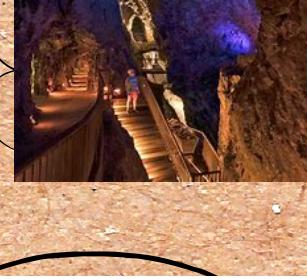


ESTUDIO ESTADÍSTICO DE LOS FACTORES QUE AFECTAN EL PROCESO DE LIXIVIACIÓN DE ELEMENTOS POTENCIALMENTE TÓXICOS PROVENIENTES DE JALES MINEROS



1



Introducción

En la ciudad de Guanajuato desde el tiempo de la colonia, la industria minera ha sido uno de los principales productores de oro y plata, con ello ha generado gran cantidad de jales que son los desechos mineros, dando como consecuencia que exista un impacto ambiental en los alrededores. Estos materiales están constituidos de diferentes metales conocidos como elementos potencialmente tóxicos (EPT) que son metales pesados y contaminantes persistentes que se acumulan en el suelo y que causan daño al medio ambiente y en nuestro país, la NOM-147-SEMARNAT/SSAI-2004, establece los criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por EPT¹, (Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSAI-2004, 2022).

En los residuos mineros pertenecientes a la mina del Monte de San Nicolás, localizado en el Distrito Minero de Guanajuato, se encuentran presentes los EPT, específicamente: el manganeso, el arsénico, el cadmio, el plomo y el zinc, que han servido para el estudio de la lixiviación por actividad microbiana (medio de cultivo y bacterias).



Materiales y métodos

Tiempo (días)	Agente lixiviante	
	Medio de cultivo 9K	Bacterias
1	0.0323	0.032
3	0.6402	0.6431
5	0.817	0.8165
7	0.993	0.995
14	1.676	1.672
28	2.878	2.888

Tabla 1. Diseño factorial: 2 factores, 6 niveles para el tiempo y 2 niveles de prueba para el agente lixiviante para el arsénico.



Resultados

Figura 1. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el manganeso.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Manganeso



Figura 2. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el arsénico.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Cadmio



Figura 3. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el cadmio.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

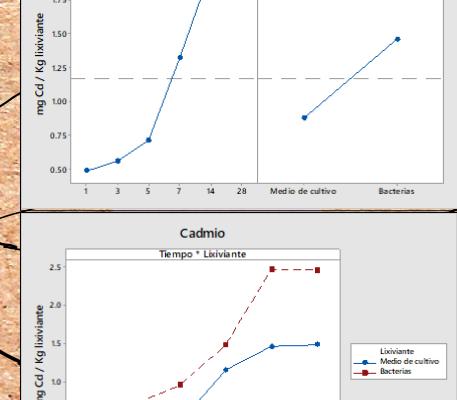


Figura 4. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el plomo.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 5. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el mercurio.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 6. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el níquel.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 7. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el zinc.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 8. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el bario.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 9. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el cobre.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 10. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el berilio.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 11. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el mercurio.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 12. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el cromo hexavalente.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 13. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el plomo.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 14. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el selenio.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 15. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el mercurio.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 16. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el níquel.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 17. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el zinc.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 18. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el bario.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 19. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el cobre.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 20. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el berilio.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 21. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el mercurio.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 22. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el cromo hexavalente.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 23. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el plomo.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 24. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el selenio.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 25. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el mercurio.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 26. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el níquel.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 27. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el zinc.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 28. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el bario.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 29. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el cobre.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 30. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el berilio.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 31. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el mercurio.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 32. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el cromo hexavalente.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 33. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el plomo.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 34. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el selenio.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 35. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el mercurio.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 36. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el níquel.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 37. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el zinc.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 38. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el bario.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 39. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el cobre.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 40. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el berilio.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 41. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el mercurio.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 42. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el cromo hexavalente.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 43. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el plomo.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 44. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el selenio.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 45. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el mercurio.

a) Análisis por cada factor. b) Interacción de ambos factores.

Figura 46. Efectos principales sobre los factores tiempo y lixiviante para el níquel.