

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



*Una Institución Adventista*

**Recuperación de suelos degradados por salinización con lavado  
y uso de enmiendas orgánicas (estiércol de vacuno y cuy) en el  
Centro Poblado de Balsapata, distrito de Orurillo de la Provincia  
de Melgar del Departamento de Puno, 2019**

Por:

Harold Isaac Suaña Jaen  
Ayde Nina Luna

Asesor:

MSc. Jael Calla Calla

**Juliaca, Diciembre de 2019**

DECLARACIÓN JURADA  
DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE  
INVESTIGACIÓN

MSc. Jael Calla Calla, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: "Recuperación de suelos degradados por salinización con lavado y uso de enmiendas orgánicas (estiércol de vacuno y cuy), en el Centro Poblado de Balsapata, distrito de Orurillo de la Provincia de Melgar del Departamento de Puno, 2019" constituye la memoria que presentan los estudiantes Harold Isaac Suaña Jaen y Ayde Nina Luna, para aspirar al grado de bachiller en Ingeniería Ambiental, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este trabajo de investigación son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 2 días del mes de diciembre del año 2019.

  
MSc. Jael Calla Calla

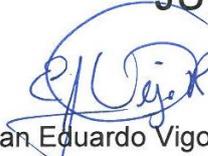
Asesor

Recuperación de suelos degradados por salinización con lavado y uso de enmiendas orgánicas (estiércol de vacuno y cuy), en el Centro Poblado de Balsapata, distrito de Orurillo de la Provincia de Melgar del Departamento de Puno, 2019

# TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Presentada para optar el grado de Bachiller de Ingeniería Ambiental

## JURADO CALIFICADOR



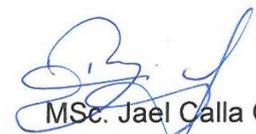
Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera  
Presidente



Ing. Verónica Haydeé Pari Mamani  
Secretario



Ing. Miguel Angel Salcedo Enriquez  
vocal



MSc. Jael Calla Calla  
Asesor

Juliaca, 02 de Noviembre del 2019

# “Recuperación de suelos degradados por salinización con lavado y uso de enmiendas orgánicas (estiércol de vacuno y cuy) en el Centro Poblado de Balsapata, distrito de Orurillo de la Provincia de Melgar del Departamento de Puno, 2019”

Suaña Jaen Harold Isaac <sup>a</sup>, Nina Luna Ayde <sup>b</sup>, Calla Calla Jael <sup>c</sup>

<sup>a</sup>Facultad de Ingeniería Ambiental de la Escuela Profesional de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión”

---

## Resumen

El problema de salinidad afecta gravemente la agricultura y la estética ambiental, los suelos afectados se caracterizan por el afloramiento y la acumulación de sales. El propósito de la investigación es recuperar suelos degradados por salinización con lavado y uso de enmiendas orgánicas en el Centro Poblado de Balsapata del distrito de Orurillo – Puno. Se realizó un experimento para comparar el lavado y las diferentes dosis de las enmiendas, evaluado pH, CE, textura, PSI y RAS. El experimento fue mediante el DCA con dos factoriales, empleando 9 tratamientos en cada maseta de 4kg: el primero testigo T1 sin enmienda, y las demás testigos con enmiendas de diferentes cantidades de estiércol de vacuno y cuy. Con los siguientes resultados, pH fuertemente alcalino teniendo presencia de carbonato de calcio y textura franco limoso, ambos hacen que el filtrado del agua sea lento e impida a las plantas absorber nutrientes, al aplicar las enmiendas se observó una mayor filtración, en la CE se tuvo resultados favorables disminuyendo un 81% mediante el lavado con agua desionizada teniendo una baja conductividad, el PSI se pudo disminuir un 80%, y RAS disminuyó un 48%. Se concluye que la enmienda de vacuno del tratamiento 5 fue más eficaz que los demás tratamientos, se recomienda aplicar un mejorador químico para desplazar el sodio intercambiable y reemplazarlo por calcio (yeso), y para que el método del lavado sea un éxito se recomienda que el suelo está nivelado para facilitar la distribución homogénea del agua.

*Palabras clave:* Lavado de suelo, enmiendas orgánicas, salinidad de suelo.

