

Elementos de contaminación ambiental generados por la extracción informal de carbón y alternativas de extracción sostenible en el distrito de Lucma, Provincia Gran Chimú – Región La Libertad

Elements of environmental contamination in the informal extraction of coal and alternatives of sustainable extraction in the district of Lucma, Gran Chimu Province La Libertad Region

Nicolás Guevara Alvarado¹

Recibido: Junio 2019 - Aprobado: Julio 2019

RESUMEN

En el presente artículo se realizaron los siguientes procedimientos: una evaluación geológico-minera, toma de cinco muestras de agua (A1-A5), y cinco muestras de suelo (S1-S5) para definir los niveles de contaminación.

Los resultados de análisis de las muestras de agua, fueron cotejados con los estándares de calidad ambiental (ECA) del Ministerio del Ambiente (MINAM). Considerando el análisis de agua para uso poblacional, se detectó aluminio (Al) y hierro (Fe) como elementos que han sobrepasado los estándares de calidad; mientras que, en el análisis de agua para bebida de animales y riego de vegetales, los valores estuvieron por debajo de los estándares establecidos.

Los resultados, con respecto a la toma de cinco muestras de suelo, no sobrepasaron los niveles de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), debido a que los valores estuvieron por debajo de los estándares establecidos. En vista de los resultados antes indicados, se ha considerado la normativa holandesa que considera otros parámetros de control, éstos determinaron que sí existe contaminación ambiental en los elementos de Hg, As, Cd, Co, Mo, Sb, y V. (Crommentuijn et al.1997)

Con la apertura adecuada de labores subterráneas en zonas aparentes, la conservación y uso adecuado de explosivos e implementos de seguridad, con el control y la minimización de material particulado, la comercialización de carbón de manera adecuada y el control rígido de mineral se logrará, establecer una extracción minera sostenible y responsable.

Con monitoreos y supervisión permanente mediante personal técnico calificado, se logrará disminuir y/o eliminar la contaminación ambiental en el agua, suelo y en la actividad minera informal.

Palabras clave: Contaminación ambiental en agua y suelos; extracción informal de carbón.

ABSTRACT

In this article, the following procedures were carried out: a geological-mining evaluation, taking five water samples (A1-A5), and five soil samples (S1-S5) to define pollution levels.

The results of the analysis of the water samples were checked against the environmental quality standards (ECA) of the Ministry of Environment (MINAM). Considering the analysis of water for population use, aluminum (Al) and iron (Fe) were detected as elements that have exceeded quality standards; while, in the analysis of water for animal drink and vegetable irrigation, the values were below the established standards.

The results, with respect to the collection of five soil samples, did not exceed the levels of the Environmental Quality Standards (ECA), because the values were below the established standards. In view of the results indicated above, the Dutch regulations that consider other control parameters have been considered, these determined that there is environmental contamination in the elements of Hg, As, Cd, Co, Mo, Sb, and V.

With the proper opening of underground work in apparent areas, the conservation and proper use of explosives and safety implements, with the control and minimization of particulate material, the marketing of coal properly and the rigid control of ore will be achieved, establish a sustainable and responsible mining extraction.

With permanent monitoring and supervision by qualified technical personnel, it will be possible to reduce and / or eliminate environmental pollution in water, soil and in informal mining activity.

Keywords: Environmental Contamination in water and soils; informal coal extraction.

¹ Bachiller de Ing. Geológica, E.P. Ingeniería Geológica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. Email: nicolguevaraa@hotmail.com

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene por finalidad determinar los elementos de contaminación que pueden existir en el agua y suelo respectivamente; a partir de ello, buscar elementos o fuentes contaminantes para encontrar alternativas y disminuir o eliminar el grado de contaminación ambiental que puede existir en el distrito de Lucma y sus alrededores.

Para tal efecto, se logró obtener cinco muestras ambientales de agua en cinco estaciones (A1-A5) y cinco muestras de suelo en cinco estaciones (S1-S5), con el objetivo de ser analizadas en laboratorios certificados en la ciudad de Lima, para encontrar alternativas sostenibles a la extracción informal de carbón con el fin de disminuir y/o eliminar la contaminación ambiental.

1.1. Ubicación y accesibilidad del área de estudio

La zona de estudio se ubica geográficamente al lado noreste del distrito de Lucma, aproximadamente a 2 kilómetros distante del mismo, en la provincia Gran Chimú, región de la Libertad entre altitudes de 1800 a 2800 m.s.n.m., cuya coordenada UTM central es: 771000E, (*Hoja topográfica, 16-f-Otuzco*) (Figura 1).

Se accede al área de estudio mediante vía aérea y terrestre, partiendo de Lima hasta el distrito de Lucma en un tiempo de 5h 30 minutos; y por vía terrestre, únicamente desde Lima al área de estudio mediante carreteras asfaltadas, afirmadas y trochas en un tiempo de 12 h 30 minutos.

Lucma es un distrito que vive de una agricultura precaria, por lo que la extracción y comercialización de carbón de la minería ilegal otorga a sus pobladores un aporte adicional, a sus magros ingresos económicos.

1.2. Contexto geológico regional

La zona de estudio se aloja en una amplia secuencia sedimentaria constituida por secuencias clásticas correspondiente a la formación Chicama de edad Jurásico superior, (Js-Chic). Bajo esta denominación, asignada por Stappenbeck (1929) y Reyes (1980) es seguida de la formación Chimú de edad Cretáceo inferior (Ki-chim).

Fue descrita por Stappenbeck en la región del Alto Chicama, y continúan con las formaciones Santa – Carhuaz de edad Cretáceo inferior (Ki-saca) descritas por Benavides (1956) y Cossío et al. (1967) bajo esta denominación en el Boletín No. 17 Geología de los Cuadrángulos de Puemape, Chocope, Otuzco, Trujillo, Salaverry y Santa, por: Aurelio Cossío Hugo Jaén Lima, Noviembre de 1967.

