



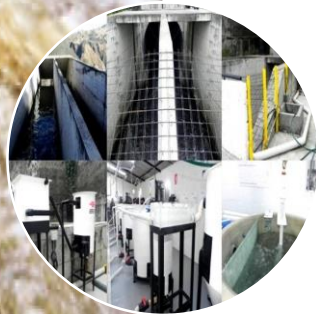
ECUADOR
UNIVERSIDAD
INTERNACIONAL
SEK
SER MEJORES

Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales

**VALORACIÓN DE LODOS RESIDUALES PROCEDENTES
DE LA PLANTA PILOTO DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE
LA EPMAPS QUITO PARA SU APROVECHAMIENTO EN
LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA.**

Autor: BELÉN SUBÍA MUÑOZ

INTRODUCCIÓN



Deterioro de cauces naturales y públicos.
Problemática Ecuador
Contaminación ambiental y salud pública.

“Programa para la
Descontaminación de los ríos de
Quito”

DMQ- 33 parroquias rurales

PTAR piloto (2014). descarga del
sector “El Batán”

Aprovechamiento

- Reutilización en la actividad agrícola como abono o fertilizante, recuperación de terrenos forestales o agotados
- Generación de energía



Disposición final:

- Relleno Sanitario, escombreras, minas o pantanos
Cuerpos hídricos tanto marinos como de agua dulce



JUSTIFICACIÓN



características del agua residual afluyente y del proceso de tratamiento utilizado.



Compuestos que contienen alta carga de materia orgánica y nutrientes como N, P y K.



lodos crudos presentan características perjudiciales lo que define su la calidad y su posible reutilización.



Principio de jerarquía. Materia orgánica y de patógenos. Contenido de nutrientes. Metales pesados y contaminantes orgánicos



Línea base-Potencialidades y restricciones

OBJETIVOS

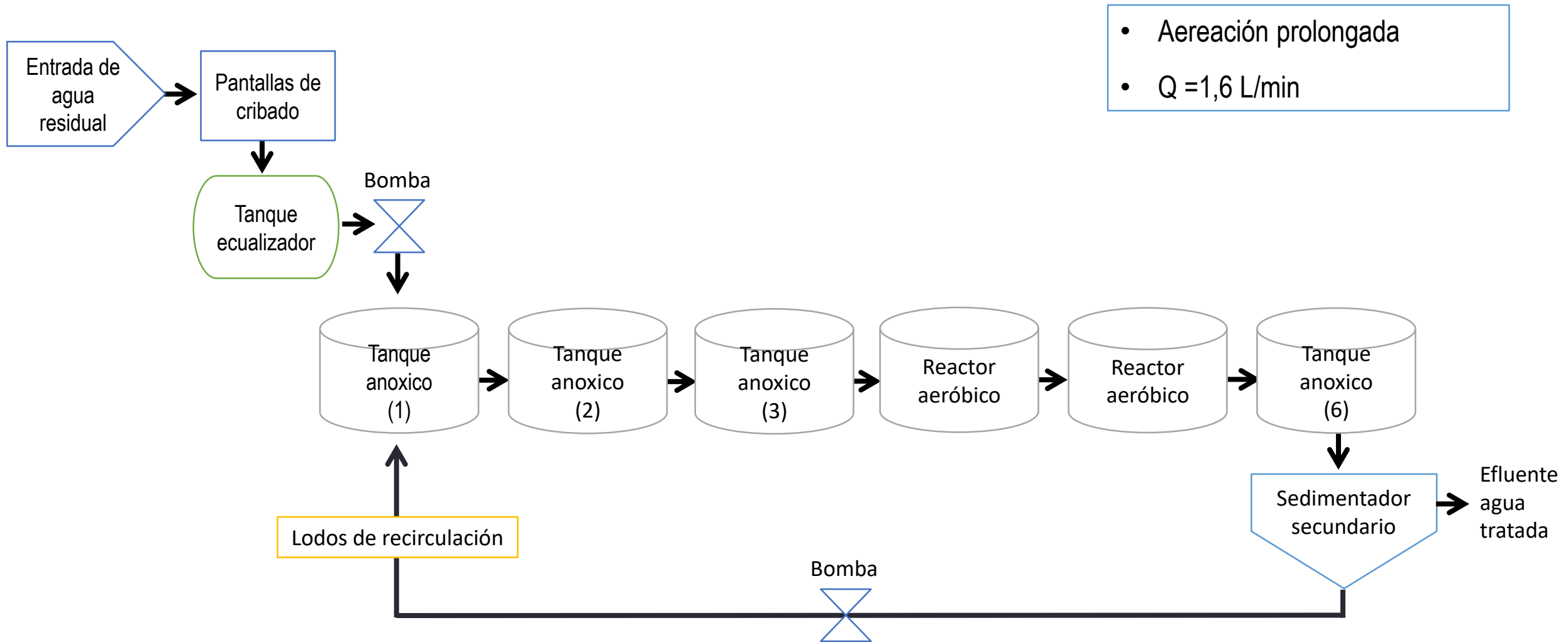
Objetivo General:

- Valorar la calidad de lodos residuales procedentes de la planta piloto de tratamiento de aguas de la EPMAPS Quito con el fin de determinar sus posibles restricciones y potencialidades.

Objetivos específicos:

- Determinar la composición de los lodos residuales mediante su caracterización (metales pesados, parámetros agronómicos y fisicoquímicos, parámetros microbiológicos).
- Comparar los valores obtenidos en los análisis realizados con la normativa internacional existente y estudio previos realizados.
- Proponer estrategias acerca de la posible gestión de estos lodos en la actividad agrícola y aplicación en suelos.

