E5M2.