

Ensayos de calidad ambiental de un ladrillo de construcción, obtenido a partir de mezclas que incluyen relaves de flotación de minerales polimetálicos

Environmental quality tests of a construction brick, obtained from mixtures that include tailings from polymetallic mineral flotation

Walter Pardavé Livia¹

Recibido: 26/10/2022 - Aprobado: 01/12/2022 – Publicado: 31/12/2022

RESUMEN

Este trabajo trata sobre las pruebas de calidad ambiental aplicado a un producto de construcción elaborado con mezclas que incluye relaves de flotación de minerales polimetálicos. Las pruebas que se realizaron al ladrillo macizo y al relave minero con tratamiento, se basan en la Resolución 0631 de 2015 capítulo 5, en la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público, nuestro ladrillo estará expuesto a la intemperie por lo tanto al llover, el agua dreña por escorrentía al alcantarillado (Akciil A. & Koldas S., 2006), (Sanchez Rial & Ferreira Centeno, 2016). En el presente trabajo se evalúa cada uno de los siguientes parámetros: pH, CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S}/\text{cm}$), RESISTIVIDAD (25°C) ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$), TDS PPM (Total de sólidos disueltos), TEMPERATURA ($^\circ\text{C}$), ORP (mV), FOSFATOS (mEq/L), NITRATOS NO_3^- (ppm), NITRITOS NO_2^- (ppm), METALES PESADOS. Los resultados obtenidos y comparados con la resolución 631 de 2015 nos demuestra que las pruebas realizadas a los trozos de ladrillo son óptimas y cumplen con los límites establecidos, es decir que pueden ser utilizados en la construcción.

Palabras claves: Calidad ambiental, ladrillo, relave, parámetros, alcantarillado público.

ABSTRACT

This work deals with environmental quality tests applied to a construction product made with mixtures that include polymetallic mineral flotation tailings. The tests that were performed to the solid brick and the mining tailings with treatment, are based on Resolution 0631 of 2015 chapter 5, which establishes the parameters and maximum permissible limit values in point discharges to surface water bodies and public sewage systems, our brick will be exposed to the outdoors therefore when it rains, the water drains by runoff to the sewage system. In the present work we evaluate each of the following parameters: pH, CONDUCTIVITY ($\mu\text{S}/\text{cm}$), RESISTANCE (25°C) ($\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$), TDS PPM (Total dissolved solids), TEMPERATURE ($^\circ\text{C}$), ORP (mV), PHOSPHATES (mEq/L), NITRATES NO_3^- (ppm), NITRITES (NO_2^-) (ppm), HEAVY METALS (mEq/L). The results obtained and compared with Resolution 631 of 2015 show us that the tests performed on the brick chips are optimal and comply with the established limits, i.e. they can be used in construction.

Keywords: Environmental quality, brick, tailings, parameters, public sewage.

¹ Universidad de Santander, Facultad de Ingenierías, Grupo Ambiental de Investigación Aplicada GAIA, Colombia
E-mail: wal.pardave@mail.udes.edu.co – ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7819-0284>

I. INTRODUCCIÓN

El presente estudio de mitigación de pasivos ambientales (Arango Aramburo & Olaya, 2012) contiene la metodología, los resultados y las conclusiones de las pruebas de calidad ambiental (Amérigo, 2009), realizadas al ladrillo prototipo, obtenido a partir de mezclas de arena gruesa, arena fina, cemento, relave minero y agua (37% constituye de arena fina), mostrado en la Figura 1.

Por medio de las pruebas realizadas se pudo analizar la concentración de cada parámetro medido y el estado en que salieron los lixiviados del agua lluvia al entrar en contacto con el ladrillo (Romero & Flores, 2010), y precipitar, ya que por escorrentía llegarán al alcantarillado público. Los resultados se compararon con la resolución 0631 de 2015 en la que se reglamentan los valores límites máximos permisibles de cada parámetro en dicho vertimiento. Se realizaron 3 mediciones por cada parámetro, para poder obtener un promedio más preciso, teniendo en cuenta los errores de medición humana (Arrimada, 2021).