## Abstract

The problem of salinity seriously affects agriculture and environmental aesthetics, affected soils are characterized by outcropping and accumulation of salts. The purpose of the research is to recover soils degraded by salinization with washing and the use of organic amendments in the Balsapata Village in the district of Orurillo - Puno. An experiment was carried out to compare the washing and the different doses of the amendments, evaluated pH, CE, texture, PSI and RAS. The experiment was by means of the DCA with two factorials, using 9 treatments in each 4kg pot: the first control T1 without amendment, and the other controls with amendments of different amounts of cow and guinea pig manure. With the following results, strongly alkaline pH with presence of calcium carbonate and loamy texture, both make the water filtration slow and prevent plants from absorbing nutrients, when applying the amendments a greater filtration was observed, in the EC there were favorable results decreasing 81% by washing with deionized water with low conductivity, the PSI could be decreased by 80%, and RAS decreased by 48%. It is concluded that the cattle amendment of treatment 5 was more effective than the other treatments, it is recommended to apply a chemical improver to displace the exchangeable sodium and replace it with calcium (gypsum), and for the washing method to be a success it is recommended that the soil be leveled to facilitate the homogeneous distribution of water.

*Keywords:* Soil washing, organic amendments, soil salinity.

---

\*Autor de correspondencia:

Km. 06 Salida Arequipa, Chullunquiari, Juliaca

Tel.: 921484676 - 935238494

E-mail: ayde.nina@upeu.edu.pe; haroldauaña@upeu.edu.pe; jaelcalla@gmail.com

## 1. Introducción

La salinidad es un problema que está extendido a nivel mundial, limitando la producción de los productos agrícolas, como la consecuencia de los suelos de sales solubles en altas concentraciones (Lamz & González, 2013).

Los suelos degradados por la salinización es un problema, en el Perú desde los años 70, la información por el Instituto Nacional de Desarrollo (INADE), da a conocer que las costas del Perú contaban con un aproximado de 1 millón de hectáreas para riego, donde 750 mil hectáreas eran de cultivos, las cuales 300 mil hectáreas están afectadas con problemas de salinidad (Moscol, 2018).

La recuperación de los suelos degradados por la salinidad, está en evaluación de enmiendas orgánicas como remediación de la salinidad, en estos suelos salinos, la utilización de enmiendas podría ayudar a reducir algunas problemas, relacionados a la fertilidad del suelo como pérdidas excesivas de nutrientes (Saranraj & Stella, 2012).

El problema de salinización está afectando gravemente a la agricultura (Pastor, Martínez, & Rivas, 2015), los suelos afectados por sales se caracterizan por la acumulación de cantidades excesivas que afectan y alteran su productividad.

La fertilidad de los suelos de nuestra región de Puno en su mayoría es de baja fertilidad, estos son los suelos de altura, y una baja capacidad de intercambios catiónicos. CIRNMA & CEDAFOR (2001) manifiesta en su trabajo de investigación del centro poblado de Uros-Chulluni, la capacidad de uso de los suelos con el uso actual observa que por lo menos una tercera parte de la tierra del sistema Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa (TDPS), esta sobre explotación se lleva a cabo sobre todo en la tierra, la pérdida de estos suelos agrícolas está determinada básicamente por la erosión y salinización, se ha estimado que el 30 % de estos suelos presenta erosión severa por las actividades agrícolas y pastoriles.

Según Gunman (2010), menciona la importancia del estiércol, que ayuda a dar resistencia contra plagas y patógenos debido a que se producen nutrientes que mantiene el suelo sano y mejorando su fertilidad y textura.

Es importante las enmiendas orgánicas de cuy y vacuno por el alto contenido de materia orgánica, tiende a minimizar las sustancias minerales, el estiércol de cuy, favorece a una mejor distribución de las raíces en el suelo, mejor transporte de oxígeno y captación de nutrientes (LEISA, 2005). Moreno, Moral & Et al (2016) al utilizar estiércol de vacuno cuya composición química varía con la edad y tipo de alimentación del animal desde 0.5% a 1.1% de Nitrógeno (N); de 0.25% a 0.4% de Fósforo (P) y 0.5% a 0.3% de Potasio (K). Las ventajas de usar estiércol de vacuno, en los suelos es para mejorar las condiciones físicas químicas y biológicas (Burdano, 1998).