La ocurrencia carbonífera y de operación se encuentra en especial en la Formación Chicama y en el contacto entre la Formación Chicama y Formación Chimú expuesta en las concesiones mineras de propiedad de Activos Mineros denominadas Ambara 1 y Ambara 2 (Carrascal y Matos, 2010, Mendiola et al. 2013).

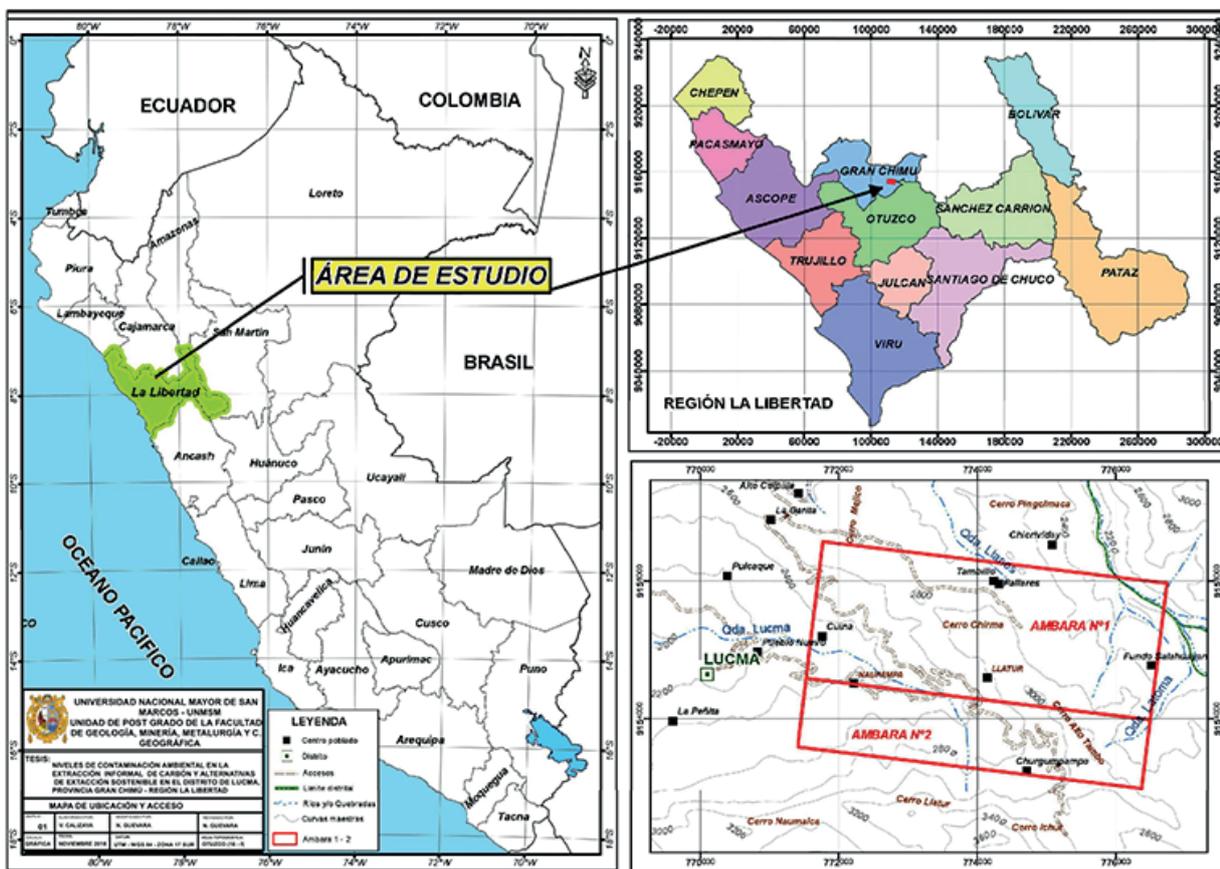


Figura 1. Mapa de ubicación y de acceso

1.3. Objetivo general y objetivos específicos

Determinar los elementos de contaminación ambiental en la extracción informal de carbón, entre los objetivos específicos tenemos:

1. Determinar los elementos de contaminación ambiental por hierro y aluminio en el agua por la extracción informal de carbón.
2. Determinar los elementos de contaminación ambiental por material particulado, elementos pesados, aluminio, hierro y otros elementos en el suelo por la extracción informal de carbón
3. Plantear alternativas sostenibles mediante mejoras en la extracción informal de carbón en el distrito de Lucma.

II. MÉTODOS

La presente investigación está basada en un experimento controlado bajo la confianza de evaluar en campo, muestras ambientales para volcarlos a un análisis experimental de elementos metálicos y concebir resultados con estándares de calidad ambiental – MINAM, para el agua y suelo respectivamente. (Kerlinger, 2002). En trabajo de campo se tomaron, cinco muestras de agua (Estaciones, A1, A2, A3, A4, A5) (Tabla 1) y cinco muestras de suelo (Estaciones, S1, S2, S3, S4, S5) (Tabla 2), realizaos entre febrero y julio de 2018.

Las muestras de agua han sido tomadas en la quebrada Lucma y sus tributarios; mientras que, las muestras de suelo se han tomado muy cerca de las labores mineras informales, aplicando todos los protocolos de toma de muestras ambientales (Figura 3).

Las muestras de agua (A1-A5) como de suelo (S1-S5) fueron analizadas por un laboratorio acreditado (NTP_ISO/TEC-17025) y certificado por Evaluación de Proveedores, ISO 14001, OHSAS 18001 de nombre CERTIMIN de la ciudad de Lima.

