

# CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA Y CARACTERIZACIÓN DE RETENCIÓN DE PLOMO EN LOS SUELOS DEL CAMPO EXPERIMENTAL YACHAY

“PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERIZATION AND CAPACITY OF LEAD RETENTION IN THE SOILS OF THE EXPERIMENTAL FIELD YACHAY”



Sánchez-Gómez, Viviana<sup>1</sup> / vpsanchez1@espe.edu.ec / Carrera-Villacrés, David<sup>1,3</sup> / dvcarrera@espe.edu.ec / dvcarrera@uce.edu.ec / Guevara-García, Paulina<sup>2</sup> / pvguevara@espe.edu.ec Bolaños-Guerrón, Darío<sup>1</sup> / drbolanos@espe.edu.ec

<sup>1</sup>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción, Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente, Grupo de Investigación en Contaminación Ambiental GICA. Sangolquí, Pichincha, Ecuador.



<sup>2</sup>Universidad de Santiago de Compostela, Departamento de Edafología y Química Agrícola, La Coruña, Galicia, España.

<sup>3</sup>Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiente, Carrera de Ingeniería Ambiental, Quito, Pichincha, Ecuador.

## RESUMEN

Yachay es una Institución de Educación Superior y parque tecnológico, en el cual se generarán proyectos de energía solar a través de paneles fotovoltaicos. Este proceso puede generar la contaminación por Plomo en los suelos, esto es posible en vista de que la mayoría de baterías que almacenan la energía solar son fabricadas con éste metal. La caracterización físico-química del suelo permite obtener información de sus propiedades. El objetivo de este trabajo fue caracterizar los suelos con parámetros como el pH, humedad, conductividad eléctrica, densidad real y aparente, porosidad y materia orgánica; también se planteó relacionar la biodisponibilidad y toxicidad del Plomo para generar bases para futuros planes de control y contaminación de suelos agrícolas de la zona. Se utilizó el método de zig-zag seleccionando 10 puntos de muestreo georeferenciados en coordinación con la dirección de Gestión Ambiental de Yachay. Para la representación de estos datos se utilizó la interpolación IDW. El pH resultó de 8.14 promedio, el contenido de humedad estuvo asociado a un suelo franco-arenoso, la conductividad eléctrica fue 0,72 dS m<sup>-1</sup>, la materia orgánica indicó suelos aptos para la agricultura. Se diseñó un experimento de contaminación por Plomo en el suelo y se realizaron isotermas de adsorción. Así, los suelos de Yachay presentaron una textura franco-arenosa, los procesos de lixiviación y retención de Plomo fueron bajos, un 15% de retención de plomo indicó que el plomo no se fija en los suelos de Yachay.

**Palabras clave:** Contaminación; lixiviación; Langmuir.

## ABSTRACT

Yachay is a University and a technological park, there will generate solar energy projects through photovoltaic panels. This process could generate Lead contamination in soil because the most of batteries that store solar energy contain this metal. Physical-chemical characterization of soil allows to obtaining extensive information of its properties. The objectives of this work were to characterize soils with parameters such as pH, humidity-

ty, electrical conductivity, actual and apparent density, porosity and organic matter; It was also proposed to relate the bioavailability and toxicity of lead to generate bases for future plans for control and contamination of agricultural soils in the area. The zig-zag method was used by selecting 10 geo-referenced sampling points in coordination with the Yachay Environmental Management. The IDW interpolation was used to represent these data. The pH resulted from 8.14 average, the moisture content was associated with a sandy-loam soil, Electrical Conductivity was 0.72 dS m<sup>-1</sup>, and organic matter indicated soils suitable for agriculture. A Lead contamination experiment was designed in the soil and adsorption isotherms were performed. Thus, the Yachay soils presented a sandy-loam texture, the leaching and retention processes of Lead were low, a 15% Lead retention indicated that the Lead is not fixed in soils of Yachay.

**Key words:** Contamination; Leaching; Langmuir.

### 3 INTRODUCCIÓN

El campo experimental de Yachay se encuentra la región 1 del Ecuador, cantón San Miguel de Urququí en Imbabura. Es un centro de investigación y educación superior. Alrededor de 1.000 hectáreas están destinadas al desarrollo de agricultura experimental y agroindustria, que apuntalan al cambio de la matriz productiva en esta Zona del Ecuador [1].

En La ciudad del conocimiento Yachay se generarán proyectos de energía solar a través de paneles fotovoltaicos, así, la contaminación por plomo en los suelos puede ocurrir pues la mayoría de baterías que almacenan la energía solar son fabricadas con éste metal.