DISEÑO DE LA PLANTA



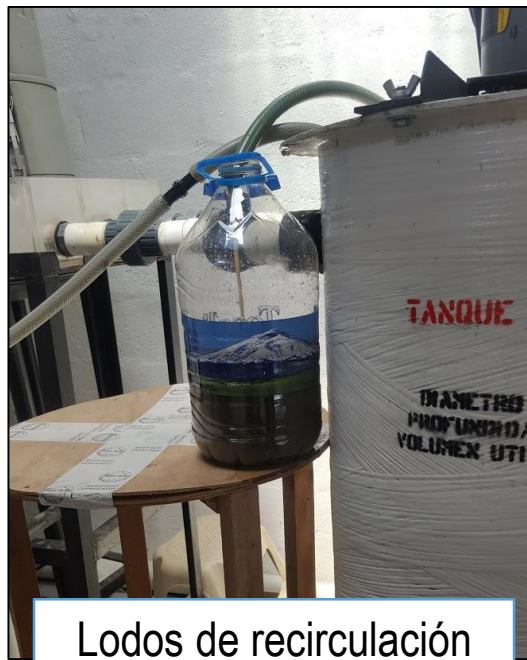
METODOLOGÍA

Toma y recolección de muestras:

12 muestras en total
(Enero – Mayo)

6 (quincenalmente)

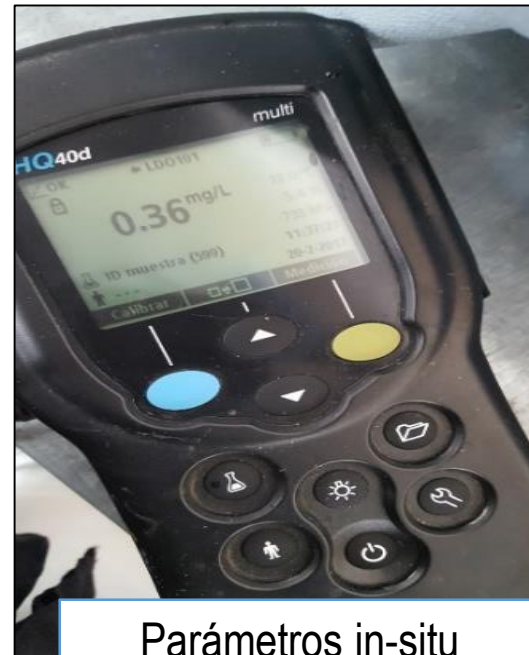
6 (semanalmente)



Lodos de recirculación



Tanques de depuración



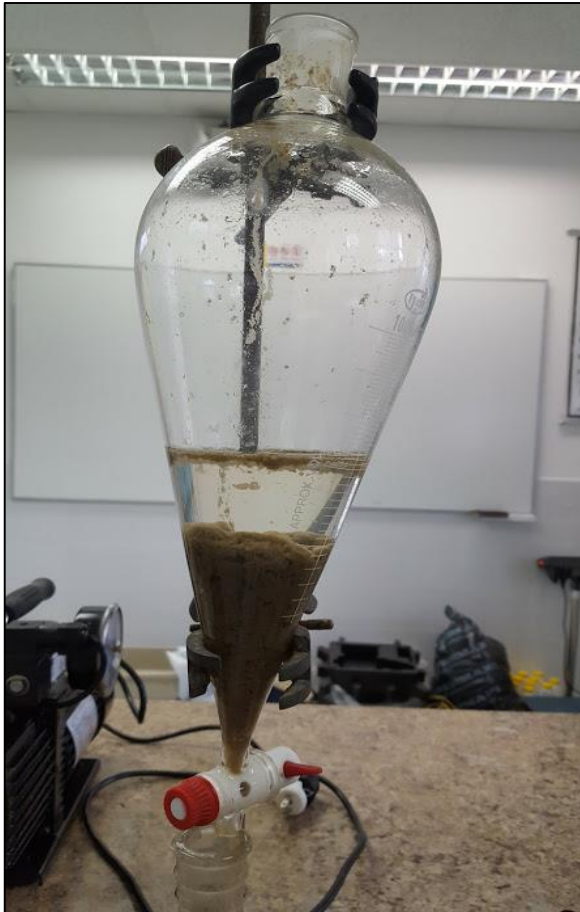
Parámetros in-situ



Almacenamiento de muestras (4°C)

ACONDICIONAMIENTO DE LA MUESTRA

Separación (embudo)



Filtración (Base húmeda)
Secado en planchas (Base seca)



Estufa (105 C°)



Parámetros en base húmeda



- *Escherichia coli*
- *Salmonella choleraesuis*
- *Shigella flexneri*
- *Enterococcus faecalis*
- Huevos de helminto
- Contenido de humedad¹
- Sólidos sedimentables¹
- Densidad real

Método BBL Agar Endo
Método BBL Agar Endo
Método BBL Agar Endo
Método BBL Agar Endo
Método cualitativo de McMaster
ASTM D-4220.
Métodos Estándar para Análisis de Aguas

¹ Parámetros analizados sin someter a la muestra a ningún proceso de acondicionamiento previo.

Parámetros en base seca



- Materia orgánica total
- Carbono orgánico total
- Nitrógeno total Kjeldah
- Relación C:N
- Fosforo disponible
- Potasio total
- Análisis de metales pesados
(Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Pb, Zn)

Método de Walkley y Black
Método de Walkley y Black
Método Kjeldahl.
-
Método de Bray y Kurtz 1
Método EPA 3050B
Método EPA 3050B

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS

Tabla 1	Parámetros medidos in-situ		
Muestra	Temperatura (C°)	pH	Oxígeno disuelto (mg/L)
1	18,8	7,27	0,29
2	18,6	6,81	0,26
3	18,9	6,82	0,37
4	18,4	7,03	0,34
5	19,1	7,09	0,34
6	16,2	7,02	0,52
7	18,2	6,81	0,62
8	18,6	7,15	0,25
9	17,9	7,01	0,35
10	18,1	7,15	0,23
11	16,9	7,01	0,42
12	17,4	7,2	0,31
Rango	16,2 – 19,1	6,81 -7,2	0,23-0,62
Promedio	18,1	7,03	0,36
Valores recomendados para procesos de compostaje	--	5,8 < pH < 7,5	
Valores suelos		6,6 < pH < 7,5	

