



Contaminación de suelos por el uso de aguas residuales

Soil contamination through the use of wastewater

Contaminação do solo pelo uso de águas residuais

ARTÍCULO GENERAL

Juan de Dios Aguilar-Sánchez

juasajae@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5152-5665>

Docente de la Universidad Nacional
Autónoma de Chota, Cajamarca, Perú

Napoleon Cubas-Irigoín

napochotal@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5950-7525>

Docente de la Universidad Nacional
Autónoma de Chota, Cajamarca, Perú

Recibido 08 de Mayo 2021 | Arbitrado y aceptado 28 de Mayo 2021 | Publicado en 05 Junio 2021

RESUMEN

La contaminación de suelos por el uso de aguas residuales en los valles de las quebradas San Mateo, Colpa Mayo, San Juan y Río Chotano, surgió ante la necesidad demostrar que los suelos que utilizan aguas residuales para irrigar los cultivos están contaminados, la investigación tuvo como objetivo principal: demostrar el índice de contaminación de los suelos por el uso de las aguas residuales, la investigación fue de tipo experimental que consistió en recoger 5 muestras de terrenos de cultivo con el propósito de verificar el potencial de Hidrógeno (pH), Conductividad Eléctrica (C. E.), Fosforo (P), Potasio (K), Carbono (C), Materia Orgánica, Nitrógeno (N), el análisis mecánico, la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), cantidad de Calcio (Ca^{++}), magnesio (Mg^{++}), Potasio (K^+), concentración de Sodio (Na^+) e Hidruro de Calcio ($Ca^{++}+H^+$), los resultados relevantes destacan que la mayoría de muestras presentan concentraciones superpones de componentes químicos, a los propuestos por La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2013). En base a los datos se concluye que el exceso de pH encontrado en los suelos lo hace alcalino, el exceso de fosforo, potasio, carbono, materia orgánica y la regularidad del nitrógeno hace que los suelos no desempeñen sus funciones normales en el cultivo de la plantas y que los valores miliequivalentes por 100/g superan los límites permitidos la normatividad vigente.

Palabras clave: caracterización, cationes, composición, contaminación y suelo

ABSTRACT

The contamination of soils by the use of wastewater in the valleys of the San Mateo, Colpa Mayo, San Juan and Río Chotano streams arose from the need to demonstrate that the soils that use wastewater to irrigate crops are contaminated, the investigation had as main objective: to demonstrate the index of contamination of the soils due to the use of wastewater, the investigation was of an experimental type that consisted of collecting 5 samples of farmland with the purpose of verifying the potential of Hydrogen (pH), Conductivity Electrical (CE), Phosphorus (P), Potassium (K), Carbon (C), Organic Matter, Nitrogen (N), mechanical analysis, Cation Exchange Capacity (CEC), amount of Calcium (Ca^{++}), Magnesium (Mg^{++}), Potassium (K^+), Sodium concentration (Na^+) and Calcium Hydride ($Ca^{++} + H^+$), the relevant results highlight that the majority of samples present superimposed concentrations of chemical components, at those proposed by La Or organization of the United Nations for Food and Agriculture (FAO, 2013). Based on the data, it is concluded that the excess pH found in the soils makes it alkaline, the excess of phosphorus, potassium, carbon, organic matter and the regularity of nitrogen causes the soils not to perform their normal functions in the cultivation of the plants and that the milliequivalent values per 100 / g exceed the limits allowed by current regulations.

Keywords: characterization, cations, composition, contamination and soil

RESUMO

A contaminação dos solos pelo uso de águas servidas nos vales dos igarapés San Mateo, Colpa Mayo, San Juan e Río Chotano surgiu da necessidade de demonstrar que os solos que utilizam águas servidas para irrigar as lavouras estão contaminados, a investigação teve como objetivo principal : para demonstrar o índice de contaminação dos solos devido ao aproveitamento de águas residuárias, a investigação foi do tipo experimental que consistiu na coleta de 5 amostras de terras agrícolas com a finalidade de verificar o potencial de Hidrogênio (pH), Condutividade Elétrica (CE), Fósforo (P), Potássio (K), Carbono (C), Matéria Orgânica, Nitrogênio (N), análise mecânica, Capacidade de Troca Catiônica (CEC), quantidade de Cálcio (Ca^{++}), Magnésio (Mg^{++}), Potássio (K^+), Concentração de Sódio (Na^+) e Hidreto de Cálcio ($Ca^{++} + H^+$), Os resultados relevantes destacam que a maioria das amostras apresenta concentrações sobrepostas de componentes químicos, às propostas por La Or organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2013). Com base nos dados, conclui-se que o excesso de pH encontrado nos solos o torna alcalino, o excesso de fósforo, potássio, carbono, matéria orgânica e a regularidade do nitrogênio fazem com que os solos não desempenhem suas funções normais no cultivo da plantas e que os valores miliequivalentes por 100 / g excedem os limites permitidos pela regulamentação em vigor.