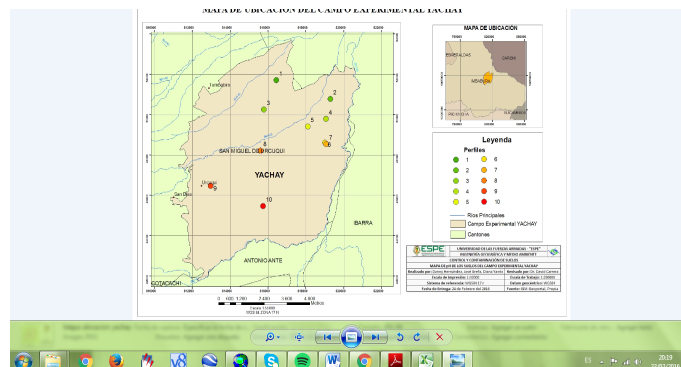
Los metales pesados se encuentran generalmente como componentes naturales de la corteza terrestre, en forma de minerales, sales u otros compuestos. No pueden ser degradados o destruidos fácilmente de forma natural o biológica ya que no tienen funciones metabólicas específicas para los seres vivos [2]. Los metales pesados como el Plomo son peligrosos porque tienden a bioacumularse en diferentes cultivos.

La bioacumulación significa un aumento en la concentración de un producto químico en un organismo vivo en un cierto plazo de tiempo, comparada a la concentración de dicho producto químico en el ambiente [3]. Mediante un estudio de pH-Eh se puede mostrar la estabilidad de los compuestos metálicos y proporcionar un método fácil para predecir el comportamiento de los metales pesados frente a un cambio de las condiciones ambientales.

El objetivo de esta investigación fue caracterizar los suelos del campo experimental Yachay, por medio del análisis de parámetros físicos y químicos en 10 perfiles y una muestra compuesta. Los parámetros utilizados fueron: pH, humedad, conductividad eléctrica (CE), densidad real, aparente, porosidad y materia orgánica y, relacionar la biodisponibilidad y toxicidad del Plomo desde el punto de vista agrícola para una línea base de futuros planes de control y contaminación de suelos.

### 4 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 4.1 DESCRIPCIÓN DE ÁREA DE ESTUDIO



**Figura 1.** Mapa de ubicación puntos de muestreo de la subcuenca del río Ambiente

#### 4.2 MÉTODOS

En este trabajo se realizó diez perfiles del suelo a 20cm de profundidad y una muestra compuesta, resultado de la mezcla de las diez mencionadas. Los extractos acuosos suelo-agua fueron 1:5, 1:10 y saturación 1~0.2-0.6. En la Tabla 1 se presenta la metodología de los parámetros físicos y químicos medidos en las once muestras de suelo del campo experimental Yachay.

**Tabla 1.** Determinaciones físico- químicas en el suelo del campo experimental Yachay

PARÁMETRO	MÉTODO	REFERENCIA
pH	pH-métro Marca: HACH	APHA-4500 HB
CE	Conductímetro Marca: HACH	APHA-2510.B
Densidad real	Picnómetro	NOM-021-RECNAT-2000
Densidad aparente	Probeta	Gandoy, 1999
Residuo Seco Evaporado	Gravimetría utilizando estufa	NOM-AA-341981 Procedimiento B
Residuo Seco Calcinado	Gravimetría utilizando mufla	NOM-AA-341981
Potencial Redox (Eh)	Marca: HACH	APHA-4500 HB
Plomo	Espectrofotómetro Analyst 200	NOM-AA-2354

### 4.3 ELABORACIÓN DE ISOTERMAS

Las isotermas se elaboraron de acuerdo a la teoría que explica la Ref. [5]. Se incorporó Plomo al suelo y se obtuvieron los extractos, después, se obtuvieron las curvas de lixiviación y se calculó el Plomo fijo de cada muestra en mg 100g<sup>-1</sup>, finalmente, se tabularon los datos y se determinó la ecuación que se ajustó al modelo [6].

### 4.4 ELABORACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS

Los mapas temáticos se realizaron en base a la metodología propuesta en la Ref. [7]. Para el análisis de los resultados y elaboración de los mapas se utilizó el extracto de saturación pues es considerado como el medio que da la mejor representación de las condiciones actuales del suelo con respecto al ambiente [8].