Grafico 1: Parámetros in situ

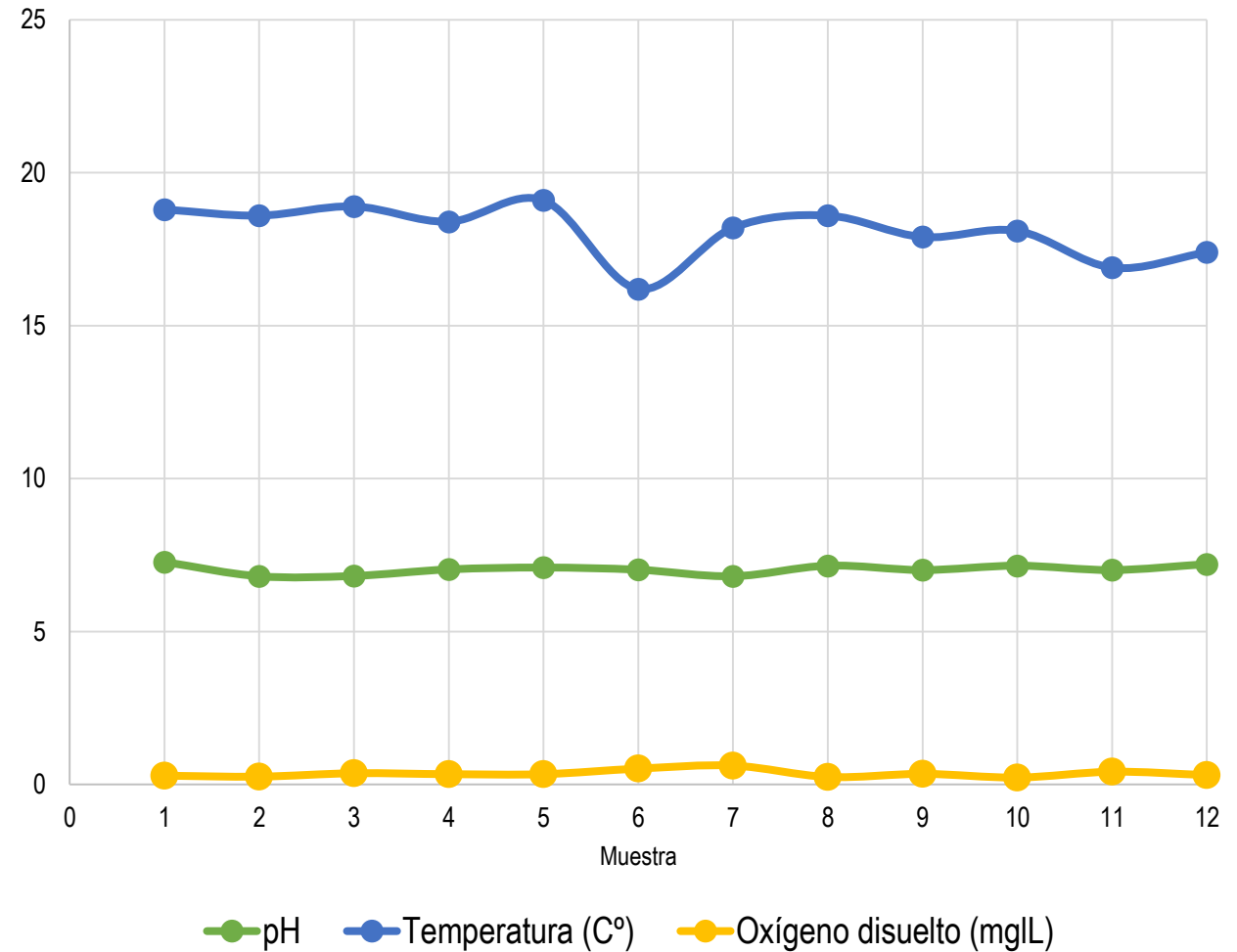


Tabla 2	Valores de conductividad eléctrica
Muestra	uS/cm
1	6400
2	5060
3	10830
4	11340
5	9670
6	9740
7	3420
8	2490
9	2580
10	3060
11	2600
12	3140
Rango	2490-11340
Promedio	5861
Valores recomendados compost	>8000
Valores recomendados Algunas especies hasta No superior a	100-1000 2000 >4000