1.1. Parámetros medidos

pH

El pH es un parámetro que está dado por la concentración de iones hidrógeno H⁺, el cual define el grado de acidez o basicidad de una solución.

En este trabajo se pretende conocer acidez o basicidad de soluciones resultantes de lixiviación de medios (agua lluvia o agua llave) sobre placas de ladrillo obtenido.

TDS PPM (Total de sólidos disueltos)

TDS es la abreviación en inglés de “Total Dissolved Solids”, y en español significa, “Total de Sólidos Disueltos”, que es medir la concentración total de los sólidos disueltos en el agua. Se componen de sales inorgánicas presentes en aguas

resultantes. Según la OMS (2016), el nivel de TDS ideal en agua (mg/l) es :

Menos de 300:	Excelente
300 - 600:	Bueno
600 - 900:	Regular
900 - 1,200:	Pobre
Más de 1,200:	Inaceptable

Temperatura (°C)

La temperatura corresponde a la cantidad de calor de un cuerpo, en este caso de las soluciones resultantes del paso de medios acuosos a través de ladrillos obtenidos.

Una de las unidades de medida de la temperatura es el grado centígrado (°C). Su importancia radica en la relación con la presión atmosférica y de la altitud de una zona geográfica.

ORP

La denominada ORP (Oxidation reduction potencial) que también se avizora como redox, el cual es un parámetro que mide la capacidad que tiene una solución de absorber o expeler sales diluidas y de manera efectiva, lo cual es importante para tener un registro de saneamiento de agua. Es expresada en mV.

Fosfatos

La concentración del fosfato (PO₄⁻) puede correspondes a fósforo inorgánico que existe como mineral y contribuye directamente en el ciclo de este elemento en el ambiente. Está relacionada con suelos agrícolas, actuando como nutrientes.



Figura 1. Bloques de ladrillos obtenido a partir de mezclas de arena fina, arena gruesa, cemento y relave minero (diversas proporciones).

La concentración de fosfato superior a 0.1 mg/L, es considerado como indicador de fuerte contaminante en agua.

Nitratos

Los nutrientes, como los nitratos, se encuentran en rocas y sedimentos, también en algas.

A partir de 25 mg/l se considera un alto riesgo y una alerta ante una posible contaminación.

Nitritos

El nitrito es un compuesto que se oxida fácilmente (se combina con oxígeno) para dar el nitrato. Generalmente el nitrato es estable en diversos ecosistemas del medio ambiente; sin embargo, puede ser reducido a nitrito por medio de diversos procesos biológicos que incluyen las plantas, los microbios, etc. Su unidad de medida es mg/l.

Metales pesados

Metal pesado es aquel cuya densidad (mayor a 4 g/cm³), masa y peso atómico por encima de 20 y son tóxicos en concentraciones bajas.

Entre ellos tenemos el Aluminio (Al), berilio (Be), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Cadmio (Cd), Mercurio (Hg), plomo (Pb), entre otros (Russi & Martínez-Allier, 2014).

En la actualidad cuerpos de agua contienen concentraciones de diversos metales pesados los cuales requieren tratamientos de depuración o mitigación.

DBO

Las siglas corresponden a demanda bioquímica de oxígeno, la cual determina la cantidad de oxígeno disuelto (OD) consumida por los microorganismos para descomponer (en entorno aeróbica) la materia orgánica presente en una muestra durante un periodo de tiempo y temperatura específicos.

DQO

Las siglas corresponden a demanda química de oxígeno, la cual determina la cantidad de OD (oxígeno disuelto) requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra a través de un agente químico.

II. MÉTODOS

2.1. Montaje general (Ver Figuras 2,3,4,5,6 y 7).

- Se cortaron 9 botellas de plástico por la mitad y se puso el pico dentro del fondo formando una especie de embudo.
- Se amarró media velada al pico de la botella funcionando como filtro impidiendo el paso del relave al lixiviado.