Palavras-chave: caracterização, cátions, composição, contaminação e solo

1. Introducción

La contaminación de suelos en los valles de los ríos se produce como consecuencia del uso de aguas residuales en las actividades agrícolas en las diversas partes del planeta, las aguas provenientes de los desagües, industrias, relaves mineros que se vierten en las quebradas y ríos, transportan coliformes totales, fecales y enterobacterias, componentes físicos y químicos que al utilizarse el agua en el riego, los componentes se concentran en los suelos, alteran su composición, degradándolo y haciéndolo no apto para el cultivo. Ibañez (2018) manifiesta que los suelos se ven contaminados cuando el pH está por encima de 8.5 como producto del incremento de sales sódicas y potásicas o menor a 4.5 muy ácidos por la pobreza de nutrientes, la contaminación de los suelos se da por efecto de las actividades humanas, el excesivo uso de fertilizantes, fosfatos, nitratos o sustancias radioactivas que transportan las aguas residuales ya sea proveniente de la industria, desagües o el uso de fungicidas en la actividad agrícola; en consecuencia la contaminación de los suelos se caracteriza por la pérdida de materia orgánica o la alteración de los componentes físicos y químicos a causa del uso de aguas residuales en el riego.

La contaminación de los suelos en los valles de los ríos y quebradas de Latino América, se propicia por el uso de las aguas residuales provenientes de las diversas actividades humanas, la concentración física y química que arrastran se almacenan en los suelos, haciéndolo áridos y contaminados que necesariamente necesitan de tratamiento para ser utilizados en la agricultura. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2018) señala que:

... el 14 % de degradación de suelos en el mundo se da en Latino América y el Caribe, siendo Mesoamérica el territorio más afectado con 26 %, América del Sur 14 %, siendo las principales causas la salinización, la pérdida de carbono orgánico y la erosión de los suelos, originados por la explotación de recursos minerales, forestales, el agua, agroquímicos que aporta entre el 20 % y 40 % de suelos degradados. (párr. 7).

Estos efectos son producidos por diversas actividades que desarrolla el hombre en la naturaleza, donde los principales desechos y compuestos químicos que produce, son arrojados en las periferias de los suelos, que luego son arrastradas por las aguas de las lluvias y residuales a las quebradas y ríos, que al ser utilizadas en el riego se concentran en los suelos y alteran la composición física y química, degradándolo y haciéndolo no apta para las actividades agrícolas.

La contaminación de los suelos en el Perú no es ajena al ámbito latinoamericano, es un país minero, agrícola y con gran cantidad de recursos forestales, y agua, sin embargo es la población quien lo utiliza de manera irresponsable, haciendo que los residuos sólidos, orgánicos o líquidos vayan a contaminar las aguas de quebradas y ríos, que al ser utilizadas en el riego, los componentes físicos y químicos se concentran en los suelos propiciando la contaminación, que no solo trae consecuencias graves para la producción agropecuaria de los valles, sino que perjudica la salud de quienes lo consumen. Marjani & Sagasta (2018) resalta que en el suelo:

Las aguas residuales para riego añaden nutrientes, sólidos disueltos, sales y metales pesados al suelo. Con el tiempo pueden acumularse cantidades excesivas de estos elementos en la zona de raíces, lo que puede ser perjudicial para el suelo. El uso de aguas residuales a largo plazo podría ocasionar en el suelo: salinidad, sobresaturación, desintegración de su estructura, una reducción generalizada de su capacidad productiva y reducir el rendimiento de los cultivos. Las consecuencias dependerán de factores como la fuente, la intensidad del uso y la composición de las aguas residuales, así como de las propiedades del suelo y las características biofísicas propias de cada cultivo. (p. 78)

Los datos demuestran que la acumulación de elementos químicos orgánicos e inorgánicos en las aguas residuales que se transportan en las quebradas y ríos por efecto de la actividad minera, industrial y actividad humana contamina los suelos de los valles cuando se utiliza en el riego, la producción constituye un peligro para la salud de los seres vivos.

Cajamarca por ser una región productora de minerales, parte de sus suelos se ven contaminados con elementos químicos provenientes de los relaves, que son arrojados a las aguas naturales de los ríos, y estas al mezclarse y ser utilizadas como riego en los diversos valles de cultivo se van acumulando en los suelos haciéndolo infértiles, por otro lado el uso de las aguas residuales que proviene de las ciudades en su recorrido recogen desagües y residuos sólidos que al descomponerse, contaminan el agua y su uso en el riego contaminan el suelo. El diario de Noticias Ser (2015) hace constar que en Cajamarca diariamente se recogen 140 toneladas de residuos sólidos: “Los sólidos al interior de las aguas van produciendo peligrosos compuestos químicos, mientras que las aguas residuales van concentrando coliformes” (párr. 1). Lo expuesto determina que los valles de las quebradas y ríos de la región concentran aguas servidas con residuos sólidos, cuya descomposición no solo contamina los suelos y las plantas donde se utiliza como riego, sino que pone en grave riesgo la salud de las personas que consuman la producción agrícola.