El método de lavado es efectivo ya que elimina las sales del suelo, esta práctica consiste en originar un flujo descendente de agua a través del perfil del suelo para arrastrar las sales. El suelo se lava tanto vertical como horizontalmente a medida que el agua se infiltra en profundidad. Los primeros son difíciles de lavar por presentar texturas finas, baja infiltración y malas condiciones de drenaje natural, en función de la conductividad eléctrica (CE), el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y percolación de hidrógeno (pH).

La investigación se realizó con la finalidad de resolver la problemática que aqueja lentamente y degradando casi 386 hectáreas de terreno, provocando rendimientos bajos y productividad, de tal manera se propone la mejora de los suelos salinos. Con el objetivo de recuperar suelos degradados por salinización con el lavado y el uso de enmiendas orgánicas (estiércol de vacuno y cuy), evaluando pH, CE, PSI, RAS, para poder clasificar como Salino, Salino - Sódico, Sódico ver (Tabla 1), del Centro Poblado de Balsapata del distrito de Orurillo de la provincia de Melgar del departamento de Puno.

Tabla 1.

*Clasificación de suelos salinos, salino – sódico, sódico*

Tipo de suelo	Características	CE (ds/m)	PSI (%)	pH	RAS
<b>Salino</b>	- Pobre condición física. - Producciones bajas.	> 4	< 15	< 8.5	< 13
<b>Salino – Sódico</b>	- Dispersiones de coloides. - Baja filtración.	> 4	> 15	> 8.5	≥ 13
<b>Sódico</b>	- Dispersión de coloides. - Improductivos.	< 4	> 15	Entre 8.5 y 10	> 13

Fuente: (InfoAgro, 2016) & (Ramirez Alaluna, 2016).

## 2. Materiales y Métodos

El presente trabajo se ejecutó en los meses de septiembre a octubre en el invernadero, de la Estación Experimental Agraria Illpa - Salcedo – Puno, las muestras se trasladaron del centro poblado de Balsapata, distrito de Orurillo, provincia de Melgar, departamento de Puno, localizado según las coordenadas UTM 342694.73 Este y 8372469.93 Norte, a 3897 m.s.n.m. distribución WG 84.

### 2.1. Materiales e insumos

En la investigación se empleó materiales de campo (cinta métrica, pala, pico, plumón indeleble y GPS). Para los insumos se utilizaron los siguientes insumos como estiércol de vacuno y cuy, fue empleado como enmienda para mejorar la textura y disminuir el PSI y SAR.

### 2.2. Metodología

La parte experimental se ejecutó entre los 60 días, utilizando el diseño experimental completamente al azar (DCA), asimismo se realizó un muestreo aleatorio a una profundidad de 30 cm, se consideró la Guía para muestreo de suelos (D. S. N° 002-2013.MINAM). Posteriormente se conformó una muestra compuesta de aproximadamente 160 kilos de suelo que se trasladó al laboratorio nacional de agua y suelos del instituto nacional de innovación agraria de Puno.

El ambiente donde se efectuó el trabajo, fue en un invernadero construido a base de botellas de plástica, después de haber realizado el secado del suelo al ambiente y se tamizó por una malla de 2 mm de diámetro, asimismo se procedió a la instalación de las unidades experimentales para luego homogenizar y ser puestas en marcha para los ensayos experimentales de pH, CE, Textura, PSI, RAS (Pastor , Martinez, & Torres, 2016).

Posteriormente se procedió a homogenizar el suelo con diferentes dosis de enmiendas en las bosas de Polietileno negra, donde se implementó 36 macetas con una capacidad de 4 kg cada una, se aplicará de acuerdo al diseño experimental, se tendrá 4 macetas que serán testigos, 16 macetas con enmienda de vacuno y 16 macetas con enmienda de cuy, con 9 tratamientos y 4 repeticiones.

Tabla 2.

*Aplicación de enmiendas orgánicas.*

Tratamientos	Enmiendas (gr)
(T1) - Testigo	Sin enmienda
(T2)	18
(T3)	36
(T4)	73
(T5)	109
(T6)	18
(T7)	36
(T8)	73
(T9)	109

2.2.1. *Lavado*

El lavado se realizó diariamente con 300 ml de agua desionizada a cada una de las macetas de lunes a viernes por un periodo de 60 días.