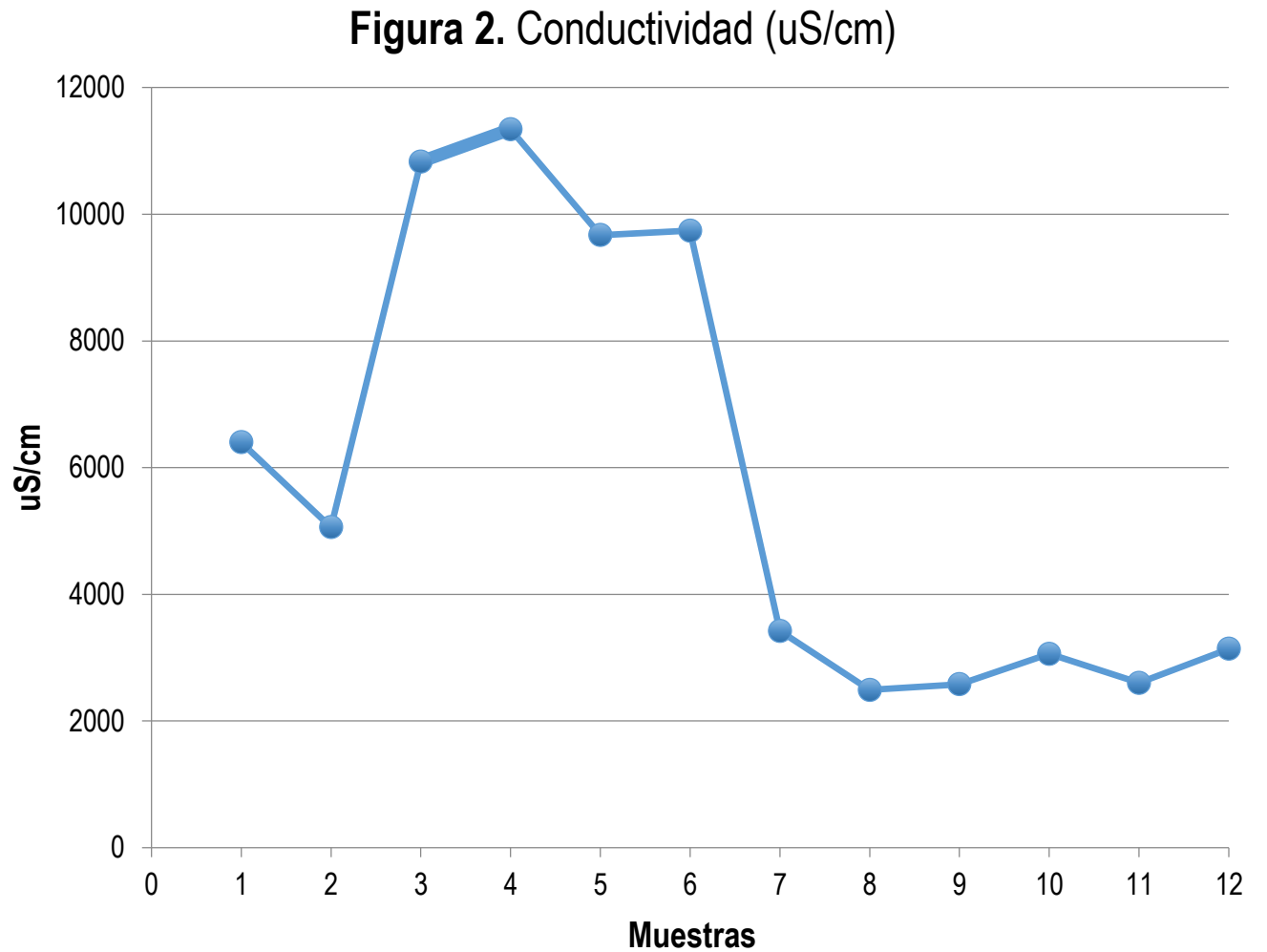


Tabla 3	Densidad y sólidos sedimentables de lodos	
Muestra	Densidad de lodos (g/cc)	% (v/v)
1	1,05	2,81
2	1,04	2,56
3	1,04	1,99
4	1,03	2,78
5	1,04	1,68
6	1,08	2,48
7	1,09	2,98
8	1,03	2,96
9	1,02	2,68
10	1,01	3
11	1,05	2,16
12	1,03	2,24
Rango	1,01-1,09	1,68 - 3
Promedio	1,08	2,52