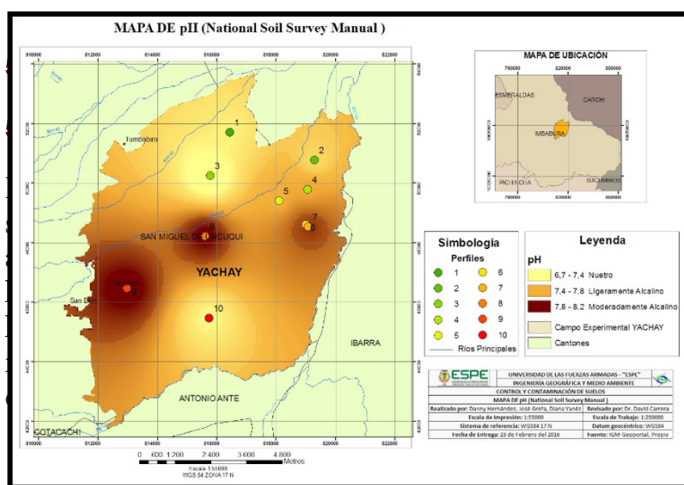


Figura 2. pH del campo experimental Yachay

Tabla 2. Valores de CE.

PERFILES	CE (dS m <sup>-1</sup> )			PERFILES	CE (dS m <sup>-1</sup> )		
	Saturación	1:5	1:10		Saturación	1:5	1:10
1	1.02	0.19	0.13	6	0.62	0.17	0.14
2	0.7	0.11	0.13	7	0.636	0.38	0.13
3	0.75	0.10	0.09	8	0.92	0.21	0.15
4	1.1	0.24	0.19	9	0.83	0.09	0.06
5	0.8	0.15	0.11	10	0.77	0.10	0.07
6	0.62	0.17	0.14	MC	0.3	0.18	1.77

### 5.3 DENSIDAD REAL. DENSIDAD APARENTE. POROSIDAD

Los datos obtenidos en los diferentes perfiles del campo experimental de Yachay de densidad real, aparente y porosidad están representados en la Tabla 3.

De acuerdo la NORMA Oficial Mexicana, Ref. [9] se establece que los suelos ubicados en una densidad aparente de 1.0 a 1.9 g cm<sup>-3</sup>, son suelos arcillosos. 1.2 a 1.32 g cm<sup>-3</sup> francosos y mayores de 1.32 g cm<sup>-3</sup> arenosos. Los datos obtenidos están dentro del rango de suelos minerales francosos.

El resultado de porosidad se encuentran en un rango de 45.85% a 46.32%, pertenecen a un suelo de textura franca, y según la Ref. [12] el suelo tiene una porosidad mediana y textura de tipo de suelo franca.

Perfiles	Densidad aparente (g cm <sup>-3</sup> )	Densidad real (g cm <sup>-3</sup> )	Porosidad	Perfiles	Densidad aparente (g cm <sup>-3</sup> )	Densidad real (g cm <sup>-3</sup> )	Porosidad
1	1.28	2.32	42.55	7	1.31	2.40	45.50
2	1.35	2.34	42.32	8	1.32	2.23	40.85
3	1.47	2.26	34.95	9	1.35	2.43	44.40
4	1.28	2.40	46.58	10	1.28	2.44	47.45
5	1.32	2.35	44.00	Mc	1.32	2.23	40.85
6	1.25	2.32	46.32	-	-	-	-

### 5.4 HUMEDAD

Las muestras correspondientes a los suelos característicos del cantón Urcuquí se obtuvieron en Octubre del 2014, los valores de humedad se muestran en la Tabla 4.

Los suelos de la ciudad del conocimiento Yachay fueron clasificados como arenoso franco ya que su capacidad de campo correspondió a un 14% [13]. Este valor indicó una infiltración baja. Como consecuencia el exceso de agua reduce el crecimiento al arrastrar los nitratos a una profundidad superior al alcance de las raíces de los cultivos, y al desplazar el aire contenido en el interior del suelo provoca la escasez de Oxígeno en las raíces [14].

### 5.2 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La concentración total de sales solubles en las agua de riego con fines de diagnóstico y clasificación se puede expresar en términos de CE [11]. En el caso de los suelos de Yachay los valores varían en un rango de 0.093-1.778 dS m<sup>-1</sup> (ver Tabla 2.). Estos resultados afirman que los suelos no presentan ningún tipo de problema para agricultura.