Figura 2. Montaje general para ensayos de calidad ambiental



Figura 3. Conexión de las cánulas a los botellones



Figura 4. Botellones Limpios



Figura 5. Pesaje del Relave



Figura 6. Sistema de simulación de lluvia (Goteo)



Figura 7. Montaje de embudo, filtro y Relave

- Se pesaron 80 gramos de relave con tratamiento y se pusieron en las botellas 1, 2, 3 y 4.
- Se lavaron los botellones dónde irán las sustancias y se conectaron las cánulas de drenaje a cada botellón.
- Se sellaron con silicona para evitar fugas.
- Se cortaron las puntas de las cánulas, se formó un círculo con la manguera y se le abrieron huecos con alambre caliente formando la regadera.
 - Se pesaron 80 gramos de ladrillo pulverizado y se pusieron en las botellas 5, 6, 7 y 8.
 - Se partió un ladrillo prototipo y se pusieron trozos en la botella 9.
 - Se recolecto el agua lluvia, el agua de la llave y se prepararon las sustancias que recrearon los ambientes en cada botellón.
- Se midió el pH de las sustancias ambientes antes de pasarlas por las cánulas por medio del medidor multiparámetro HI 98199.
- Se procedió a abrir la llave de paso, llenando las mangueras, simulando el riego en cada botella.
- Se dejó llenar hasta el tope de cada botella y se dejó filtrar por 24 horas.
- Pasadas 24 horas de filtrado, se procedió a analizar el lixiviado generado.
- Se tomó el pH, la temperatura y el ORP en cada botella por medio del medidor multiparámetro HI 98199.
- Se registraron los resultados obtenidos.

2.2. Medición de parámetros

- Pasadas 72 horas se realizó una segunda toma de los parámetros Ph, temperatura y ORP en cada botella por medio del medidor multiparámetro HI 98199
- Se realizó la primera toma de los parámetros; Conductividad, resistividad y TDS ppm
- Se registraron los datos de los parámetros
- Pasadas 168 horas (una semana) ya logrando un asentamiento del lixiviado generando mayor concentración de los compuestos se procedió a medir otros parámetros
- Se procedió a medir; Sulfatos, Nitratos, Fosfatos y Nitritos por medio del colorímetro DR900
- Se registraron los datos medidos
- Luego se tomó análisis de DBO y DQO en las 3 muestras dónde el ambiente recreado era agua lluvia (botellas 2, 6 y 9)
- Se llevaron las muestras a la nevera de DBO dónde estarán por 5 días y se pusieron 2ml de muestra en cada tubo de ensayo de DQO, se pusieron las muestras en el equipo, se obtienen resultados pasadas 48 horas

2.3. Repetición de ambientes recreados para nuevas mediciones

- Se volvió a preparar las soluciones que recrearon cada ambiente, ya que han pasado muchas horas desde el primer filtrado.
- Se midió el PH, corroborando que fuese el mismo del primer filtrado por medio del medidor multiparámetro HI 98199.
- Se procedió a pasar las soluciones por las mangueras recreando nuevamente la simulación de lluvia.
- Se llenó hasta el tope las 9 botellas, y se esperaron 24 horas para obtener el lixiviado final.
- Se tomó el lixiviado de las botellas (2, 6 y 9) que son las del ambiente agua lluvia y se procedió a llevar las muestras al laboratorio GIMBA, para analizar metales pesados por medio del método absorción atómica.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Metales pesados

A continuación, se presenta los resultados encontrados de concentración de metales pesados (Al, Zn, Cu, Cr, Fe, nitritos, nitratos, sulfatos y PH) (ver Tablas 1 a 6).

Tabla 1. Concentración de Al de la solución lixiviada

N°	Agente Lixivante	Medio Filtrante	Promedio (3 Tomas)	Dilución del Lixiviado	Resultado Final mg/l
1	Agua llave	relave con tratamiento	0.051	Dilución 1:100	5,1
2	Agua lluvia	relave con tratamiento	0.021	Dilución 1:10	0,21
3	Agua + ácido clorhídrico (4 gotas)	relave con tratamiento	0.038	Dilución 1:10	0,38
4	Agua + vinagre + limón	relave con tratamiento	0.751	Dilución 1:10	7,51
5	Agua llave	ladrillo pulverizado	0.013	N.A.	0.013
6	Agua lluvia	ladrillo pulverizado	indetectable	N.A.	indetectable
7	Agua + ácido clorhídrico (4 gotas)	ladrillo pulverizado	0.245	N.A.	0.245
8	Agua + vinagre + limón	ladrillo pulverizado	0.000	N.A.	0.000
9	Agua lluvia	trozos de ladrillo	0.598	N.A.	0.598