III. RESULTADOS

Para las muestras, tanto de agua como de suelo, se tomó en consideración: las coordenadas UTM de ubicación con uso de GPS, una brújula para toma de datos estructurales y de orientación, una lupa de 30X para identificación de roca (sedimentos), litología, alteración / mineralización, un PEACHIMITRO para la toma de temperatura (T), pH, conductividad eléctrica (alta, baja), ppm. Con toda esta data obtenida, se pudieron elaborar planos topográficos, geológicos y de ubicación de muestras a escala gráfica o numérica.

Los resultados obtenidos en laboratorio se compararon con la norma vigente, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del Agua del 2017 para las categorías 1 y 3 (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM). MINAM, 2017.

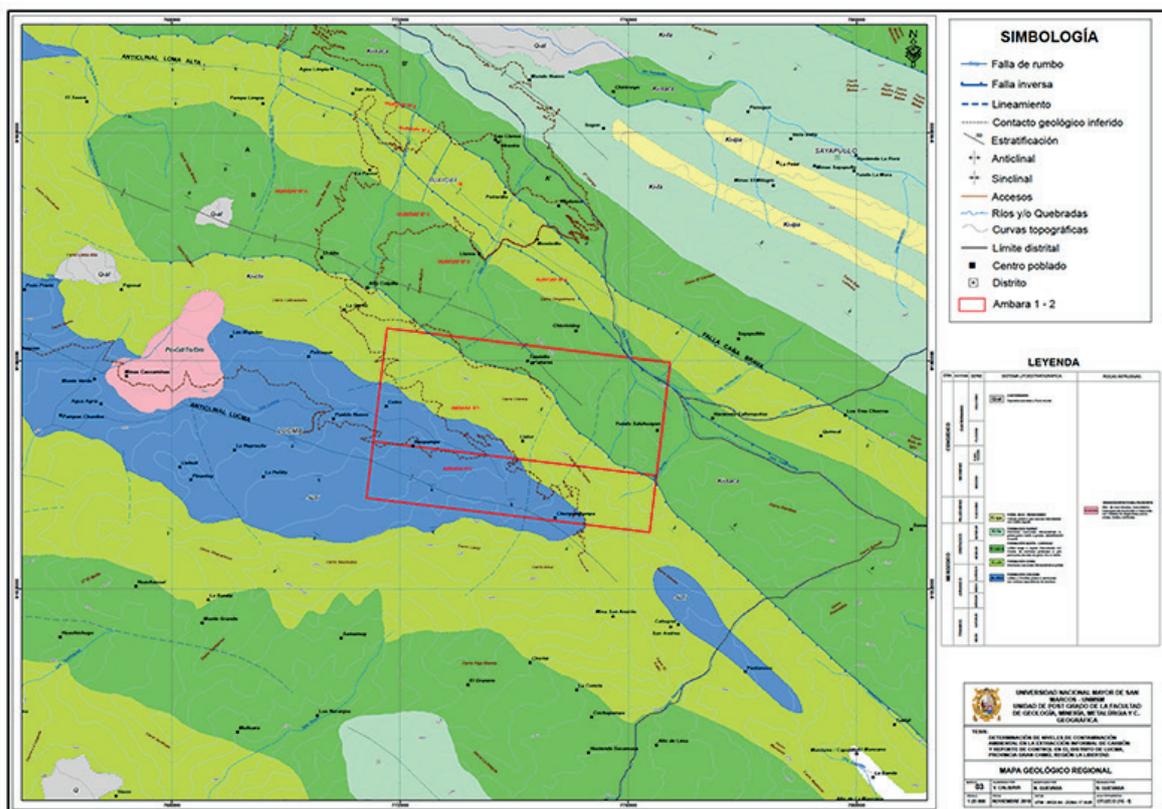


Figura 2. Mapa Geológico Regional / Local

Tabla 1. Obtención de muestras de agua en el distrito de Lucma

Código	Fecha	Hora	Tipo de muestra	Norte WGS-84	Este WGS-84	Altitud msnm	Temperatura °C	T-Aire °C	pH Unid de pH	CE μS/cm
LUC-A001	03/02/18	22:00	Agua superficial	9154297	773545	2524	14.5		8.71	78
LUC-A002	03/02/18	22:30	Agua superficial	9154307	772554	2451	14.5		8.71	78
LUC-A008	29/06/18	13:05	Agua superficial	9153532	774510	2789	13.2	13.8	8.37	52
LUC-A009	29/06/18	14:20	Agua superficial	9154431	774028	2694	14.3	15.1	8.84	10
LUC-A010	29/06/18	15:35	Agua superficial	9155241	772712	2475	15.0	15.4	7.00	15

Tabla 2. Obtención de muestras de suelo en el distrito de Lucma

Estación de Monitoreo	Fecha	Hora	Tipo Mtra.	Coord. Norte WGS-84	Coord. Este WGS-84	Descripción
S1	03/02/18	10:41	Suelo	9154213	773593	Suelo heterogéneo, compuesto de arenas, limos, lúvicos, y partículas de carbón
S2	03/02/18	11:15	Suelo	9154334	772542	Suelo heterogéneo, compuesto de arenas, limos, lúvicos, y partículas de carbón
S3	29/06/18	12:45	Suelo	9153355	774956	Suelo heterogéneo, compuesto de arenas, limos, lúvicos, y partículas de carbón
S4	29/06/18	13:45	Suelo	9154460	774004	Suelo heterogéneo, compuesto de arenas, limos, lúvicos, y partículas de carbón
S5	29/06/18	15:05	Suelo	9155267	772652	Suelo heterogéneo, compuesto de arenas, limos, lúvicos, y partículas de carbón