2.2.2. *Parámetros analizados*

El pH y la CE se determinaron a través del métodos del potenciómetro (FONAIAP, 1990), la textura se determinó mediante Bouyoucos, la determinación de RAS se utilizaron las concentraciones de ( $Na^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ), el PSI se utilizó para determinar la capacidad de intercambio catiónico (CIC), ( $CIC + Na^+$ ) (Toro, 2015).

Asimismo, se realizaron análisis correspondientes para la RAS y PSI, donde las pruebas de calcio más magnesio ( $Ca^{++}$  y  $Mg^{++}$ ) fueron por el método de titulación y Sodio más Potasio ( $Na^+ - K$ ) se lectura en el equipo Fotómetro de llama (Otero, y otros, 2007).

2.2.3. *Porcentaje de sodio intercambiable*

Se estimó el PSI mediante la fórmula matemática (Pastor, Martinez, & Rivas, 2015).

$$PSI = \frac{Na^+}{CIC} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

2.2.4. *Relación de adsorción de Sodio*

Se estimó la RAS mediante la fórmula matemática (Can, Ramirez, Ortega, Trejo, & Cruz, 2008).

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} \dots\dots\dots (2)$$

### 2.3. Análisis estadístico

La evaluación estadística de los datos obtenidos a partir de un DCA con factores de 9 tratamientos y 4 repeticiones por tratamiento, haciendo un total de 36 unidades, mediante un análisis de varianza, para contrastar los resultados y observar la disminución en porcentajes (%) en CE, PSI Y RAS.

## 3. Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos de la investigación del suelo es de textura Franco Limoso hace que el movimiento del agua sea lento por los efectos de sodio saturado, de los criterios de salinidad, sodicidad o alcalinidad (Laburu, 1985).

### 3.1. ANOVA

#### *Hipótesis*

Ho: No existe diferencia significativa entre los nueve tratamientos para PSI

Ha: existe diferencia significativa entre los nueve tratamientos para PSI

#### - Nivel de significancia

Alfa=1%=0.01

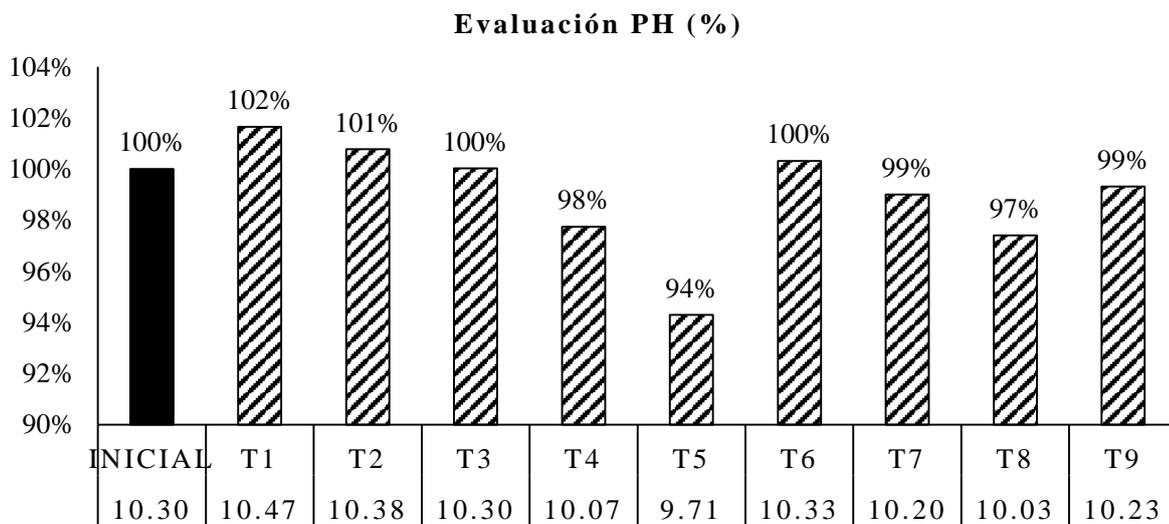
Tabla 3.

