



Máster en Tecnología Ambiental



MÁSTER EN TECNOLOGÍA AMBIENTAL TRABAJO FIN DE MASTER

“INVESTIGACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS Y ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS EN LA VÍA VERDE DEL RÍO TINTO, EN EL TRAMO DESDE NIEBLA AL PUENTE SALOMÓN”

Autor: Joaquín Parrales Rodríguez

Director: Juan Carlos Fernández Caliani

RESUMEN

El presente Trabajo Fin de Master (TFM) presenta los resultados de la caracterización de suelos y el análisis cuantitativo de riesgos realizados en un tramo del ferrocarril minero de Rio Tinto, comprendido entre el puente Salomón y la estación de Niebla (Huelva). Con el objetivo de evaluar la contaminación y los riesgos asociados, se tomaron 16 muestras de suelo hasta 0,5 m de profundidad, distribuidas a lo largo del trazado seleccionado. En estas muestras se analizaron las concentraciones de diversos contaminantes relacionados con el transporte ferroviario de minerales, incluyendo elementos traza, hidrocarburos totales del petróleo (HTPs) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs).

Los resultados, comparados con los niveles genéricos de referencia (NGRs) para la protección de la salud humana establecidos en la legislación estatal y autonómica sobre la gestión suelos contaminados, revelaron una contaminación significativa por plomo



Universidad
de Huelva



Universidad
Internacional
de Andalucía

A



Facultad de
Ciencias
Experimentales



Máster en Tecnología Ambiental

(hasta 26.000 mg/kg), arsénico (hasta 1.700 mg/kg) y mercurio (hasta 66 mg/kg), superando los límites permitidos para suelos urbanos. Además, se detectaron concentraciones elevadas de hidrocarburos (HTPs hasta 310 mg/kg) y compuestos aromáticos (benzo-a-pireno hasta 0,35 mg/kg).

El análisis cuantitativo de riesgos (ACR) indicó que tanto los trabajadores de las obras como los usuarios de la vía verde (senderistas y ciclistas) están expuestos a niveles inaceptables de los contaminantes mencionados. Aunque la bioaccesibilidad oral del arsénico (2,35-3,35%) y del plomo (0,45-8,87%) es relativamente baja, el riesgo potencial para la salud humana por contacto directo con el suelo (ingestión accidental y contacto dérmico) supera los umbrales de riesgo legalmente establecidos, con un riesgo cancerígeno acumulado (CR) de $2.3E-4$ para As y Pb, y un índice de riesgo tóxico (HI) de 18 para Hg, Pb y As. Por otro lado, el riesgo por inhalación de vapores y partículas, evaluado en un escenario conservador dentro del túnel Salomón, se considera aceptable ($CR < 1,0E-5$ y $HI < 1$) para todos los contaminantes.

Para mitigar los riesgos en los receptores potenciales, se proponen dos medidas de actuación principales. En primer lugar, se recomienda que los trabajadores de la vía verde utilicen equipos de protección individual (EPIs) para evitar el contacto directo con los suelos contaminados. En segundo lugar, para los usuarios de la vía verde, el riesgo podría reducirse hasta niveles tolerables mediante el confinamiento o la retirada de la capa superficial de suelo contaminado.

ABSTRACT

This Master's Thesis presents the results of soil characterization and quantitative risk analysis conducted along a segment of the historic Rio Tinto mining railway, spanning from the Salomón bridge to the Niebla station in Huelva, Spain. In order to assess the extent of contamination and associated risks, 16 soil samples were collected up to a depth of 0.5 meters across the selected section. These samples were analyzed for various contaminants linked to the railway transport of minerals, including trace elements, total petroleum hydrocarbons (TPHs), and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs).

Comparative analysis of the results with the generic reference levels (GRLs) for the protection of human health established in state and regional legislation on contaminated soil management, revealed significant contamination by lead (up to 26,000 mg/kg),



Máster en Tecnología Ambiental



arsenic (up to 1,700 mg/kg), and mercury (up to 66 mg/kg), exceeding the permissible limits for urban soils. Additionally, elevated concentrations of hydrocarbons (TPHs up to 310 mg/kg) and aromatic compounds (benzo[a]pyrene up to 0.35 mg/kg) were detected.

A quantitative risk analysis indicated that both construction workers and greenway users (hikers and cyclists) are exposed to unacceptable levels of these contaminants. Although the oral bioaccessibility of arsenic (2.35-3.35%) and lead (0.45-8.87%) is relatively low, the potential risk to human health from direct soil contact (accidental ingestion and dermal contact) exceeds the legal risk thresholds. The cumulative cancer risk (CR) for As and Pb was calculated to be $2.3E-4$, while the hazard index (HI) for Hg, Pb, and As was as high as 18. Conversely, the risk from vapor and particle inhalation, evaluated under a conservative scenario inside the Salomón tunnel, was deemed acceptable (CR < $1.0E-5$ y HI < 1) for all contaminants.

To mitigate these risks for potential receptors, two primary measures are proposed. First, greenway workers are advised to use personal protective equipment to minimize direct contact with contaminated soils. Second, for greenway users, the risk could be reduced to tolerable levels through the confinement or removal of the contaminated surface soil layer.