Los valles de las quebradas y ríos aledaños a las ciudades en la provincia, se ven contaminados por las acciones irresponsables del hombre, se tiene problemas de contaminación de producción, ya sea por el uso de fertilizantes, pesticidas, sales, sedimentos, metales, materia orgánica, patógenos y contaminantes emergentes que conducen las aguas residuales y que al utilizarse en el riego se acumulan en los suelos contaminándolo, este efecto se observa en los valles de las quebradas San Mateo, San Juan, Colpa Mayo y el mismo río Chotano, donde sus suelos se ven alterados por la presencia de componentes físicos y químicos que contaminan la producción, ante el problema la investigación trata de demostrar el índice de contaminación que presentan los suelos por efecto de las aguas residuales.

En el marco teórico de la investigación, se resaltan como antecedentes a los estudios hechos por Guadarrama & Galván (2015), resalta que el crecimiento de la población y el desarrollo industrial en las ciudades sobreexplota el agua y el suelo propiciando su contaminación a través de la proliferación de aguas residuales y residuos sólidos que lamentablemente contaminan los suelos al ser utilizados como riego en la agricultura. Rodríguez, McLaughlin, & Pennock (2019) en su estudio resaltan que en el mundo unos 22 millones de hectáreas de suelos están contaminados, es así que en China el 19 % de los suelos estarían contaminados, en Europa existirían unos 3 millones de emplazamientos contaminados, en los Estados Unidos habrían unos 1 300 emplazamientos de contaminación y en Australia unos 80 000 emplazamientos de contaminación, ante los resultados se hace necesario la urgente intervención de las organizaciones internacionales para detener la contaminación de los suelos. Mendoza (2018), en la investigación de Evaluación fisicoquímica de la calidad del agua superficial en el Centro Poblado de Sacsamarca, región Ayacucho, los fosfatos presentan 1.51 ppm, el arsénico 0.13 ppm, los cuales demuestran que hay una importante concentración de arsénico en el río Caracha, y que su utilidad en el riego contamina los suelos, los resultados significan una alerta para las autoridades porque este parámetro es un indicador de eutrofización y contaminación. Larios, Gonzales y Morales (2015) manifiesta que el 70% de aguas residuales en el país no tienen tratamiento, y constituyen un riesgo para ser utilizados en el riego artesanal, concentran altos índices de componentes físicos y químicos que contaminan los suelos, de las 143 plantas de tratamiento residual, solo el 14 % cumplen con los parámetros establecidos en la normatividad vigente. Soriano (2018), señala que en el análisis de las 3 muestras de aguas subterráneas se encuentran estándares no aceptables para el uso de riego de verduras, ni para el consumo de las personas y animales, al encontrarse excesiva

cantidad de coliformes totales y termotolerantes, tendría que tratarse antes de ser utilizada. Díaz & Medina (2018), determinan que hay mayor concentración de Magnesio (Mg) en las plantas con 2997 mg/kg, la planta que retuvo más metales fue el cacalioides ambos grupos, el metal que más se acumula en los suelos es el hierro con 65020 mg/kg en el punto de muestra 2, demuestra que, si el suelo concentra gran cantidad de minerales, las plantas también lo acumulan. Huamaní (2018) en su estudio establece que el uso continuo de aguas servidas provoca el deterioro físico y químico de los suelos, al demostrar que con el análisis microbiológico existe elevada cantidad microbiana en el suelo y en el agua, estos se concentran también en los cultivos, por lo tanto concluye que con los resultados se debe informar a los agricultores fomentar las buenas prácticas agrícolas a fin de obtener una producción sana y sin contaminación. Por otra parte encuentra que las aguas al igual que los suelos presentan altas concentraciones de P, K, CaCO₃, metales pesados los cuales constituyen agentes contaminantes.

El desarrollo del estudio de la contaminación de suelos por el uso de aguas residuales fue necesario, porque la población de la ciudad de Chota necesita conocer el índice de contaminación de los suelos de los valles de las quebradas San Mateo, Colpa Mayo, San Juan y río Chotano, debido que las tierras de los valles aledaños a la ciudad son utilizados por los pobladores para la producción agropecuaria y los excedentes colocados en el mercado local.

El trabajo tuvo como objetivo general: demostrar el índice de contaminación de suelos por el uso de aguas residuales y como objetivos específicos: diagnosticar la caracterización de los suelos a causa del uso de las aguas residuales y determinar la acumulación de agentes contaminantes en los suelos de los valles de las quebradas San Mateo, Colpamayo, San Juan y Río Chotano por el uso de las aguas residuales provenientes de la zona urbana de Chota.