La variabilidad de la CE resultó muy baja en cada uno de los perfiles, siendo esta desde 0,06 hasta 1,1dS.m<sup>-1</sup> exceptuando el extracto de saturación de la muestra compuesta cuyo valor es el más alto siendo éste de 1.778 dS m<sup>-1</sup>.

El agua que circula por el suelo al estar en contacto con elementos potencialmente tóxicos como As, Pb, Cd, Hg, bajaría el pH de la misma y afectaría a los cultivos. Por ello la humedad cumple un papel importante en estudios de contaminación de este recurso, mientras mayor sea la humedad existirá mayor movilidad de los elementos que posee el suelo o externos al mismo lo que implica consecuencias negativas a nivel de productividad de la planta o de contaminación del ecosistema [13].

**Tabla 4. Medición de la humedad en el extracto de saturación.**

Perfiles	Saturación Humedad (%)	Perfiles	Saturación Humedad (%)
1	16.00	6	13.00
2	11.00	7	22.00
3	7.85	8	3.00
4	8.60	9	2.00
5	9.73	10	8.60

### 5.5 MATERIA ORGÁNICA (MO)

El valor máximo fue de 0.70% en el perfil 7 y un mínimo de 0.47 % en el perfil 8. En general los contenidos de MO dentro de los perfiles a una profundidad de 20 cm no tienen una amplia variación porque los diversos factores como pH del suelo, tipo de vegetación, humedad, usos del suelo presentan las mismas características. Sobre todo para suelos de uso agrícola su porcentaje de materia orgánica varía entre 0.5-8% en los primeros 10-20 cm [15].

De acuerdo a la Tabla 5 son suelos pobres en materia orgánica con concentraciones máximas en el horizonte superficial y con un patrón decreciente en profundidad [12].

**Tabla 5. Valores de MO expresada en los Perfiles de Yachay**

Perfiles	MO %			Perfiles	MO %		
	Saturación	1:5	1:10		Saturación	1:5	1:10
1	0.42	0.13	0.100	7	0.70	0.07	0.099
2	0.56	0.23	0.098	8	0.47	0.12	0.085
3	0.60	0.26	0.140	9	0.53	0.27	0.209
4	0.38	0.12	0.066	10	0.57	0.25	0.183
5	0.55	0.17	0.116	Mc	0.56	0.16	0.12
6	0.64	0.15	0.090	-	-	-	-

### 5.6 ISOTERMAS

Se desarrollaron varios modelos para cuantificar la cantidad máxima de Plomo que puede ser adsorbida

sobre la superficie de los suelos del campo experimental Yachay. Para el análisis de la isoterma de adsorción se recurrió al modelo de Langmuir. Es de importancia tomar en cuenta el coeficiente de correlación lineal, dado que debe ser cercano a la unidad, para lo cual estos datos fueron comparados con las correlaciones lineales calculadas en las ecuaciones de Freundlich y Lineal [16]. El modelo de Freundlich escogido asume que las fuerzas intermoleculares disminuyen con la distancia, por tanto, predice que el Plomo, forma una monocapa sobre la superficie exterior del suelo [17].

El mejor modelo resultó el de Langmuir y concuerda con el estudio de [18].

Los resultados indican una baja capacidad de adsorción de Plomo estos suelos respecto a las concentraciones añadidas y su medición posterior. En Tabla 6 se aprecia el grado de retención de los perfiles estudiados, el cual se obtiene en la diferencia de la concentración añadida con la medida después en el equipo de adsorción atómica.

**Tabla 6. Porcentaje de Plomo retenido en el extracto suelo.**

Perfiles estudiados	% de Retención de Plomo en extracto Suelo
MC	14,63
3	13,74
4	25,38
9	14,48
10	16,74
Promedio	15,00

## 6. CONCLUSIONES

Los suelos de la ciudad del conocimiento Yachay al ser analizados presentaron un promedio de pH de 8.14, es decir, son suelos ligeramente alcalinos. La humedad varió entre el 13 al 21% lo que significó suelos de textura franco-arenosos y con alta movilidad a los elementos potencialmente tóxicos en el caso de una contingencia ambiental. Con respecto al promedio de la densidad real, aparente y porosidad fue de 2.32 g cm<sup>-3</sup>, 1.31 g cm<sup>-3</sup> y 43% respectivamente corroborando que es un suelo franco. La CE varió entre 1.778 dS m<sup>-1</sup> en la muestra compuesta y 0.07 dS m<sup>-1</sup> en el perfil 10, afirmando un suelo sin problemas. La MO en promedio fue de 0.54%, son suelos pobres. El análisis en relación al Plomo permitió identificar el tipo de adsorción que tiene este metal pesado, Langmuir fue el que mejor se ajustó. Existió una menor adsorción en las primeras concentraciones estudiadas que luego incrementaron. Debido a la textura franco-arenosa de los suelos de Yachay su lixiviado no se da con facilidad al igual que la retención de Plomo en el suelo. En el tramo final del experimento se obtuvo el 15%

de retención de Plomo en el suelo, lo cual indica una baja fijación de éste metal que implica un problema para las poblaciones que se ubican en la parte baja.