Figura 3. Sólidos sedimentables

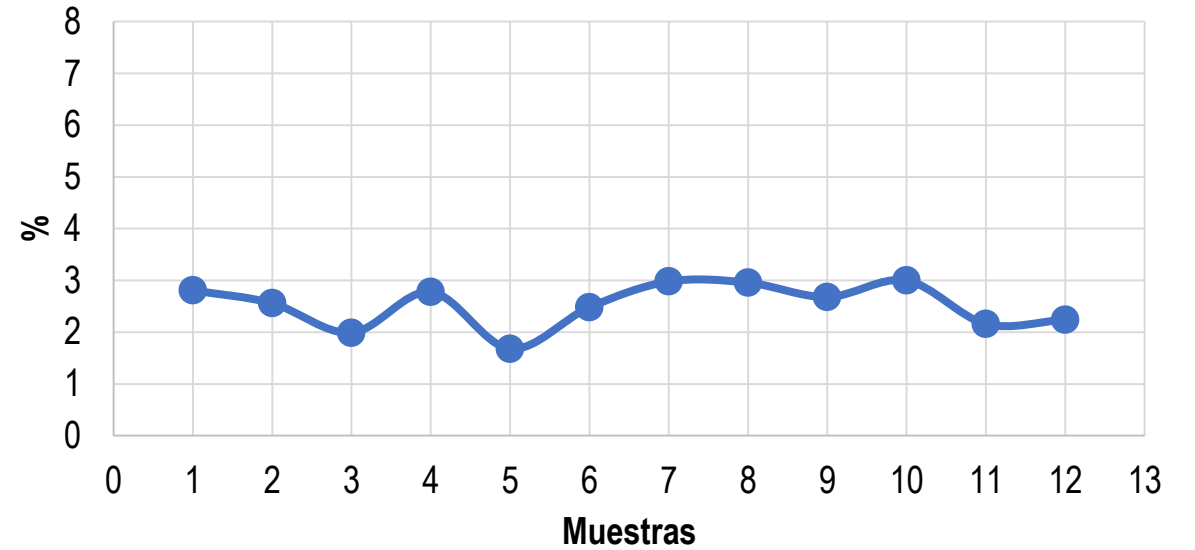


Figura 4 . Densidad

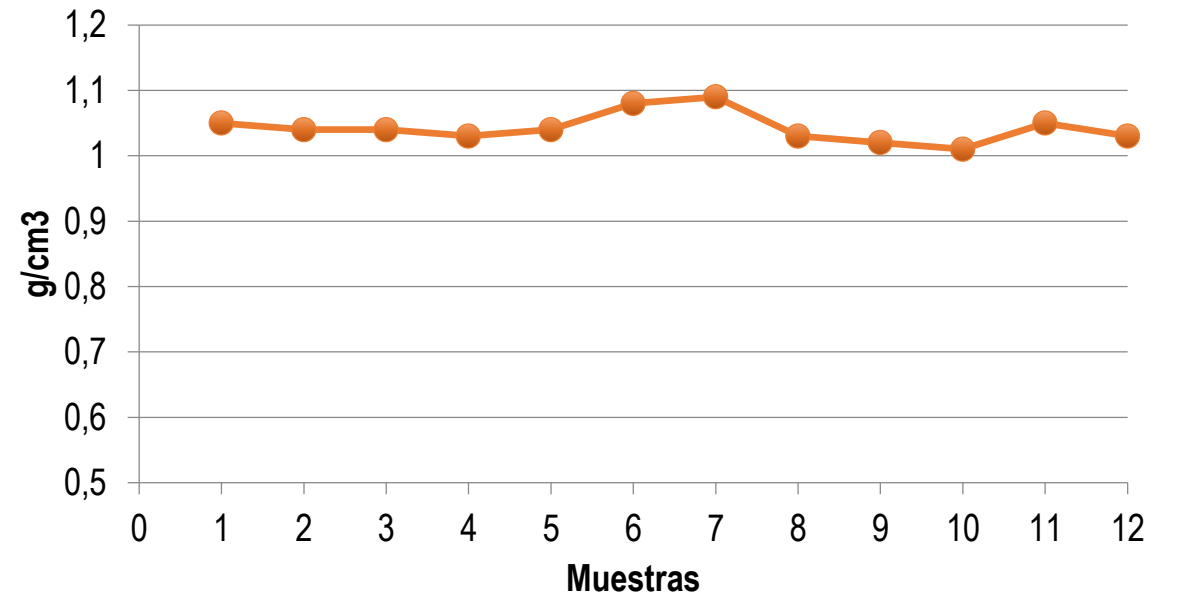
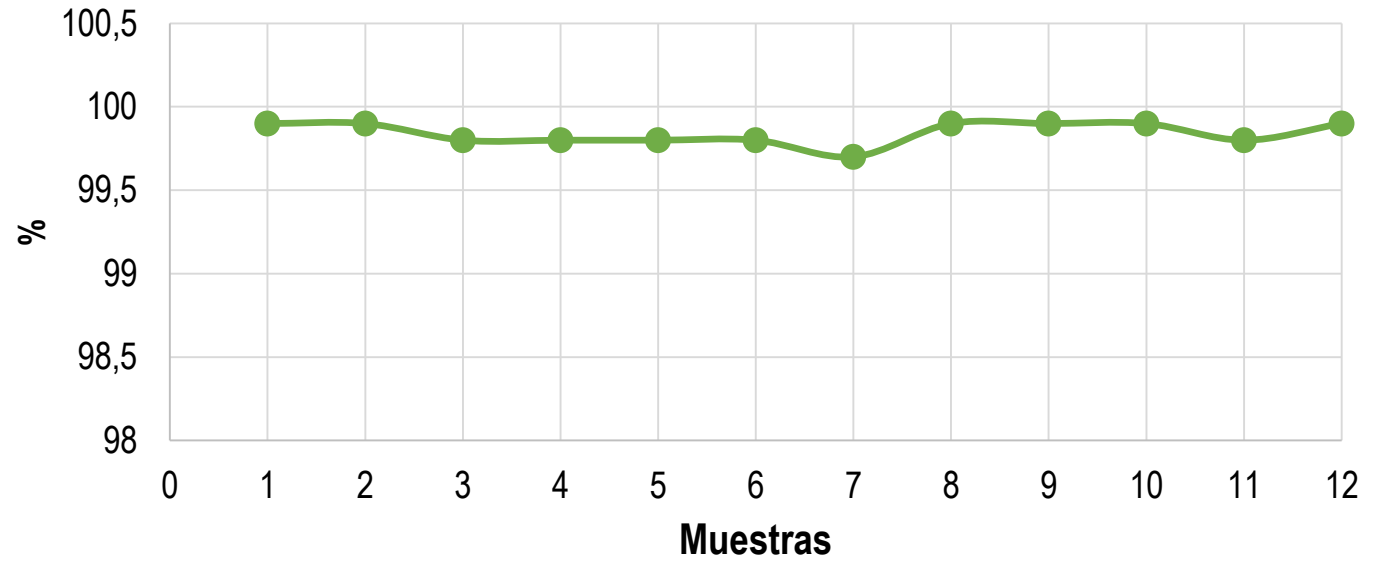


Tabla 4		Humedad de los lodos	
Muestra		Humedad (%)	
1	99,9		
2	99,9		
3	99,8		
4	99,8		
5	99,8		
6	99,8		
7	99,7		
8	99,9		
9	99,9		
10	99,9		
11	99,8		
12	99,9		
Rango	99,7 - 99,9		
Promedio	99,83		

Figura 5 . Humedad del lodo



Humedad óptima para proceso de compostaje (%)
50-70
Propiedades generales de un compost para ser comercializado (OMS) (%)
30-50
Humedad máxima del compost (Real Decreto 506/2013)(%)
40

Tabla 5	Parámetros agronómicos de lodos					
Muestras	Materia orgánica total (%)	Carbono total (%)	Nitrógeno NTK (%)	Relación C/N	Potasio total (%)	Fósforo disponible (%)
1	41,27	23,94	4,79	5,00	0,1224	0,435
2	37,83	21,95	5,81	3,78	0,1204	0,589
3	41,27	23,94	5,92	4,04	0,1214	0,576
4	34,39	19,95	6,97	2,86	0,1182	0,525
5	41,27	23,94	4,2	5,70	0,1195	0,576
6	36,2	21	5,11	4,11	0,1176	0,550
7	34,39	19,95	4,97	4,01	0,1183	0,673
8	37,83	21,95	4,62	4,75	0,1191	0,691
9	31,32	18	4,54	3,96	0,118	0,589
10	26,5	15,38	5,07	3,03	0,1178	0,563
11	37,92	22	5,25	4,19	0,1145	0,653
12	34,48	20	6,02	3,32	0,1171	0,512
Rango	26,5 - 41,27	18 - 23,94	4,2 - 6,97	2,86 - 5,7	0,1145-0,1224	0,435-0,653
Promedio	36,22	21,00	5,27	4,06	0,1186	0,576