La fundamentación de las bases teóricas de la investigación se sustentan en los estudios hechos por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO, 2013) y Andrades y Martínez (2014), que consideran los siguientes parámetros para el estudio de la calidad de los suelos:

Cuadro 1. Estándares para calidad de los suelos

Indicadores	U. M	Clasificación	Valores de Calidad de los Suelos	
Parámetros	Hidrógeno	Unidad	Valor mínimo	Valor Máximo
pH (potencial de Hidrógeno)		Fuertemente ácido	<5,5	
		Moderadamente ácido	5,6	6,0
		Ligeramente ácido	6,6	7,0
		Neutro	7,1	7,8
		Ligeramente alcalino	7,9	8,4
		Moderadamente alcalino		
		Fuertemente alcalino	>8,5	
C.E. (Conductividad Eléctrica)	mS/m (milésima por metro)	No salino	<2	
		Ligeramente salino	2	4
		Salino	4	8
		Muy salino	>8	
P (Fosforo)	ppm (partes por millón)	Bajo	<7.0	
		Medio	7.0	14
		Alto	>14	
K (Potasio)	ppm	Bajo	<100	
		Medio	100	240
		Alto	>240	
C (carbono)	%	Normal	0,9	1,15
		Alto	>1,5	
M.O (Materia orgánica)	%	Bajo	<2.0	
		Medio	2	4

		Alto	>4.0	
N (Nitrógeno)	%	Muy pobre	0.00	0.10
		Pobre	0.10	0.15
		Medianamente ricos	0,15	0.25
		Ricos	0.25	0.30
		Muy ricos	>0.30	

Fuente: (FAO, 2013, Andrades y Martínez, 2014)

Para el análisis mecánico de los suelos y la capacidad de intercambio catiónico como base teórica se utilizó los indicadores establecidos por la FAO (2013) y los establecidos por Andrades y Martínez (2014), las cuales están en concordancia con las normas nacionales, tal como se detallan a continuación:

Cuadro 2. Composición mecánica de los suelos

Indicadores	U. M	Clasificación	Valores de Ca Suelos	
			Valor mínimo	Valor Máximo
Arena	%	Muy bajo	< 0.7	
		Bajo	0.7	1.2
		Normal	1.2	1.7
		Alto	1.7	2.2
		Muy Alto	>2.2	
Muy bajo	<1.0			
Análisis mecánico	%	Bajo	1.0	1.5
		Normal	1.5	2.0
		Alto	2.0	2.5
		Muy Alto	>2.5	

Arcilla	Muy bajo	<1.2	
	Bajo	1.2	1.7
	Normal	1.7	2.2
	Alto	2.2	3.0
	Muy Alto	>3.0	

CIC (Capacidad de intercambio Catiónico)	de meq/100g	Suelos arenosos	5	
		Suelos francos	5	15
		Suelos arcillosos	15	25

Fuente: (FAO, 2013 y Andrades y Martínez, 2014)

Los suelos estudiados por ser aprovechados para la producción agropecuaria utilizando las aguas residuales se presumieron que están contaminados, para el análisis de cationes cambiabiles de los suelos se tomaron las muestras correspondientes y los resultados se compararon con los indicadores establecidos por la FAO (2013) y Andrades & Martínez (2014), los parámetros se presentan en el cuadro de continuación:

Cuadro 3. Cationes cambiabiles de los suelos

Valores de Calidad de los Suelos				
Indicadores	U.	M	Clasificación	
Valor	Valor mínimo	Máximo		
Meq/100g	Normal	60	75	
<i>Ca</i> ²⁺ (Calcio)				
Meq/100g	Normal	15	20	
Cationes <i>Mg</i> ²⁺ (magnecio) Meq/100g Normal 3 7 cambiabiles <i>K</i> ₁ (Potasio)				
<i>Na</i> ⁺ (Sodio)	Meq/100g	Normal	>15	
<i>Al</i> ^{S++} (acidez)	Meq/100g	Normal	<5.5	

Fuente: (FAO, 2013, Andrades y Martínez, 2014)

2. Metodología

La investigación, se desarrolló en los valles de las quebradas, San Mateo, Colpa Mayo, San Juan y Río Chotano, ubicados en los alrededores de la ciudad de Chota, departamento de Cajamarca, el área de estudio partió del primer punto de muestra a 2388 m.s.n.m. de altitud en la quebrada Colpa Mayo, hasta 2302 m.s.n.m., en la unión con el Río Chotano, siguiendo el curso de 3 Km., hasta los 2257 m.s.n.m. en la desembocadura de la quebrada San Mateo, siguiendo el recorrido aguas arriba hasta los 2412 m.s.n.m., en el punto de encuentro con las aguas de la quebrada San Juan a 2360 m.s.n.m. recorriendo hasta los 2289 m.s.n.m.; la distancia total es de 10.03 Km.