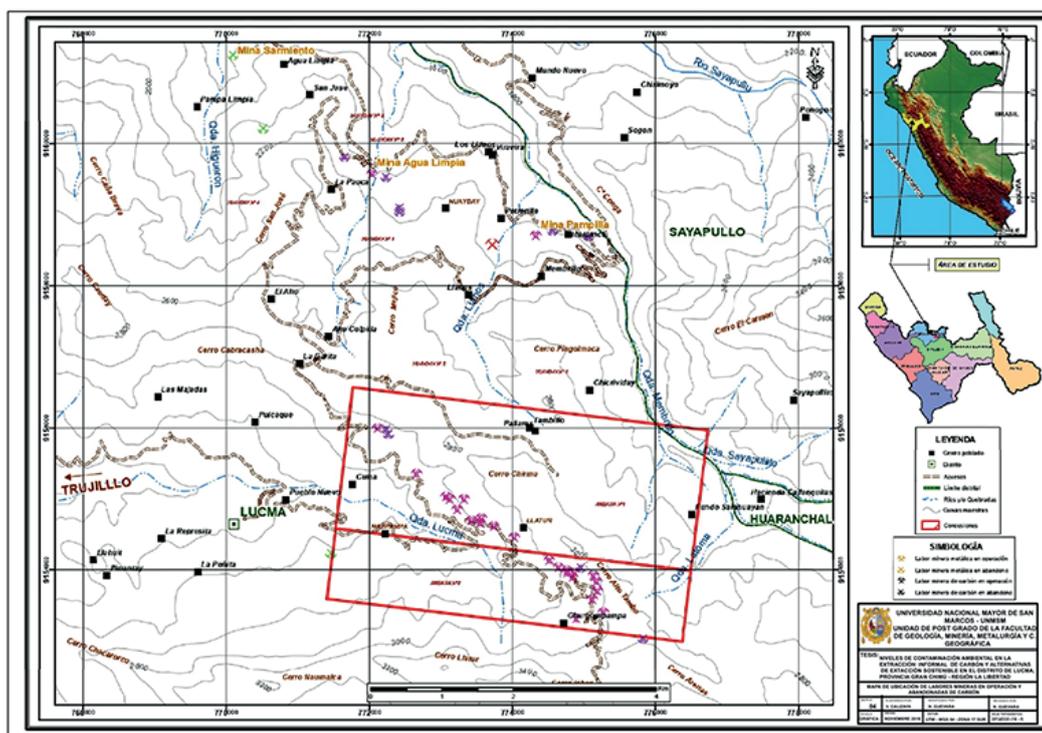


Figura 3. Mapa de ubicación de labores operativas y en abandono

De los resultados se puede apreciar que existen valores mayores a la normativa, en aluminio total para la subcategoría A1 ($A_3 = 1.10 \text{ mg/l}$), en hierro total en las subcategorías A1 en cuatro muestras ($A_1 = 0.36, A_2 = 1.99, A_3 = 2.33$ y $A_5 = 0.50 \text{ mg/l}$, (Tabla 3, Figura 4, Figura 5).

Los pH de aguas en el sector son altos mayores a 8.5 indicativo de aguas alcalinas; mientras que, la conductividad eléctrica también tiene valores muy bajos entre 15-78

CE ($\mu\text{S (cm)}$) indicativo de quebradas de primer orden (riachuelos recientes). El alto contenido de aluminio puede provocar irritación gastrointestinal y altas concentraciones de hierro también puede dañar algunos órganos del cuerpo.

La exposición prolongada al arsénico a través del consumo de agua y alimentos contaminados puede causar cáncer y lesiones cutáneas (Cassassuce, 2016).

Elevadas concentraciones de Aluminio causan efectos sobre los peces, pero también sobre los pájaros y otros animales que consumen peces contaminados (Lenntech, 2019).

IV. DISCUSIÓN

Las muestras de suelo fueron analizadas por metales en el laboratorio acreditado CERTIMIN, la cual considera 29 elementos: Hg, Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, Tl, V y Zn (Figura 6, Tabla 4).

La aplicación de la Normativa Peruana (MINAM, 2013), ECA del suelo Resolución Ministerial 012-2017 – MINAM, comprende aspectos de evaluación y remediación; considera 6 elementos Hg, As, Ba, Cd, Cr y Pb, para suelos comercial, industrial extractivo (Figura 7, Tabla 5), donde indica que ningún valor supera el límite considerado para dicha subcategoría, los valores están muy por debajo de lo establecido.

En tal sentido se ha considerado otras normativas entre ella la normativa holandesa que es muy representativa e importante (Crommentuijn et al.1997).

Para ello, se consideraron 17 elementos: Hg, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Tl, V y Zn. Según la Normativa Holandesa (2010), confirma que hay

signos de contaminación ambiental mediante los elementos de Hg, As, Cd, Co, Mo, Sb y V, haciendo mención que en la muestra S1 supera ligeramente en cobalto (9.24 mg/kg) y en antimonio 11mg/kg, la muestra S2 supera en 6 parámetros: arsénico, cobalto, molibdeno, antimonio y vanadio, presentando 70.8, 33.01, 0,72, 124 y 48 mg/kg, respectivamente, siendo la estación que contiene mayor concentración de este parámetro. Por otro lado, existe 3.1 mg/kg de cadmio y 0,33 mg/kg de mercurio (Tabla 6).

Hay que indicar que entre los elementos indicados el Arsénico (As) se encuentra frecuentemente acompañado por antimonio expuesto en especial en suelos arenosos. Generar consumo de este mineral afecta seriamente a la parte estomacal de la persona.

En cuanto al cobalto, se presenta en mayores cantidades en actividades mineras y fundiciones como en plantas, animales que se alimentas de estas plantas puede afectar su salud.

El aluminio en los vegetales en suelos muy ácidos reduce la profundidad de las raíces y si el hierro existe en altas concentraciones reduce el crecimiento de algunas plantas.

