

Material suplementario artículo titulado:

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

Tabla 1S. Resumen de los estudios de caracterización

Descripción	Composición promedio en %	
	Domiciliarios	Comerciales
Papel	6,0	23,1
Vidrio	2,4	1,2
Metal	3,0	3,5
Plástico	3,5	7,6
Textiles	1,2	1,7
Orgánicos	65,5	41,4
Otros	18,4	21,4
Total	100,0	100,0
Residuos metálicos		
Con fierro	26,2	74,1
Sin fierro	73,8	25,9
Residuos plásticos		
Plástico flexible	59,6	75,5
Plástico rígido	40,4	24,5

Tabla 2S. 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		Igual
	E	1.34 ns	0.3250		Igual

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 3S. 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		Igual
	E	13.7341 *	0.0174	5	1, 2
CH4	M	3.5906 ns	0.1661		Igual
	E	12.5556 *	0.0279	6,5	1
CO	M	1.8246 ns	0.4016		Igual
	E	13.3509 *	0.0203	6,5	2
CO2	M	4.7135 ns	0.0947		Igual
	E	6.9883 ns	0.2215		Igual
Cadmio	M	2.6983 ns	0.2595		Igual
	E	12.3081 *	0.0308	5,4	1
Cobre	M	1.5897 ns	0.4516		Igual
	E	12.8910 *	0.0244	1, 2	6
Cromo	M	2.7071 ns	0.2507		Igual
	E	10.5824 ns	0.0603		Igual
DF	M	0.0000 ns	1		Igual
	E	0.0000 ns	1		Igual
GWP	M	1.3099 ns	0.5195		Igual
	E	7.9240 ns	0.1605		Igual
H2S	M	3.7895 ns	1504		Igual
	E	12.3216 *	0.0306	6,5	1
HC clorado	M	3.7895 ns	0.1504		Igual
	E	12.3216 *	0.0306	6,5	1
HCl	M	4.6667 ns	0.097		Igual
	E	9.3977 ns	0.0942		Igual
HF	M	5.3450 ns	0.0691		Igual
	E	9.0468 ns	0.1072		Igual
Manganeso	M	6.3669 *	0.0414	3	2
	E	8.9090 ns	0.1128		Igual
Mercurio	M	1.8417 ns	0.3982		Igual
	E	13.3403 *	0.0204	4,5	6
N2O	M	0.7991 ns	0.6706		Igual
	E	14.2545 *	0.0141	6,5	1
NOx	M	2.7719 ns	0.2501		Igual
	E	12.0409 *	0.0342	5,6	1
Níquel	M	4.6860 ns	0.096		Igual
	E	9.8829 ns	0.0786		Igual
Partícula	M	3.5205 ns	0.172		Igual
	E	10.7310 ns	0.057		Igual
Plomo	M	0.5731 ns	0.7508		Igual
	E	14.7544 *	0.0115	2,1	6
SOx	M	4.2222 ns	0.1211		Igual
	E	10.0994 ns	0.0725		Igual
Total HC	M	3.7895 ns	0.1504		Igual
	E	12.3216 *	0.0306	6,5	1
Zinc	M	1.4503 ns	0.4843		Igual
	E	13.7719 *	0.0171	4,5	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. En las comparaciones múltiples se han colocado los dos menores valores en el orden de prelación de izquierda a derecha.

Tabla 4S. 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 5S. 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		Igual
	E	14.6608 *	0.0119	6,5	1
Aluminio	M	4.4511 ns	0.108		Igual
	E	10.4466 ns	0.0635		Igual
Amonio	M	3.2398 ns	0.1979		Igual
	E	11.1520 *	0.0484	4,3	1
Arsénico	M	4.0117 ns	0.1345		Igual
	E	10.4035 ns	0.0646		Igual
BOD	M	4.8187 ns	0.0899		Igual
	E	10.7310 ns	0.057		Igual
Bario	M	4.4511 ns	0.108		Igual
	E	10.2587 ns	0.0682		Igual
COD	M	0.6082 ns	0.7378		Igual
	E	14.6140 *	0.0121	6,5	1
Cadmio	M	2.9039 ns	0.2341		Igual
	E	12.0858 *	0.0336	4,5	1
Cianuro	M	0.8573 ns	0.6514		Igual
	E	14.1716 *	0.0116	5,6	1
Cobre	M	4.1053 ns	0.1284		Igual
	E	10.4735 ns	0.0629		Igual
Cromo	M	4.0117 ns	0.1345		Igual
	E	10.4035 ns	0.0646		Igual
DF(TEQ)	M	0.0000 ns	1		Igual
	E	0.0000 ns	1		Igual
Fenoles	M	3.2398 ns	0.1979		Igual
	E	11.0351 ns	0.0507		Igual
Fierro	M	6.2222 *	0.0446	3,1	2
	E	8.4386 ns	0.1337		Igual
Fluoruro	M	1.7240 ns	0.4223		Igual
	E	13.4525 *	0.0195	6,5	1
Fosfato	M	4.4511 ns	0.108		Igual
	E	10.7285 ns	0.057		Igual
HC clorado	M	3.2767 ns	0.1943		Igual
	E	12.0204 *	0.0345	6,5	1
Mercurio	M	4.3492 ns	0.1137		Igual
	E	7.2250 ns	0.2044		Igual
Níquel	M	4.0117 ns	0.1345		Igual
	E	10.4035 ns	0.0646		Igual
Nitrato	M	0.7991 ns	0.6706		Igual
	E	14.6760 *	0.0118	2,1	6
Plomo	M	4.1053 ns	0.1284		Igual
	E	10.3567 ns	0.0657		Igual
Sólidos suspendidos	M	3.5556 ns	0.169		Igual
	E	10.5439 ns	0.0612		Igual
Sulfato	M	5.8012 ns	0.055		Igual
	E	8.6023 ns	0.126		Igual
Sulfuro	M	4.3689 ns	0.1125		Igual
	E	10.2587 ns	0.0682		Igual
TOC	M	0.6082 ns	0.7378		Igual
	E	15.1754 **	0.0096	2,1	6
Zinc	M	4.0117 ns	0.1345		Igual
	E	10.4035 ns	0.0646		Igual

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.

Tabla 6S. 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.

Tabla 7S. Comparación de costos entre relleno sanitario e incineración

Tecnología	Capacidad (t/año)	Inversión inicial en USD	Lugar
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:

- (1) Consultado de Ficha del Sistema Nacional de Inversión Pública.
(2) y (3) Según Themelis, Díaz, Estevez, & Velasco (2013).
(4) Tomado de Inglezakis, Rojas, Kim, Aitbekova & Ismailova (2015).
(5) y (6) De Ossa, Aristizábal, & Ospina (2020).