Entre los materiales utilizados se destacan: 01 estación total, 02 prismas, 01 GPS satelital, 01 wincha de 5 metros, una brújula, 01 corrector, movilidad, esmalte y brochas para ir marcando los puntos de muestra y el perímetro de los terrenos de cultivo para el análisis de los suelos, para la recolección de muestras se utilizaron bolsas especiales llevadas al laboratorio para su respectivo análisis. El levantamiento topográfico se hizo ubicando los puntos de muestreo de las aguas residuales, estableciendo un radio de 50 por 30 metros de los terrenos de cultivo utilizados para la agricultura.

La investigación fue de tipo experimental, consistió en determinar la contaminación de los suelos por el uso de las aguas residuales en las cuencas de las quebradas, San Mateo, Colpa Mayo, San Juan y Río Chotano, para el análisis de calidad de los suelos, la composición mecánica de los suelos y cationes cambiabiles de los suelos se tuvo en cuenta los indicadores de calidad establecidos para el país y de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO, 2013) y (Fernández, 2014).

La población lo constituyeron los suelos que utilizan los colectores de aguas residuales que desembocan en las quebradas San Mateo, Colpa Mayo, San Juan y río Chotano en un radio de 50 por 30 metros y que en tiempo de verano son utilizadas para irrigar las producción agrícola en cada punto crítico, los suelos y sedimentos fueron seleccionados a fin de conocer la calidad toxológica.

La muestra fue seleccionada intencionalmente y estuvo representada por 5 puntos críticos que utilizan las aguas residuales para irrigar la producción agrícola en una malla de 50 por 30 metros.

Como técnica de recolección de datos se utilizó la observación, permitió identificar los puntos críticos para la recolección de muestras y el análisis en el laboratorio y el registro correspondiente de los resultados que se presentan en los cuadros respectivos.

Como instrumento se utilizó la ficha de registro, permitió describir los resultados y analizarlo en comparación con las normas emitidas por la FAO (2013), así como Andrades y Martínez (2014).

3. Resultados

Cuadro 4. Caracterización de los suelos de las cuencas de las quebradas San Mateo, Colpamayo, San Juan y Río Chotano

Nº de muestra	pH (1:1)	Parámetros					Análisis mecánico			
		C.E. (1.1)	P	K	C	M.O	N	Aren a	Limo	Arcil la
		mS/m	ppm		%	%	%	%	%	%
1	8.26	0.54	13.60	437.99	2.42	4.18	0.21	38.0	20.0	42.0
2	8.18	0.37	30.15	489.05	2.67	4.60	0.23	74.0	12.0	14.0
3	8.30	0.40	25.43	509.78	2.18	3.76	0.19	26.0	24.0	50.0
4	8.01	0.24	37.75	485.24	3.98	6.85	0.34	70.0	10.0	20.0
5	7.44	0.39	34.86	501.59	4.02	6.94	0.35	76.0	8.0	16.0

Fuente: Informe de Ensayos

El análisis de las muestras de los suelos en un radio comprendido entre 50 m y 30 m de los puntos más críticos, indican que la medida del potencial de Hidrógeno (pH) de la suspensión del suelo: agua relación 1.1 de las 5 muestras se distribuye entre 7.44 y 8.30 los valores demuestran que el suelo de la muestra 5 tiene pH de 7.44 ligeramente neutro o suelo básico, mientras que el resto de muestras tienen pH por encima de lo establecido por la norma nacional.

La Conductividad Eléctrica (C. E.) del extracto acuoso concentrada en las muestras señaladas se tiene parámetros comprendidos de 0.24 dS/m a 0.54 dSm el cual determina que los suelos son ligeramente muy salinos.

El Fosforo (P) acumulado en los suelos según muestras establecidas se distribuye de 13.60 ppm a 37.75 ppm; los resultados indican que los parámetros obtenidos en todas las muestras está por encima de la clasificación normal de los terrenos arenosos.

El Potasio (K) concentrado en cada una de las muestras está en el rango de 437.99 ppm a 509.78 ppm, los resultados de las muestras indican que se supera los límites permitidos por las normas establecidas.

El Carbono (C) acumulado en cada una de las muestras se distribuyen de 2.18 % a 6.94 %, valores que determinan que los suelos tienen una clasificación baja, se trata de suelos ácidos y que deberían ser tratados para darle uso agrícola.

La Materia Orgánica concentrada en las muestras se distribuye de 3.76 % a 6.94 %, indica que supera los límites establecidos por las normas nacionales e internacionales.

El Nitrógeno (N) existente en cada muestra está comprendido de 0.19 % a 0.35 %, valores que indican que el nivel de disponibilidad va entre mediano, rico y muy rico.

Los resultados del análisis mecánico de los suelos indican que el valor de la muestra 1 es de 38.0 % de arena, 20.0 % de limo y 42.0 % de arcilla y se trata de un suelo arcilloso; los parámetros de la muestra 2 presenta 26.0 % de arena, 24.0 % de limo y 50 % de arcilla; el valor de la muestra 3 indica que se trata de un suelo franco arenoso al obtener parámetros de 74 % de arena, 12 % de limo y 14 % de arcilla; los suelos de la muestra 4 con valores de 70.0 % de arena, 10.0% de limo y 20.0 % de arcilla, así como el terreno de la muestra 5 que presenta valores de 76 % de arena, 8% de limo y 16.0 % de arcilla demuestran que son terrenos franco arenosos tal como lo fundamenta la FAO (2013).