La alta concentración de aluminio en el suelo afecta negativamente a las plantas; por lo tanto, reduce considerablemente la calidad y rendimiento de los cultivos (Encina, 2019).

Tabla 3. Calidad del agua comparado con la categoría 1 (A1, A2 y A3)

Estación de Monitoreo	Fecha	Sub Categoría A1	Sub Categoría A2	Sub Categoría A3	A1	A2	A3	A4	A5	Límite de detección	
					03/02/18 10:00	03/02/18 10:30	29/06/18 13:05	29/06/18 14:20	29/06/18 15:35		
Tipo de muestra	pH	Unid de pH	6.5-8.5	5.5-9.0	5.5-9.0	Agua superficial	8.71	8.71	8.37	8.84	7.00
Conductiv.	µS/cm	1500	1600	**	78	78	52	10	15		
Hg(t)	mg/L	0.001	0.001	0.002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0006	0.0002	0.0001	
Al(t)	mg/L	0.9	5.0	5.0	0.04	0.14	1.10	0.40	0.30	0.02	
As(t)	mg/L	0.01	0.01	0.15	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	0.008	
Ba(t)	mg/L	0.7	1.0	**	0.005	0.008	0.013	0.004	0.005	0.001	
Be(t)	mg/L	0.012	0.040	0.100	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	0.0003	
B(t)	mg/L	2.4	2.4	2.4	0.047	0.024	0.020	0.008	0.007	0.003	
Cd(t)	mg/L	0.003	0.005	0.010	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	
Cr(t)	mg/L	0.05	0.05	0.05	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	0.004	
Cu(t)	mg/L	2	2	2	<0.003	<0.003	0.006	0.009	0.015	0.003	
Fe(t)	mg/L	0.3	1.0	5.0	0.36	1.99	2.33	0.19	0.50	0.01	
Mn(t)	mg/L	0.4	0.4	0.5	0.181	0.166	0.176	0.017	0.055	0.001	
Mo(t)	mg/L	0.07	**	**	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	0.004	
Ni(t)	mg/L	0.07	**	**	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.002	
Pb(t)	mg/L	0.01	0.05	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	
Sb(t)	mg/L	0.02	0.02	**	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	0.008	
Se(t)	mg/L	0.04	0.04	0.05	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.02	
Zn(t)	mg/L	3	5	5	0.007	0.021	0.017	0.014	0.018	0.005	

Fuente: Resultados – CERTIMIN, ECA - MINAM

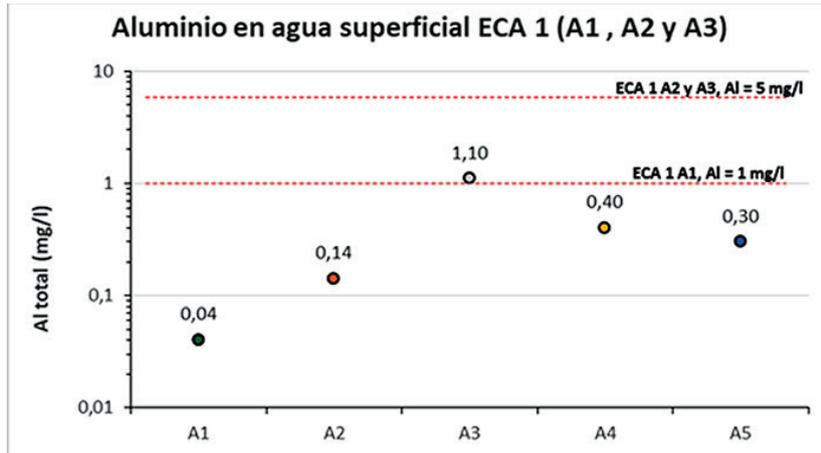


Figura 4. Aluminio total en agua superficial comparado con el ECA 1 (A1, A2 y A3)

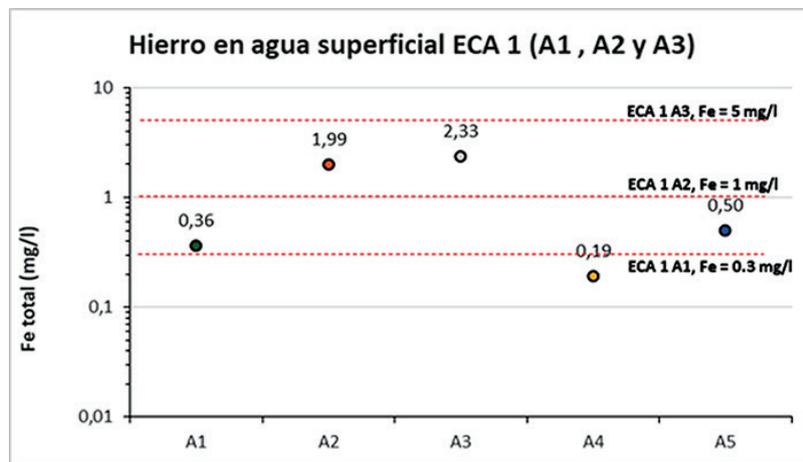


Figura 5. Hierro total en agua superficial comparado con el ECA 1 (A1, A2 y A3)