Tabla 2. Concentración de Zn de la solución lixiviada

N°	Agente Lixivante	Medio Filtrante	Promedio (3 Tomas)	Dilución del Lixiviado	Resultado Final mg/l
1	Agua llave	relave con tratamiento	0,32	N.A.	0,32
2	Agua lluvia	relave con tratamiento	0,14	N.A.	0,14
3	Agua + Ácido Clorhídrico (4 gotas)	relave con tratamiento	0,24	N.A.	0,24
4	Agua + vinagre + limón	relave con tratamiento	18	N.A.	18
5	Agua llave	ladrillo pulverizado	1,03	N.A.	1,03
6	Agua lluvia	ladrillo pulverizado	1,5	N.A.	1,5
7	Agua + Ácido Clorhídrico (4 gotas)	ladrillo pulverizado	0,22	N.A.	0,22
8	Agua + vinagre + limón	ladrillo pulverizado	2,19	N.A.	2,19
9	Agua lluvia	trozos de ladrillo	0,19	N.A.	0,19

Tabla 3. Concentración de Cu de la solución lixiviada

N°	Agente Lixivante	Medio Filtrante	Promedio (3 Tomas)	Dilución del Lixiviado	Resultado Final mg/l
1	Agua llave	relave con tratamiento	3,72	N.A.	3,72
2	Agua lluvia	relave con tratamiento	4,63	N.A.	4,63
3	Agua + Ácido Clorhídrico (4 gotas)	relave con tratamiento	2,96	N.A.	2,96
4	Agua + vinagre + limón	relave con tratamiento	5,8	N.A.	5,8
5	Agua llave	ladrillo pulverizado	2,25	N.A.	2,25
6	Agua lluvia	ladrillo pulverizado	2,55	N.A.	2,55
7	Agua + Ácido Clorhídrico (4 gotas)	ladrillo pulverizado	2,03	N.A.	2,03
8	Agua + Vinagre + Limón	ladrillo pulverizado	4,14	N.A.	4,14
9	Agua Lluvia	trozos de ladrillo	0	N.A.	0

Tabla 4. Concentración de Cr de la solución lixiviada

N°	Agente Lixivante	Medio Filtrante	Promedio (3 Tomas)	Dilución del Lixiviado	Resultado Final mg/l
1	Agua llave	relave con tratamiento	0,013	N.A.	0,013
2	Agua lluvia	relave con tratamiento	0,006	N.A.	0,006
3	Agua + Ácido Clorhídrico (4 gotas)	relave con tratamiento	0,023	N.A.	0,023
4	Agua + vinagre + limón	relave con tratamiento	0,22	N.A.	0,22
5	Agua llave	ladrillo pulverizado	0,03	N.A.	0,03
6	Agua lluvia	ladrillo pulverizado	0,033	N.A.	0,033
7	Agua + Ácido Clorhídrico (4 gotas)	ladrillo pulverizado	0,04	N.A.	0,04
8	Agua + vinagre + limón	ladrillo pulverizado	0,013	N.A.	0,013
9	Agua lluvia	trozos de ladrillo	0,043	N.A.	0,043

Tabla 5. Concentración de Fe de la solución lixiviada

N°	Agente Lixivante	Medio Filtrante	Promedio (3 Tomas)	Dilución del Lixiviado	Resultado Final mg/l
1	Agua Llave	relave con tratamiento	0,103	N.A.	0,103
2	Agua Lluvia	relave con tratamiento	0,043	N.A.	0,043
3	Agua + Ácido Clorhídrico (4 Gotas)	relave con tratamiento	0,08	N.A.	0,08
4	Agua + Vinagre + Limón	relave con tratamiento	1,68	N.A.	1,68
5	Agua Llave	ladrillo pulverizado	0,62	N.A.	0,62
6	Agua Lluvia	ladrillo pulverizado	1,48	N.A.	1,48
7	Agua + Ácido Clorhídrico (4 Gotas)	ladrillo pulverizado	0,26	N.A.	0,26
8	Agua + Vinagre + Limón	ladrillo pulverizado	0,27	N.A.	0,27
9	Agua Lluvia	trozos de ladrillo	0,14	N.A.	0,14