	Materia orgánica (%)	Nitrógeno (%)	Potasio (%)	Fósforo (%)
Estiércol mezcla	40	0,5	0.60	0,10
Gallinaza	25-35	1,4	1	0,20
Compost vegetal	47	1,5	1	0,80
Estiércol Vacuno	25-30	2	1	1,50
Biósólidos de uso en Agricultura⁶	20,6-57,4	3-8	0,1-0,8	0,40 – 4,9
Requisitos Real Decreto 506/2013	>35			
Informe Comisión Europea⁸	>15 (m.s)			

- Materia orgánica total (%)
- Carbono total (%)
- Nitrógeno NTK %
- Potasio %
- Relación C/N
- Fósforo disponible (%)

Relación C/N óptima inicial
25-35
Relación C/N óptima en suelo¹
8-10

Tabla 6					
Parámetros microbiológicos expresados en UFC/g.					
Muestra	<i>Salmonella Cholerasuis</i>	<i>Escherichia Coli</i>	<i>Shigella Flexneri</i>	<i>Enterococcus Faecalis</i>	Huevos de Helminto
1	1,78*10 ⁷	6,80*10 ⁷	3,00*10 ⁷	3,40*10 ⁶	ausencia
2	7,13*10 ⁷	1,81*10 ⁷	9,15*10 ⁷	5,27*10 ⁶	presencia
3	7,40*10 ⁷	5,40*10 ⁷	6,00*10 ⁷	7,30*10 ⁷	presencia
4	1,26*10 ⁹	6,95*10 ⁸	3,42*10 ⁸	1,54*10 ⁹	presencia
5	1,64*10 ⁸	2,35*10 ⁸	4,41*10 ⁸	5,97*10 ⁸	ausencia
6	1,48*10 ⁸	5,68*10 ⁸	1,76*10 ⁸	3,20*10 ⁸	presencia
7	1,40*10 ⁷	1,74*10 ⁸	3,00*10 ⁷	2,80*10 ⁷	presencia
8	7,60*10 ⁸	1,52*10 ⁹	1,60*10 ⁸	1,36*10 ⁹	presencia
9	3,20*10 ⁸	4,16*10 ⁸	9,60*10 ⁸	6,40*10 ⁸	presencia
10	3,20*10 ⁸	4,10*10 ⁸	3,20*10 ⁸	6,40*10 ⁸	presencia
11	1,20*10 ⁸	5,80*10 ⁷	1,20*10 ⁸	1,70*10 ⁸	presencia
12	2,88*10 ⁸	4,20*10 ⁸	2,37*10 ⁸	4,73*10 ⁸	ausencia
Rango	1,40*10 ⁷ - 1,26*10 ⁹	1,81*10 ⁷ - 1,52*10 ⁹	3,00*10 ⁷ - 9,60*10 ⁸	3,40*10 ⁶ - 1,54*10 ⁹	9 muestras
Promedio	2,88*10 ⁸	4,20*10 ⁸	2,37*10 ⁸	4,73*10 ⁸	-

Unión europea	
Legislación Europea	<p>Salmonella spp* <i>Escherichia coli</i>*</p> <p>Ausentes en 50 g de materia fresca < 5 x 10² UFC/g Producto final</p>
Info Eur	<p>NORMA Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002</p> <p>Huevos de helmintos/g en base seca</p> <p>Menor a 1 Menor a 10 Menor a 35</p>
Saln Esc	
Clase	
A	
B	
C	
USEPA	Valor Máximo: 6 x 10 ⁶ UFC/100ml en lodos
coliformes fecales	
Francia	*Escherichia coli y Salmonellas pp
NFU 44-095:2006	

Tabla 7	Metales pesados en lodos					
Muestra	Cobre (mg/kg)	Níquel (mg/kg)	Plomo (mg/kg)	Cromo (mg/kg)	Cadmio (mg/kg)	Mercurio (mg/kg)
1	18,04	13,52	1,98	41,3	4,4	0,158
2	17,95	7,14	2,34	401	3,2	0,1913
3	18,45	6,18	2,78	49,4	9,6	0,1313
4	18,35	5,59	3,69	44,3	8,2	0,0913
5	16,46	3,44	2,46	28,3	12,5	0,378
6	16,00	4,95	3,24	29,3	9	0,4913
7	16,32	3,96	2,76	34,6	14,45	0,038
8	18,31	5,72	5,47	67,3	21,7	0,1246
9	16,56	5,28	1,81	55,5	19,1	0,2846
10	17,01	6,34	1,81	51,6	1,4	0,1314
11	16,92	4,72	3,22	29,9	38,09	0,0446
12	17,95	5,13	2,71	18,9	29,7	0,0113
Rango	16,00 - 18,45	3,44 - 13,52	1,81 - 5,47	18,9-67,3	1,4- 38,09	0,011-0,49
Promedio	17,35	5,99	2,85	40,87	14,27	0,173

Figura 8. Metales pesados

Metal	Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002		Real Decreto 1310/1990 de 29 de Octubre	
	Excelentes	Buenos	Suelos con pH menor de 7	Suelos con pH mayor de 7
Cobre	1500	4300	1000	1750
Níquel	420	420	300	400
Plomo	300	840	750	1200
Cromo	1200	3000	1000	1500
Cadmio	39	85	20	40
Mercurio	17	57	16	25

● Cobre ● Níquel ● Plomo ● Cromo ● Mercurio ● Cadmio

Tabla 8		Concentraciones de zinc en lodos	
Número de muestra		Zinc (mg/kg)	
1	268,9		
2	396,2		
3	443,9		
4	625,1		
5	299,8		
6	164,3		
7	196,3		
8	464,6		
9	234,7		
10	209,2		
11	202,8		
12	131,5		
Rango	131,5-625,1		
Promedio	303,10		