Cuadro 5. Capacidad de Intercambio catiónico de los suelos de los valles de las quebradas San Mateo, Colpamayo, San Juan y Río Chotano

N° de muestra	Clase textura 1	CI C	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de bases	% Sat. De Bases
			Ca ⁺	Mg ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺ + H ⁺			
			Maq/100g							
1	Ar.	32.11	28.06	2.83	1.04	0.18	0.00	32.11	32.11	100
2	Ar.	26.56	22.64	2.78	0.88	0.26	0.00	26.56	26.56	100
3	Ar.	29.81	25.40	2.99	1.24	0.18	0.00	29.81	29.81	100
4	Fr. A.	28.60	25.09	2.32	1.06	0.14	0.00	28.60	28.60	100
5	Fr. A.	30.32	25.17	3.95	1.06	0.14	0.00	30.32	30.32	100

Fuente: Informe de Ensayos

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) de los suelos indican que se obtienen valores miliequivalentes por 100 g (meq/100g) según muestras establecidas de 26.56 meq/100g a 32.11 meq/100g demostrando que supera a los límites permitidos por la normatividad internacional, FAO (2013).

En cuanto a la cantidad de Calcio (Ca^{++}) concentrado en cada muestra y que se distribuye entre 22.64 % - 28.08 %, los valores determinan que tiene alta disponibilidad de (Ca^{++}) al superar el límite permitido por la FAO (2013).

El magnesio (Mg^{++}) encontrado en la muestras de los suelos alcanzan un valor distribuido entre 2.32 % - 3.95 % resultados que indican que hay una alta concentración de Mg^{++} demostrando que hay una alta disposición para destinarlo al cultivo los suelos.

La acumulación de Potasio (K^+) en los suelos de las riberas de las quebradas y ríos en estudio según muestras establecidas indican que se tiene valores entre 0.88 % - 1.06 %, indica que los suelos tienen una disponibilidad muy alta, tomando los parámetros establecidos por la FAO (2013).

La concentración de Sodio (Na^+) en los suelos de las muestras tienen un valor comprendido entre 0.14 % y 0.26 %, los datos demuestran que hay una baja concentración de Na^+ por ser <1.5 % establecido por la FAO (2013).

El Hidruro de Calcio ($Ca^{++}+H^+$) en las muestras de los suelo no albergan a este elemento químico, por lo que no hay riesgo que los terrenos sean alcalinos.

La suma de cationes de cada muestra, se tiene valores de 26.56 meq/100g – 32.11 meq/100g el cual demuestra que los suelos tienen alta disponibilidad para el cultivo de plantas.

4. Discusión

Las muestras de los suelos resaltan que la medida del potencial de Hidrógeno (pH) de la suspensión del suelo de las 5 muestras se distribuye entre 7.44 y 8.30, los valores demuestran que el suelo de la muestra 5 tiene pH de 7.44 ligeramente neutro o suelo básico, el resto presenta pH por encima de lo establecido por la norma nacional. Ruiz (2016) establece que el pH comprendido entre 6.6 y 7.3 es neutro como mejor valor para los terrenos de cultivo, mientras que los valores menores 6.5 indica que el suelo va des ligeramente ácido hasta ultra ácido y dificulta el desarrollo de la mayoría de cultivos ya que permite la retención de los nutrientes y los límites superiores a 7.4 dificulta el desarrollo de los cultivos por tratarse de suelos alcalinos.

La Conductividad Eléctrica (C. E.) del extracto acuoso concentrada en las muestras señaladas presenta parámetros comprendidos entre 0.24 dS/m y 0.54 dSm, determina que

los suelos son muy ligeramente salinos. Ruiz (2016) señala que cuando la C.E de los suelos es <2 dS/m no son salinos, cuando la C.E va de 2 dSm -4 dSm son suelos muy ligeramente salinos, de 4 dSm – 8 dSm son ligeramente salinos, de 8 dSm – 16 dSm los suelos son moderadamente salinos y >16 un terreno es fuertemente salino, siendo inapropiados para el cultivo de las plantas.

El Fósforo (P) que acumulan los suelos de las muestra oscilan entre 13.60 ppm y 37.75 ppm; los resultados demuestran que están por encima de la clasificación normal de los terrenos arenosos. Andrades y Martínez (2014) establecen que el límite para este tipo de suelos es de 9 ppm - 12 ppm, en cuanto a los terrenos francos solo la muestra 2 está en el límite normal con 13.60 ppm puesto que el límite permitido es de 13 ppm a 18 ppm, mientras teniendo en cuenta los parámetros normales de fósforo para terrenos arcillosos los valores de las otras 4 muestras superan el límite permitido de 16 ppm a 24 ppm, puesto que los valores se distribuyen entre 25.43 ppm – 37.75 ppm.