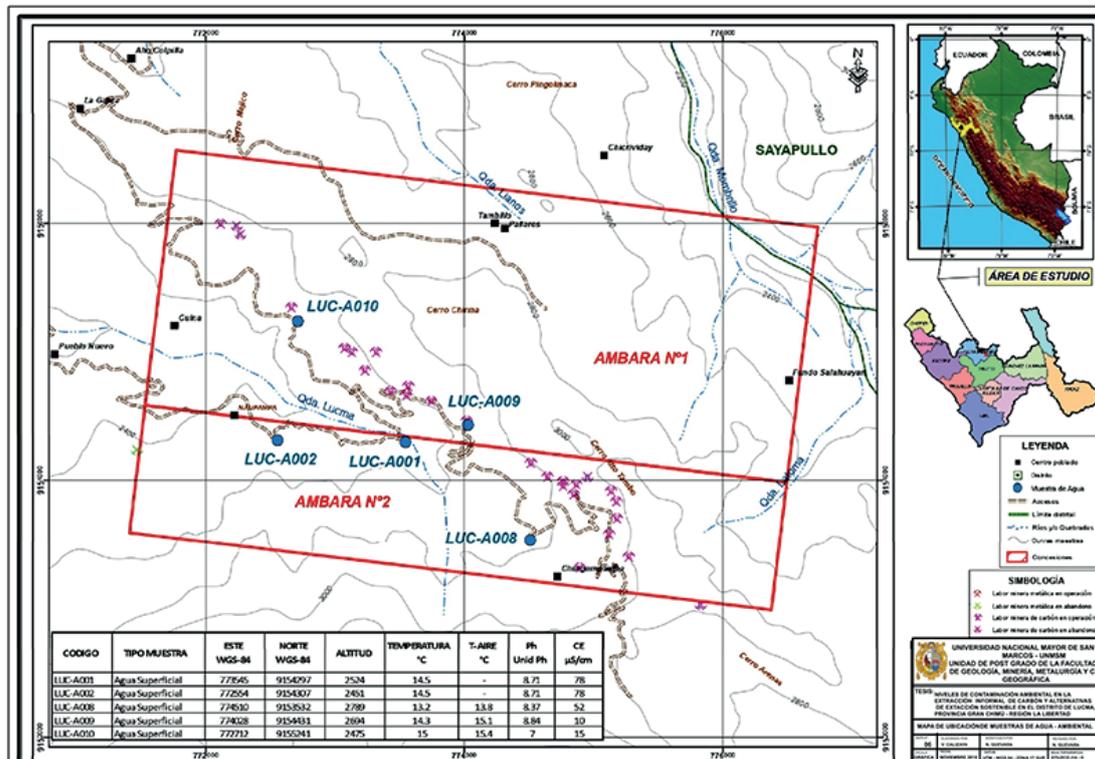


Figura 6. Mapa de ubicación de muestras de agua

Tabla N° 4. Resultado químico de cinco muestras de suelo

Estación de monitoreo		S1	S2	S3	S4	S5	Límite de detección	Método
Fecha		03/02/18	03/02/18	29/06/18	29/06/18	29/06/18		
Hora		11:15	10:41	12:45	14:20	15:05		
Tipo de muestra		Suelos	Suelos	Suelos	Suelos	Suelos		
Hg	mg/KgPS	0.28	0.2	0.22	0.08	0.33	0.01	MA0370
Ag	mg/KgPS	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.2	MA1124
Al	mg/KgPS	4229	14671	8364	3400	7191	100	MA1124
As	mg/KgPS	9.5	70.8	8.2	3.3	6.3	0.2	MA1124
Ba	mg/KgPS	18	64	28	8	38	1	MA1124
Be	mg/KgPS	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	0.4	MA1124
Bi	mg/KgPS	<5.00	<5.00	<5	<5	<5	5	MA1124
Ca	mg/KgPS	268	633	133	370	514	100	MA1124
Cd	mg/KgPS	<0.3	<0.5	<0.3	<0.3	3.1	0.3	MA1124
Co	mg/KgPS	9.24	33.01	4.58	1.93	4.4	0.04	MA1124
Cr	mg/KgPS	3.9	9.1	5.4	1.6	4.2	0.3	MA1124
Cu	mg/KgPS	11.5	35.9	10.1	6.19	9.63	0.5	MA1124
Fe	mg/KgPS	22695	58294	17043	5777	16579	100	MA1124
K	mg/KgPS	335	530	324	349	529	100	MA1124
Mg	mg/KgPS	690	1997	481	165	548	100	MA1124
Mn	mg/KgPS	421	1073	374	170	363	2	MA1124
Mo	mg/KgPS	0.27	0.72	0.41	<0.09	0.36	0.09	MA1124
Na	mg/KgPS	<100	<100	<100	<100	<100	100	MA1124
Ni	mg/KgPS	6	9	<0.1	<0.1	<0.1	1	MA1124
P	mg/KgPS	309	939	420	166	379	100	MA1124
Pb	mg/KgPS	6.9	36	11.5	4.7	13.3	0.3	MA1124
Sb	mg/KgPS	11	124	<5	<5	<5	5	MA1124
Se	mg/KgPS	<0.9	<0.9	<0.9	<0.9	<0.9	0.9	MA1124
Sn	mg/KgPS	<10	<10	<10	<10	<10	10	MA1124
Sr	mg/KgPS	3.3	9.9	3.4	2.6	6.1	0.5	MA1124
Ti	mg/KgPS	<100	184	<100	<100	199	100	MA1124
Tl	mg/KgPS	0.17	0.36	0.32	0.24	0.23	0.03	MA1124
V	mg/KgPS	15	48	21	5	21	2	MA1124
Zn	mg/KgPS	38.9	113.3	30.4	15.9	42.7	0.5	MA1124