## 7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] YACHAY-Ciudad del Conocimiento. 2012. Obtenido en línea: <http://www.yachay.gob.ec/yachay-area-academica/>
- [2] Angelova V., Ivanova. R., Delibaltova. V. and Ivanov. K. 2004. Bio-accumulation and distribution of heavy metals in fibre crops (flax, cotton and hemp).
- [3] Álvarez. M., Beltrán. R.I., Prieto. F. and Poggi. H. 2005. A multivariate analysis of the accumulation and fractionation of major and trace elements in agricultural soils in Hidalgo State, Mexico irrigated with raw wastewater. Environmental International. Obtenido en línea: 0160-4120-D 2004 doi:10.1016/j.envint.2004.08.002.
- [4] INAMHI. 2014. Red de estaciones meteorológicas. Obtenido en línea: <http://186.42.174.236/InamhiEmas/>
- [5] Hu, A y Apblett, A. 2014. Nanotechnology for water treatment and purification. Springer. p. 385
- [6] Carrera-Villacrés, D., Ortega, H., Ramírez J., Crisanto, T. Mayorga, E. 2014. Extracción de sales solubles en la cuenca de río Verde-Matehuala, San Luis Potosí, México. En Retos y Oportunidades en la Ciencia del Suelo. Impreso en España. pp. 161- 164
- [7] Soriano M. A. 1995. Methodology for elaboration of a hazard map of alluvial doline. Dpto. de Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, (3.3), 184-190.
- [8] SIAN (Sistema de Información Agrícola Nacional). 1985. FONAIAP Divulga. Revista. Venezuela. Obtenido en línea: [http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/manuales\\_suelos/metodos\\_analiticos\\_suelos/VIII.pdf](http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/manuales_suelos/metodos_analiticos_suelos/VIII.pdf)
- [9] NORMA Oficial Mexicana NOM-021-REC-NAT-2000. 2002. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Segunda sección: 13-15.
- [10] Valbuena G., Martínez L., Henao R. 2008. Spatial variability of soil properties and yield relationship in a mango crop. Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal - SP. v. 30. n. 4. p. 1146-1151
- [11] Carrera D. 2011. Salinidad en suelos y aguas superficiales y subterráneas de la cuenca evaporítica de Río Verde-Matehuala. San Luis Potosí. Montecillo. México.
- [12] USDA. 2011. Servicio de Conservación de Recursos Naturales. Obtenido en Línea [http://soils.usda.gov/sqi/assessment/files/pH\\_sq\\_chemical\\_indicator\\_sheet.pdf](http://soils.usda.gov/sqi/assessment/files/pH_sq_chemical_indicator_sheet.pdf)
- [13] Hurtado, M., 2013. SEMARNAT. Obtenido en línea: <http://relasc.org/relasc-docs-orden/menu-biblioteca/ponencias-de-eventos/mexico/foro-relasc-17-junio-2013/01-hurtado-nom-147.pdf>
- [14] Ibáñez J. 2006. El Potencial Redox de los Suelos. Obtenido en línea: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/01/28/83434>
- [15] Núñez J. 1981. Fundamentos de Ecología. . Costa Rica. Obtenido en línea: <https://books.google.com.ec/books?id=dpAcHU7xxoC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- [16] Schmuhl, R.; Krieg, H. M.; Keizer, K. 2001 Adsorption of Cu(II) and Cr(VI) ions by chitosan: Kinetics and equilibrium studies. Water SA.
- [17] Wong, Y. C.; Szeto, Y. S; Cheung, W. H.; MacKay, G. 2004. Adsorption of acid dyes on chitosan-equilibrium isotherm analyses. Process Biochemistry
- [18] Chamorro, A. F. y Sánchez, R. A. 2012. Estudio de la adsorción de plomo en suelos de la región minera en el distrito de Buenos Aires en el Departamento del Cauca, Colombia. p. 145-160