El Potasio (K) que concentra cada muestra está en el rango de 437.99 ppm y 509.78 ppm, los cuales indican que se supera el límite permitido por las normas establecidas. Andrades y Martínez (2014) establecen que los valores normales permitidos para terrenos arenosos es de 96 ppm a 135 ppm, para terrenos francos de 126 ppm a 195 ppm y para terrenos arcillosos de 156 ppm a 255 ppm, los resultados indican que los suelos no desempeñan sus distintas funciones en el cultivo de las plantas.

El Carbono (C) acumulado en cada una de las muestras fluctúa entre 2.18 % y 6.94 %, los valores determinan que los suelos tienen una clasificación baja, se trata de suelos ácidos y que deberían ser tratados para darle uso agrícola, los parámetros para terrenos normales según Andrades y Martínez (2014) es de 10 % - 20 %, mientras que los suelos que tienen carbono <5 % son muy bajos, de 5 % -10 % son bajos, de 10 % - 20 % normales, de 20 % - 40 % alto y >40 % muy alto.

La Materia Orgánica concentrada en las muestras se distribuye entre 3.76 % y 6.94 %, indica que supera los límites establecidos por las normas nacionales e internacionales. Andrades y Martínez (2014) indican que en terrenos arenosos la cantidad de materia orgánica debe estar comprendida entre 1.2 % – 1.7 %; en terrenos francos el límite es de 1.5 % y 2.0 % y en terrenos arcillosos de 1.7 % – 2.2 %.

El Nitrógeno (N) que acumula cada muestra se distribuye entre 0.19 % y 0.35 %, los valores indican que el nivel de disponibilidad va entre mediano, rico y muy rico. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2013) establece que los suelos que tienen parámetros de nitrógeno entre 0.15 % – 0.25 % son

medianamente ricos, los que concentran nitrógeno entre 0.25 % – 0.30 % son ricos y los que albergan nitrógeno mayor a 0.30 % son muy ricos.

El análisis mecánico establece que el valor de la muestra 1 es de 38.0 % de arena, 20.0 % de limo y 42.0 % de arcilla, se trata de un suelo arcilloso; los parámetros de la muestra 3 que presenta 26.0 % de arena, 24.0 % de limo y 50 % de arcilla; el valor de la muestra 2 indica que se trata de un suelo franco arenoso al obtener parámetros de 74 % de arena, 12 % de limo y 14 % de arcilla, los suelos de la muestra 4 con valores de 70.0 % de arena, 10.0 % de limo y 20.0 % de arcilla; así como el terreno de la muestra 5 presenta valores de 76 % de arena, 8 % de limo y 16.0 % de arcilla demuestran que son terrenos franco arenosos, tomando como fundamento La FAO (2013).

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) indica que los valores miliequivalentes por 100 g (meq/100g) obtenidos en las muestras es de 26.56 meq/100g a 32.11 meq/100g, demuestra que supera a los límites permitidos. La FAO (2013) establece que los parámetros para suelos arenosos son de 5 meq/100g, para suelos francos de 5 a 15 meq/100g y suelos arcillosos de 15 a 25 meq/100g. Los datos demuestran que los suelos tienen disponibilidad baja para la agricultura cuando la CIC es <10 meq/100g, disponibilidad media cuando la CIC está entre los parámetros de 10 – 20 meq/100g y un alto nivel de disponibilidad cuando la CIC es >20 meq/100g.

La cantidad de Calcio (Ca^{++}) concentrado en cada muestra se distribuye entre 22.64 % - 28.08 %, los valores determinan que hay una alta disponibilidad de (Ca^{++}), supera el límite permitido por la FAO (2013) señala que un nivel de disponibilidad alto de Ca^{++} es cuando se tiene acumulaciones >6 %.

El magnesio (Mg^{++}) encontrado en las muestras de los suelos se distribuyen entre 2.32 % - 3.95 % demostrando que hay una alta concentración de Mg^{++} . La FAO (2013) establece que cuando se concentra Mg^{++} <0.4 % el nivel de disponibilidad del suelo es bajo, de 0.4 – 0.8 % es medio y cuando la concentración es >0.8 % hay una alta disposición para destinarlo los suelos al cultivo.

El Potasio (K^+) acumulado en los suelos de las riberas de las quebradas y ríos en estudio son de 0.88 % - 1.06 %, indica que los suelos tienen una disponibilidad muy alta para el cultivo. La FAO (2013) establece que cuando los suelos presentan parámetros <0.12 % tienen disponibilidad baja para el cultivo, la acumulación de 0.12 – 0.3 % dan una disponibilidad media y cuando es >0.3 % tienen un nivel de disponibilidad alto para el desarrollo de las actividades agrícolas.