Figura 9. Concentración de zinc expresado en mg/kg

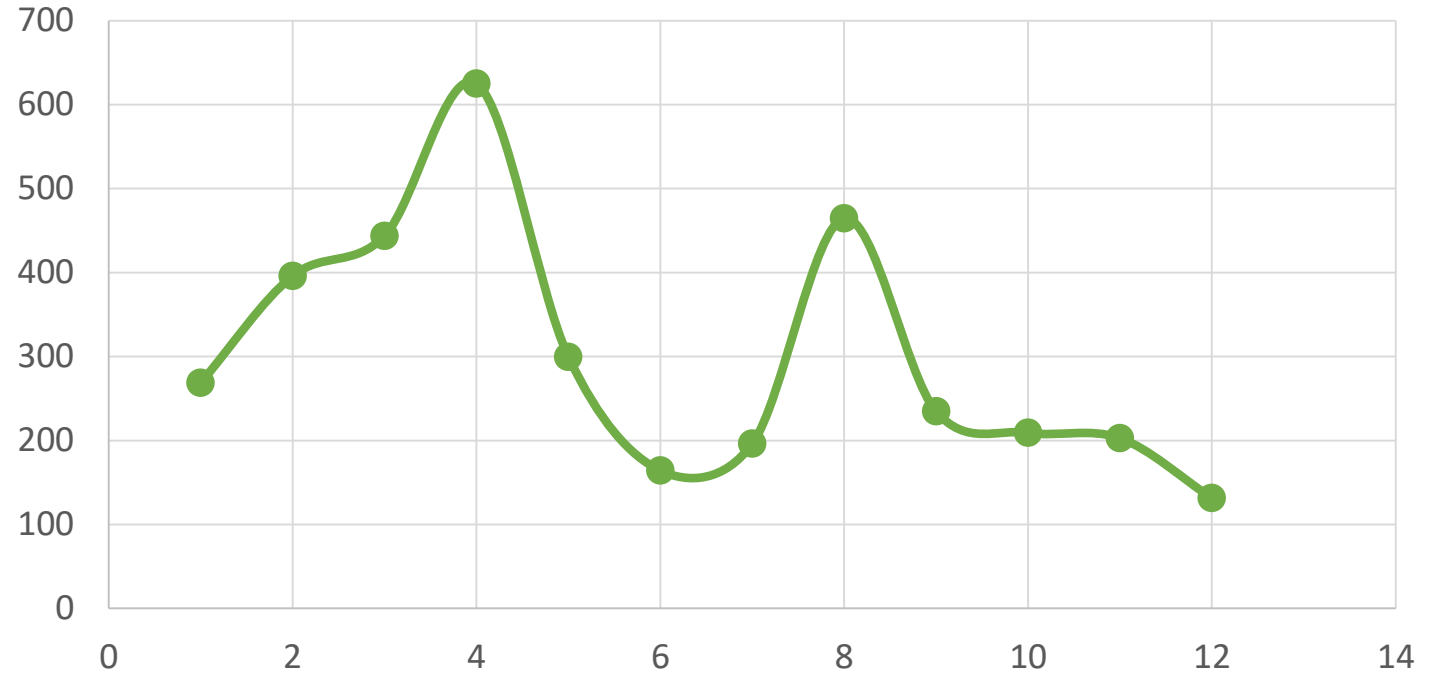


Tabla 7.1 Valores límite de las concentraciones de metales pesados en los lodos, expresados en mg/kg. Normativa internacional.				
Metal	Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002		Real Decreto 1310/1990 de 29 de Octubre	
	Excelentes	Buenos	Suelos con pH menor de 7	Suelos con pH mayor de 7
Zinc	2800	7500	2500	4000

Producción anual de lodos

$$\frac{80 L}{día} \times 0,0252 \times 365 \text{ días} \times \frac{1000 \text{ cc}}{1l} \times \frac{1,08 g}{cc} \times \frac{1kg}{1000g} = 794,70 \frac{kg}{año} ; 0,7947 \text{ ton/año}$$

Dosis de aplicación

Contaminante	Tasa Máxima anual de aplicación TMAA (kg/ha ⁻¹ año)	Tasa total anual de aplicación de biosólidos (aguas residuales) (TAAB) (ton/ha - año) ¹⁰
Cadmio	1,9	133,07
Cobre	75	4320,67
Plomo	15	5252,87
Mercurio	0,85	4415,58
Níquel	21	3501,90
Zinc	140	461,88
Arsénico	2	-
Molibdeno	-	-
Selenio	5	-

Departamento de Gestión de Residuos Grupo AEMA	Dosis de lodo
Pautas de Trabajo en la explotación de lodos de depuradora en suelo agrícola” (2014)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cálculo de la dosis de lodo en función del cultivo a instalar 2. Cálculo de la acumulación de metales 3. Cálculo de los nutrientes
$TAAB = \frac{TMAA}{C \times \text{aplicados}}$	<p>en función de la dosis de lodo</p>

CONCLUSIONES

- Las conductividades eléctricas de las muestras analizadas superan rangos recomendables para procesos de compostaje y aplicación en suelos y cultivos, por lo que puede ser una limitación para su uso en suelos y actividad agrícola. Sin embargo, es importante que en futuros proyectos se realice la determinación de parámetros fisicoquímicos: conductividad eléctrica, y pH en la fracción sólida de las muestras de lodos analizadas siendo esta la fracción aprovechable en el campo agrario.
- Para la aplicación de lodos en el sector agrario será esencial realizar el proceso de deshidratación de los mismos, con el fin de reducir su volumen y alcanzar los niveles de humedad final deseada.
- Los valores de parámetros agronómicos obtenidos en los lodos residuales oscilan en rangos cercanos a los usados comúnmente en abonos orgánicos y biosólidos por lo que representan una fuente de nutrientes y materia orgánica útil para su aplicación al suelo. No obstante, es indispensable realizar estudios más específicos sobre la evolución del contenido de estos parámetros al someter a los lodos a procesos de estabilización necesarios.