Fuente: CERTIMIN

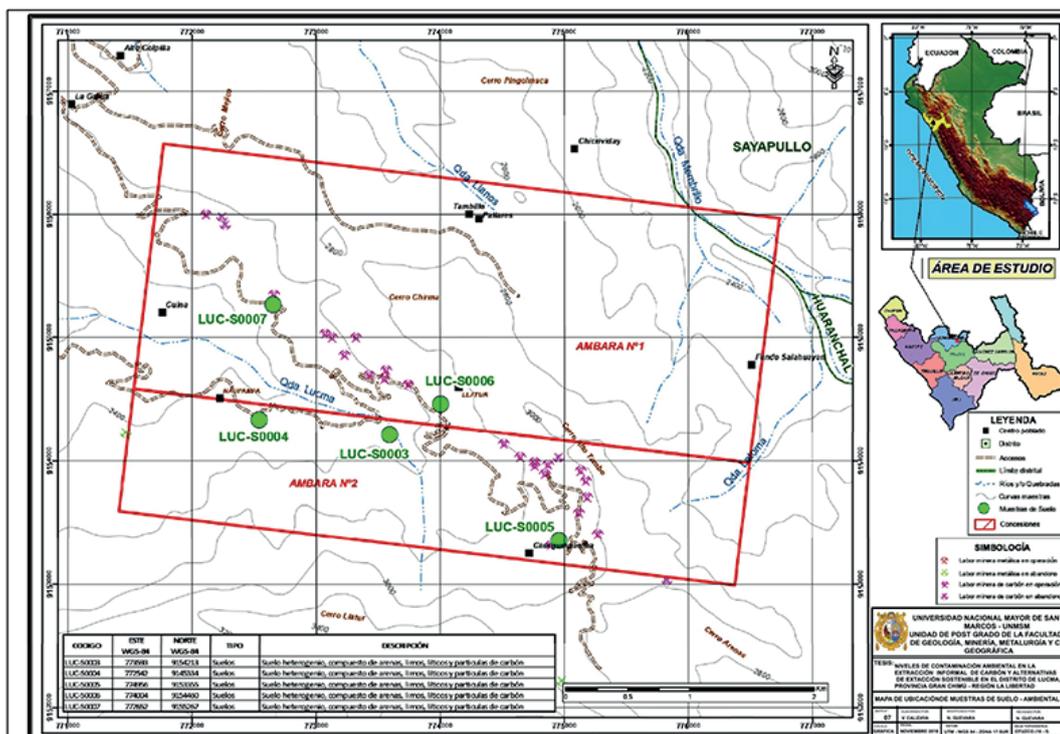


Figura 7. Mapa de ubicación de muestras de suelo

Tabla 5. Calidad del suelo comparados con los (ECA) Estándares de Calidad Ambiental - Peruana

Estacion de Monitoreo	Perú (RM 011 -2017-MINAM)	S1	S2	S3	S4	S5	Limite de detección
Fecha		03/02/18	03/02/18	29/06/18	29/06/18	29/06/18	
Hora		11:15	10:41	12:45	13:45	15:05	
Tipo	Comercial/Industrial/extractivo de muestra	Suelos	Suelos	Suelos	Suelos	Suelos	
Hg	24	0.28	0.20	0.22	0.08	0.33	0.01
As	100	9.5	70.8	8.2	3.3	6.3	0.2
Ba	2000	18	64	28	8	38	1
Cd	22	<0.3	0.5	<0.3	<0.3	3.1	0.3
Cr	1000	3.9	9.1	5.4	1.6	4.2	0.3
Pb	800	6.9	36	11.5	4.7	13.3	0.3

Fuente: MINAM, 2013. Resultados - CERTIMIN

Tabla 6. Calidad del suelo comparado con la normativa peruana y holandesa

Estación de Monitoreo	S1	S2	S3	S4	S5	National Background Concentration (BC)	Método	Perú (RM 011-2017-MINAM)	Holanda
Fecha	03/02/18	03/02/18	29/06/18	29/06/18	29/06/18			Comercial/industrial/ extractivo	National Background Concentration (BC)
Hora	11:15	10:41	12:45	13:45	15:05				
Tipo	Suelos	Suelos	Suelos	Suelos	Suelos				
Hg	0.28	0.20	0.22	0.08	0.33	0.3	MA0370	24	0.3
As	9.5	70.8	8.2	3.3	6.3	29	MA1124	140	29
Ba	18	64	28	8	38	160	MA1124	2000	160
Be	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	1.1	MA1124		1.1
Cd	<0.3	0.5	<0.3	<0.3	3.1	0.8	MA1124	22	0.8
Co	9.24	33.01	4.58	1.93	4.4	9	MA1124		9
Cr	3.9	9.1	5.4	1.6	4.2	100	MA1124	1000	100
Cu	11.5	35.9	10.1	6.19	9.63	36	MA1124		36
Mo	0.27	0.72	0.41	<0.09	0.36	0.5	MA1124		0.5
Ni	6	9	<1	<1	<1	35	MA1124		35
Pb	6.9	36	11.5	4.7	13.3	85	MA1124	800	85
Sb	11	124	<5	<5	<5	3	MA1124		3
Se	<0.9	<0.9	<0.9	<0.9	<0.9	0.7	MA1124		0.7
Sn	<10	<10	<10	<10	<10	19	MA1124		19
Tl	0.17	0.36	0.32	0.24	0.23	1	MA1124		1
V	15	48	21	5	21	42	MA1124		42
Zn	38.9	113.3	30.4	15.9	42.7	140	MA1124		140

V. AGRADECIMIENTOS

Mi fraterno agradecimiento va dirigido a profesionales amigos e instituciones: Mg. Carlos Del Valle Jurado, quien ayudo a encaminar el trabajo de investigación con aportes y permanente dedicación; a la Dra. Silvia del Pilar Iglesias León, quien me supo guiar, corregir, sugerir e implementar cambios muy valiosos en la investigación; al Mg. Mariano Pacheco Ortiz, quien sugirió y recomendó realizar cambios en el presente trabajo. Finalmente, al Ing. Ronier Arévalo M, jefe del área de medio ambiente de la Municipalidad

de Lucma por el apoyo en enviar análisis y resultados de muestras de agua realizadas en los años 2016, 2017 y 2018.