Tabla 6. Concentración de Nitritos de la solución lixiviada

N°	Agente Lixivante	Medio Filtrante	Promedio (3 Tomas)	Dilución del Lixiviado	Resultado Final mg/l
1	Agua Llave	relave con tratamiento	0,005	N.A.	0,005
2	Agua Lluvia	relave con tratamiento	0,015	N.A.	0,015
3	Agua + Ácido Clorhídrico (4 Gotas)	relave con tratamiento	0,016	N.A.	0,016
4	Agua + Vinagre + Limón	relave con tratamiento	0,126	N.A.	0,126
5	Agua Llave	ladrillo pulverizado	0,124	N.A.	0,124
6	Agua Lluvia	ladrillo pulverizado	0,179	N.A.	0,179
7	Agua + Ácido Clorhídrico (4 Gotas)	ladrillo pulverizado	0,054	N.A.	0,054
8	Agua + Vinagre + Limón	ladrillo pulverizado	0,175	N.A.	0,175
9	Agua Lluvia	trozos de ladrillo	0,022	N.A.	0,022

3.1.1. Aluminio

La resolución 631 de 2015 en sus parámetros contempla el aluminio, pero en los límites solo se lee ANÁLISIS Y REPORTE, por lo tanto, no existe un valor establecido como límite.

Aluminio (Al)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
---------------	------	--------------------	--------------------

3.1.2. Zinc

Al comparar el límite permisible del parámetro ZINC con los resultados obtenidos, ninguna de las muestras lo supera.

Cinc (Zn)	mg/L	3,00	3,00
-----------	------	------	------

3.1.3. Cobre

Al comparar los límites permisibles del cobre con los resultados obtenidos, tenemos que de la muestra 1 a la 8 los valores están más elevados del permitido, esto se debe a que el material filtrante es polvo y desprende fácilmente el metal, mientras que en la muestra 9 el trozo de ladrillo encapsula el metal, evitando liberarlo al ambiente.

Cobre (Cu)	mg/L	1,00	1,00
------------	------	------	------

3.1.4 Cromo

Al comparar los límites permisibles del Cromo, con los resultados obtenidos, se observa que ninguna de las 9 muestras supera el límite permisible y el resultado de la muestra 9 es óptimo, pues es de 0,043, es decir que el ladrillo no genera una cantidad significativa de desprendimiento del metal, favoreciendo su uso (Yun Zhao Wu et al., 2005).

Cromo (Cr)	mg/L	0,50	0,50
------------	------	------	------

3.1.5 Hierro

3.2 Nitritos NO₂⁻ (ver Tabla 6)

3.3 Nitratos NO₃⁻ (ver Tabla 7)

La resolución 631 de 2015 en sus parámetros contempla los compuestos de nitrógeno, pero en los límites solo se lee ANÁLISIS Y REPORTE, por lo tanto, no existe un valor establecido como límite, sin embargo, la norma solicita el reporte, el cual ya se tendría en los resultados obtenidos. (Sánchez J. y Ferreira J. 2016)

Compuestos de Nitrógeno

Nitratos (N-NO3-)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Nitritos (N-NO2-)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte

Tabla 7. Concentración de Nitratos de la solución lixiviada

N°	Agente Lixivante	Medio Filtrante	Promedio (3 Tomas)	Dilución del Lixiviado	Resultado Final mg/l
1	Agua Llave	relave con tratamiento	3,2	N.A.	3,2
2	Agua Lluvia	relave con tratamiento	1,9	N.A.	1,9
3	Agua + Ácido Clorhídrico (4 Gotas)	relave con tratamiento	5,36	N.A.	5,36
4	Agua + Vinagre + Limón	relave con tratamiento	12,36	Dilución 1:10	123,6
5	Agua Llave	ladrillo pulverizado	4,2	Dilución 1:10	42
6	Agua Lluvia	ladrillo pulverizado	5	N.A.	5
7	Agua + Ácido Clorhídrico (4 Gotas)	ladrillo pulverizado	3,8	N.A.	3,8
8	Agua + Vinagre + Limón	ladrillo pulverizado	8,2	N.A.	8,2
9	Agua Lluvia	trozos de ladrillo	3,7	N.A.	3,7