- Es fundamental que los lodos de depuradora se mezclen con materiales con características complementarias que contengan menor cantidad de humedad y nitrógeno, una relación de C/N equilibrada, mejor estructura y mejor proporción de polímeros para conseguir las relaciones de nutrientes necesarias.
- Debido a las altas concentraciones de microorganismos patógenos en todas las muestras, es necesario emplear un proceso previo de estabilización a los lodos residuales antes de a su incorporación al suelo y a su contacto con los cultivos. La opción más adecuada si se prioriza la gestión de lodos como enmiendas orgánicas o abonos, es la de compostaje
- Los valores obtenidos en la determinación de metales pesados presentes en los lodos residuales, están por debajo de los límites permisibles de la normativa internacional vigente, tanto la mexicana como la española. A pesar de que el contenido de cadmio de dos muestras de lodos analizadas rebasan ligeramente un criterio del límite permisible establecido en la legislación española, no representaría un problema significativo.

- Debido a la presencia de organismos parásitos, se recomienda un estudio más especializado sobre cuantificación e identificación de huevos de helminto, con el fin de valorar la condición de salubridad de la población Quiteña.
- Si bien las tasas máximas de aplicación de lodos en suelos suministran estimaciones adecuadas y confiables, los factores que limitan la cantidad de biosólidos usados, es con frecuencia las dosis agronómicas, como la cantidad de N necesario para el cultivo. Por esto, es necesario determinar cantidad de N total y disponible de los biosólidos, pérdidas de N, otras fuentes de N y rendimientos esperados, para así obtener los rendimientos requeridos y minimizar la posible lixiviación en aguas subterráneas.
- Los lodos residuales presentan potencialidades para su uso en la agricultura, sin embargo, es necesario emplear un tratamiento posterior a su generación ya que en dichas condiciones no son aptos para su uso en la actividad agrícola.

REFERENCIAS

- Arodys, L., Nelson, P., & Essbio, S. A. (2001). LODOS PROVENIENTES DE PLANTAS DE AGUAS SERVIDAS : POTENCIALIDADES Y RESTRICCIONES ; TEMORES Y REALIDADES, 1–8.
- Bayona, J. (2014). Pautas de Trabajo en la explotación de lodos de depuradora en suelo agrícola, 24–26.
- Builes B, S. (2010). Tratamiento Y Adecuada Disposición De Lodos Domesticos E Industriales, 36–37. Retrieved from <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1835/1/62839B932.pdf>
- Colín Cruz, A., Ayestarán Hernández, L. M., Gutiérrez Segura, E. E., & Torres Pérez, J. (2014). Nuevas aplicaciones de lodos residuales. *Universidad Autonoma Del Estado de México*, 1–10.
- Donado, R. (2012). PLAN DE GESTIÓN PARA LODOS GENERADOS EN LAS PTAR-D DE LOS MUNICIPIOS DE CUMARAL Y SAN MARTÍN DE LOS LLANOS EN EL DEPARTAMENTO DEL META. *Uma Ética Para Quantos?*, XXXIII(2), 81–87. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- FAO. (2013). *Manual de compostaje del agricultor, Experiencias en América Latina. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Fernández, P. J. G. (2010). EFECTOS SOBRE EL SISTEMA SUELO-PLANTA DE COMPOST DE LODO ANAEROBIO. COMPARACIÓN CON UN FERTILIZANTE TRADICIONAL DE LA COMARCA DE CARTAGENA.
- Gonz, V., & Pomares, F. (2008). LA FERTILIZACIÓN Y EL BALANCE DE NUTRIENTES EN SISTEMAS AGROECOLÓGICOS, 1–24.
- Guillén, S., Víctor, H., & Vidal, M. (2004). Helmintos, 209–212.
- Huerta, O., & Monserrat, S. (2004). Compostaje de lodos resultantes de la depuración de aguas residuales urbanas, 1–9.
- Kabata-pendias, A., & Pendias, H. (2001). *Trace Elements in Soils and Plants Trace Elements in Soils and Plants*.

Lopez, A. (2015). RECICLAJE DE LODOS DE DEPURADORA :

Ministerio de Ambiente y Medio Rural y Marino de España. (2009). *de depuradoras generados en España Caracterización de los lodos de depuradoras generados en España.*

Ministerio de Vivienda, C. y T. (2014). Decreto numero 1287.

Moeller, G., Ferat, C., & López, R. (2005). I-169 - aplicación del procesamiento termico y alcalino para la desinfeccion de lodos residuales primarios. un estudio comparativo. *Congresso Interamericano de Engharia Sanitária E Ambiental*, (1), 1–5.

Munera, G., & Meza, D. (2012). EL FOSFORO ELEMENTO INDISPENSABLE.

Oropeza García, N. (2006). Lodos residuales : estabilización y manejo. *Caos Conciencia*, 1(figura 1), 51–58.

Ozores-hampton, M. (2017). Uso de Biosolidos en Produccion de Hortalizas 1, 1–9.

Rodriguez, C. (2005). Efecto del nitrogeno, fosforo y poasio en el crecimiento y produccion de plantulas de tomate, 5–5.

Soliva, M., & López, M. (2004). Calidad del compost : Influencia del tipo de materiales tratados y de las condiciones del proceso, 1–20.

Torres, E. (2004). Reutilización de aguas y lodos residuales, 11. Retrieved from <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/lodos.pdf>

Utria, E., Reynaldo, I., Cabrera, A., Morales, D., & Morúa, A. (2006). RESIDUALES DE LA ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS.



Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales

¡GRACIAS!