La concentración de Sodio (Na^+) en los suelos de las muestras tienen un valor de 0.14 % - 0.26 %, los datos demuestran que hay una baja concentración de Na^+ por ser <1.5 %. La FAO (2013) señala que cuando los valores son <1.5 % los suelos tienen disponibilidad baja para la agricultura, cuando los valores están comprendidos entre 1.5 – 3.0 % hay una disponibilidad media y cuando los valores superan el 3.0 % los suelos tienen un alto nivel de disponibilidad para utilizarlo en la agricultura.

La suma de cationes de cada muestra, presenta valores de 26.56 meq/100g a 32.11 meq/100g, demuestra que los suelos tienen alta disponibilidad para el cultivo de plantas. La FAO (2013) señala hay una disponibilidad baja para la agricultura cuando la CIC es <10 meq/100g, disponibilidad media cuando la CIC está entre los parámetros de 10 – 20 meq/100g y un alto nivel de disponibilidad cuando la CIC es >20 meq/100g.

5. Conclusiones

- El potencial de Hidrógeno (pH) de la suspensión del suelo y la Conductividad Eléctrica (C. E.) de las muestras están por encima de los parámetros establecidos en la norma nacional, ello dificulta el desarrollo de los cultivos por tratarse de suelos alcalinos.
- El Fosforo (P), Potasio (K), Carbono (C), Materia Orgánica y Nitrógeno (N) acumulado en los suelos presentan deficiencias según la clasificación normal de los tipos de terrenos, por lo que tienen que ser tratados para darle la textura normal y hacerlo apto para uso agrícola.
- El análisis mecánico de las tierras indican que se tratan de suelos arcillosos, francos arenosos dado que sus valores están fundamentados con los parámetros que establece La FAO (2013).
- La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) demuestra que los valores miliequivalentes por 100 g (meq/100g) obtenidos en las muestras superan los límites permitidos por La FAO (2013) y que se necesita de tratamiento para devolverlo su fertilidad.
- La cantidad de Calcio (Ca^{++}), magnesio (Mg^{++}), Potasio (K^+), concentración de Sodio (Na^+) y Hidruro de Calcio ($Ca^{++}+H^+$) concentrado en cada muestra supera el límite permitido por la FAO (2013) y para que estén dispuestos para el uso agrícola se necesita de tratamiento.
- Los valores de la suma de cationes de los suelos indican que tienen alta disponibilidad para el cultivo de plantas, sin embargo el exceso de componentes químico se debe al uso de las aguas residuales, que han contaminado a los suelos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrades, M. S., & Martínez, E. (2014). *Fertilidad del suelo y parámetros que lo definen* (Tercera ed.). La Rioja: Universidad de La Rioja. doi:978-84-695-9286-1

Díaz, N., & Medina, H. (2018). *Contaminación en el suelo y flora por metales pesados en la zona de relaveras de la ex Mina Paredones - San Pablo*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13247>

Guadarrama, M., & Galván, A. (2015). Impacto del uso de agua residual en la agricultura. *Iberoamericana de Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 1-23. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5076403.pdf>

Huamaní, C. F. (2018). *Determinación del efecto de las aguas servidas sobre el suelo y cultivos en la desembocadura del canal de riego de las Salinas Bajo*. Chancay - Lima: Universidad

Católica Sedes Sapientiae. Obtenido de http://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/UCSS/572/Huamani_Claudia_tesis_bachiller_2018.pdf

Ibañez, J. J. (2018). *El suelo y su degradación*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Obtenido de http://www.unescoetxea.org/ext/manual_EDS/pdf/07_suelo_castellano.pdf

Larios, J. F., González, C., & Morales, Y. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Saber y Hacer*, 09-25. Obtenido de www.usil.edu.pe/sites/.../revistasabery-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf

Marjani, S., & Sagasta, J. M. (2018). *Agricultura*. ONU. doi:ISBN 978-92-3-300058-2

Mendoza, M. A. (2018). *Evaluación fisicoquímica de la calidad del agua superficial en el Centro Poblado de Sacsamarca, Región Ayacucho*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio123456789/12256.pdf>

Noticias Ser. (04 de Junio de 2015). Cajamarca: La otra contaminación. *Andina*. Obtenido de <http://prevencionar.com.pe/2015/06/04/cajamarca-la-otra-contaminacion/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). *Conservación de suelos y aguas en América Latina y el Caribe*. FAO. Obtenido de <http://www.fao.org/americas/prioridades/suelo-agua/es/>

Peña, M. E., Ducci, J., & Zamora, V. (2013). *Tratamiento de aguas residuales en México*. México:

Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de

http://www.siagua.org/sites/default/files/documentos/documentos/tratamiento_de_aguas_residuales_en_mexico.pdf

Rodríguez, N., McLaughlin, M., & Pennock, D. (2019). *La contaminación del suelo una realidad oculta*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de <http://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>

Soriano, M. (2018). *Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua subterránea utilizada para el consumo humano en el Centro Poblado Pata Pata*. Cajamarca: Universidad

Privada del Norte. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14210>