Tabla 8. Concentración de Sulfatos de la solución lixiviada

N°	Agente Lixivante	Medio Filtrante	Promedio (3 Tomas)	Dilución del Lixiviado	Resultado Final mg/l
1	Agua Llave	relave con tratamiento	8	Dilución 1:100	800
2	Agua Lluvia	relave con tratamiento	10,3	Dilución 1:100	1,030
3	Agua + Ácido Clorhídrico (4 Gotas)	relave con tratamiento	13,6	Dilución 1:100	1,360
4	Agua + Vinagre + Limón	relave con tratamiento	32	Dilución 1:100	3,200
5	Agua Llave	ladrillo pulverizado	8,3	Dilución 1:100	830
6	Agua Lluvia	ladrillo pulverizado	7,3	Dilución 1:100	730
7	Agua + Ácido Clorhídrico (4 Gotas)	ladrillo pulverizado	7	Dilución 1:100	700
8	Agua + Vinagre + Limón	ladrillo pulverizado	7,3	Dilución 1:100	730
9	Agua Lluvia	trozos de ladrillo	13,3	N.A.	13,3

3.4 Sulfatos SO₃⁻ (ver Tabla 8)

La resolución 631 de 2015 en sus parámetros contempla los Iones sulfatos, pero en los límites solo se lee ANÁLISIS Y REPORTE, por lo tanto, no existe un valor establecido cómo limite, sin embargo, la norma solicita el reporte, el cual ya se tendría en los resultados obtenidos.

Sulfatos (SO42-) mg/L Análisis y Reporte Análisis y Reporte

3.5 pH (ver Tabla 9)

El pH se puede observar que aumenta en la escala pasando de ser ácido a neutro o base, esto se debe a que el relave ha pasado por un tratamiento el cual lo expone a altas temperaturas, eliminando grasas y aceites volviéndolo más alcalino y el ladrillo pulverizado contiene cal la cual pone básicas las sustancias. (Ver Figura 8).

IV. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos y comparados con la resolución 631 de 2015 nos demuestra que las pruebas realizadas a los trozos de ladrillo son óptimas y cumplen con los límites establecidos, es decir que pueden ser utilizados en la construcción

de tal manera que se puede ampliar productos para la oferta exportadora (ANM, 2021).

- Los trozos de ladrillo al exponerse al ambiente de agua lluvia, mostraron resultados favorables ya que no liberaron sustancias toxicas que generen un riesgo en la comunidad ni en el ambiente.

V. REFERENCIAS

Akcil A., & Koldas S. (2006). Acid Mine Drainage (AMD): causes, treatment and case studies. *Journal of Cleaner Production*, 14(12–13), 1139–1145. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.09.006>

Américo, M. (2009). Concepciones del ser humano y la naturaleza desde el antropocentrismo y el biosferismo 1. *Medio Ambiente y Comportamiento Humano*, 10(3), 217–234. https://mach.webs.ull.es/PDFS/Vol10_3/Vol10_3_c.pdf

ANM. (2021, November 21). Colombia tiene un potencial de exportación ilimitado hacia los mercados internacionales. *Agencia Nacional de Minería ANM*. <https://www.anm.gov.co/?q=colombia-tiene-un-potencial-de-exportacion-ilimitado-hacia-los-mercados-internacionales#:~:text=En%202020%2C%20las%20exportaciones%20mineras,las%20exportaciones%20totales%20de%20Colombia>

Tabla 9. Concentración de pH de la solución lixiviada

N°	Agente Lixivante	Medio Filtrante	Resultado Final
1	Agua Llave	relave con tratamiento	7,51
2	Agua Lluvia	relave con tratamiento	7,39
3	Agua + Ácido Clorhídrico (4 Gotas)	relave con tratamiento	7,56
4	Agua + Vinagre + Limón	relave con tratamiento	6,58
5	Agua Llave	ladrillo pulverizado	12,23
6	Agua Lluvia	ladrillo pulverizado	12,26
7	Agua + Ácido Clorhídrico (4 Gotas)	ladrillo pulverizado	12,29
8	Agua + Vinagre + Limón	ladrillo pulverizado	12,07
9	Agua Lluvia	trozos de ladrillo	8,52