VI. CONCLUSIONES

1. La determinación de los elementos de contaminación ambiental generados por la extracción informal de carbón en el distrito de Lucma ha permitido conocer los elementos de contaminación que hay en el sector mediante un análisis de cinco muestras de agua y

cinco muestras de suelos respectivamente.

2. Los Impactos en el agua para consumo poblacional por contaminación Ambiental en la Extracción Informal de carbón en el distrito de Lucma, recaen en 2 elementos principales que son el (Al) y el hierro (Fe), basado en los estándares de calidad ambiental (ECA) del MINAM, mientras que para las aguas correspondiente a bebida de animales y riego de vegetales los valores se encuentran por debajo de los límites considerados.
3. Los impactos en los suelos y basados en (ECA) del MINAM están por debajo de los límites permisibles por los que no son considerados para este fin, más bien nos hemos basado en la normativa holandesa por ser la más referente y adecuada en cuanto a su litología y presencia carbonífera con el distrito de Lucma e indica los elementos contaminantes en, As, Cd, Co, Hg, Sb y V. (Crommentuijn et al.1997).
4. La apertura de labores subterráneas se realiza indistintamente sin contar con un soporte técnico profesional, no se hace uso adecuado de explosivos ni de implementos de seguridad, no existe un control aparente para minimizar el material particulado, la comercializar el carbón no es adecuado ni legal y no existe un control rígido de mineral.
5. Los elementos contaminantes generados por la extracción informal de carbón en el distrito de Lucma deben ser analizados y permanentemente evaluados mediante monitoreos periódicos, una constante supervisión y un debido control por la presencia de sulfuros, hierro, aluminio, hierro, material particulado y otros elementos causantes de la contaminación ambiental.
6. Los elementos de contaminación ambiental en la extracción informal de carbón en el distrito de Lucma, como el aluminio (Al) y hierro (Fe) en el uso de agua poblacional deben ser analizados y evaluados con la finalidad de realizar trabajos de remediación coordinados por las entidades responsables de manera oportuna a pesar que la actividad de agua en el sector es mediante pequeños riachuelos tributarios de la quebrada principal Lucma.
7. Se propone que el MINAM revise legal y técnicamente la normativa peruana que fue promulgada en marzo de 2013 (suelos, industrial /extractivo) en cuanto a los ECAs, compartiendo con mayores elementos que generan un potencial impacto negativo en la salud y el ambiente, similar al de los países vecinos como Chile y Argentina u otros países europeos, basado en nuestras propias características y variedad de suelos de nuestro país.
8. Para establecer una extracción minera sostenible, responsable y reducción de la contaminación ambiental en el distrito de Lucma, se recomienda aperturar adecuada y técnicamente labores subterráneas en zonas aparentes, uso apropiado

de explosivos e implementos de seguridad, control y minimización de material particulado, la comercialización de carbón debe ser manejado técnica, comercial y legalmente, aplicación y control rígido de mineral para beneficio local y provincial del sector.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Benavides, V. (1956) *Cretaceous System in Northern Peru*. In: Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.108, p. 252-494. Recuperado de <http://digitalibrary.amnh.org/handle/2246/1023>
- Carrascal, R. y Matos, C. (2000). *Boletín N° 7, Serie B: Geología Económica – INGEMMET, Carbón en el Perú*. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/234>
- Cassassuce, F. (2016). Aluminio en el Agua y sus Efectos a la Salud, 2–4. Retrieved from <https://www.agualimpia.mx/blogs/news/144060167-aluminio-en-el-agua-y-sus-efectos-a-la-salud>
- Cossío Navarro, Aurelio; Jaén La Torre, Hugo (1967). *Boletín N° 17 Geología de los cuadrángulos de Puemape, Chocope, Otuzco, Trujillo, Salaverry y Santa*. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/134>
- Crommentuijn, T., Polder, M.D. & Van de Plasche, E.J. (1997). *Maximum Permissible Concentrations and Negligible Concentrations for metals. Taking Background Concentrations into account*. National Institute of Public Health and the Environment Bilthoven, The Netherlands, pp. 260. Recuperado de <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/601501001.pdf>
- Encina, A. (2019) Efectos nocivos del aluminio en el suelo. Artículo de *ABC Rural*. Recuperado de <https://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/abc-rural/efectos-nocivos-del-aluminio-en-el-suelo---prof-dr-arnulfo-encina-rojas--1509421.html>
- Kerlinger, F. (2002). *Investigación del Comportamiento-IV Edición*. Recuperado de https://www.academia.edu/6753714/Investigacion_Del_Comportamiento_-_Kerlinger_Fred_N_PDF
- Lenntech B.V. (2019). *Altas concentraciones de aluminio en el agua*. Propiedades químicas del Aluminio, Efectos del Aluminio sobre la salud, Efectos ambientales del Aluminio Recuperado de <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/al.htm#ixzz63eqmGVM0>
- Mendiola, A. et al (2013). *Explotación del carbón antracita: viabilidad del yacimiento Huayday-Ambara*. Repositorio Institucional Universidad ESAN. Recuperado de <http://repositorio.esan.edu.pe/handle/ESAN/129>
- Ministerio del Ambiente (2013). ECA del suelo Resolución Ministerial 012-2017 – MINAM, comprende aspectos de evaluación y remediación. Recuperado de http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/ds_012-2017-minam.pdf
- Ministerio del Ambiente (2017). Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del agua del 2017 para las categorías 1 y 3. Decreto Supremo N° 004 -2017 – MINAM. Recuperado de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>

Reyes L. (1980). Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Boletín N° 31 *INGEMMET*, Ser. A Carta Geológica Nacional. 67 pp. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/150>

Stappenbeck R. (1929). Geologie des Chicamatales in Nordperu und seiner Anthracitlagerstätten. N.Jb. *Geol. Pal.*, Stuttgart, Abh., 16, H.4, p: 305-355.