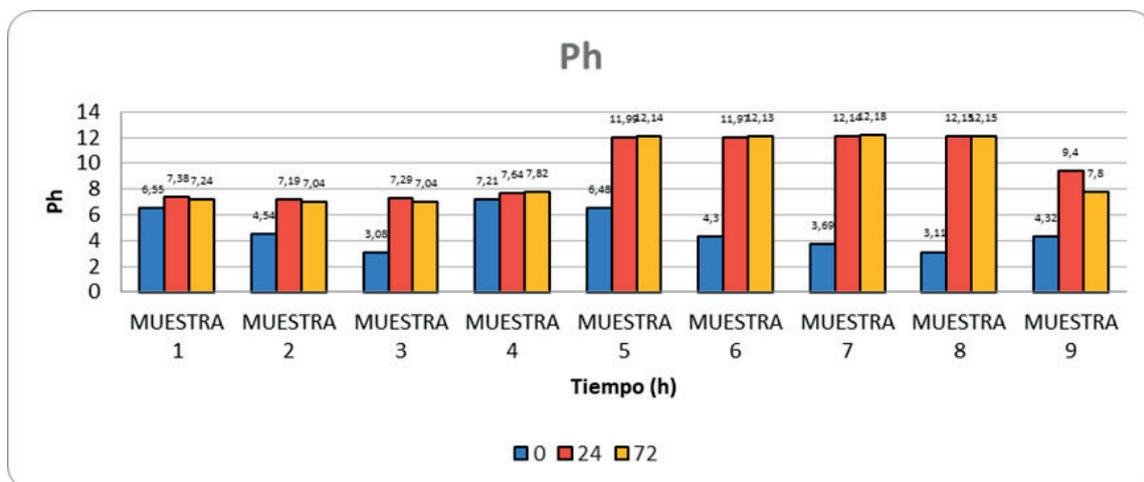


Figura 8. Comportamiento de las 9 muestras de las 4 pruebas basados en mediciones de pH.

- Arango Aramburo, M., & Olaya, Y. (2012). Problemática de los pasivos ambientales mineros en Colombia. *Revista Gestión y Ambiente. Instituto de Estudios Ambientales (IDEA). Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá)*, 15(3), 125–133. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/36286/43158>
- Arrimada, M. (2021, November 22). *Antropocentrismo: qué es, características y desarrollo histórico*. *Psicología y Mente*. <https://psicologiaymente.com/cultura/antropocentrismo>
- OMS. (2016, March 15). *Cada año mueren 12,6 millones de personas a causa de la insalubridad del medio ambiente*. Organización Mundial de La Salud. Comunicado de Prensa . <https://www.who.int/es/news/item/15-03-2016-an-estimated-12-6-million-deaths-each-year-are-attributable-to-unhealthy-environments>
- Romero, A. A., & Flores, S. L. (2010). Reuso de relaves mineros como insumo para la elaboración de agregados de construcción para fabricar ladrillos y baldosas. *Industrial Data*, 13(2), 75–82. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81619984010.pdf>
- Russi, D., & Martínez-Allier, J. (2014). Los pasivos ambientales. *Íconos - Revista de Ciencias Sociales*, 15. <https://doi.org/https://doi.org/10.17141/iconos.15.2003.1282>
- Sanchez Rial, J. E., & Ferreira Centeno, J. P. (2016). Drenajes ácidos de mina alternativas de tratamiento. *Revista de Medio Ambiente y Minería*, 1, 20–33. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2519-53522016000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Yun Zhao Wu, , Jun Chen, , Jun Feng Ji, , Qing Jiu Tian, , & Xin Min Wu. (2005). Feasibility of reflectance spectroscopy for the assessment of soil mercury contamination. *Environ Sci Technol*, 39(3), 873–878. <https://doi.org/10.1021/es0492642>