*ANOVA de un factor.*

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Na	Inter-grupos	3753,564	8	469,195	1,931	,096
	Intra-grupos	6558,795	27	242,918		
	Total	10312,359	35			
CE	Inter-grupos	4,020	8	,502	1,739	,135
	Intra-grupos	7,802	27	,289		
	Total	11,822	35			
CIC	Inter-grupos	2444,449	8	305,556	2,278	,052
	Intra-grupos	3621,461	27	134,128		
	Total	6065,910	35			
PSI	Inter-grupos	1738,105	8	217,263	3,356	,008
	Intra-grupos	1748,012	27	64,741		
	Total	3486,117	35			

	Total	3486,116	35			
	Inter-grupos	1717,253	8	214,657	2,052	,078
SAR	Intra-grupos	2824,794	27	104,622		
	Total	4542,047	35			

Se puede concluir que no hay diferencia significativa entre tratamientos para Na, CE, CIC, SAR., pero si se observa la diferencia significativa entre tratamientos para PSI.



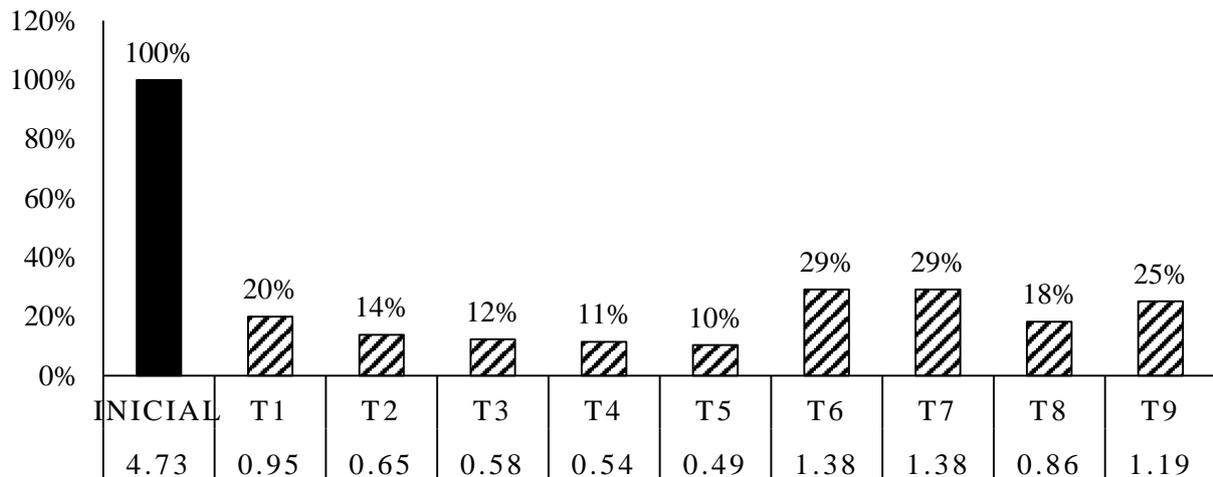
*Nota:* INICIAL = PRIMER ANALISIS  
T1 = TESTIGO  
T2 - 18GR, T3 - 36GR, T4 - 73GR, T5 - 109GR = ENMIENDA DE VACUNO  
T6 - 18GR, T7 - 36GR, T8 - 73GR, T9 - 109GR = ENMIENDA DE CUY

*Figura 1.* Evaluación de pH en %.

En el pH se obtuvo que es fuertemente alcalino según la “tabla de interpretación de los contenidos de pH, CE, Textura, NPK, Mo” de (INIA, 2016). Esto dificulta la disponibilidad de nutrientes como hierro, zinc, boro, manganeso y fosforo, limitándose fuertemente al crecimiento de las plantas (Agrícola, 2014).

La enmienda que resultó más eficaz es la del T5 utilizando 109 g de enmienda de vacuno que ayudo a disminuir a un 94%, pero esto no es suficiente ya que el suelo tiene presencia de carbonatos de Calcio (Ca).

### Evaluación CE (%)



Nota: INICIAL = PRIMER ANALISIS

T1 = TESTIGO

T2 - 18GR, T3 - 36GR, T4 - 73GR, T5 - 109GR = ENMIENDA DE VACUNO

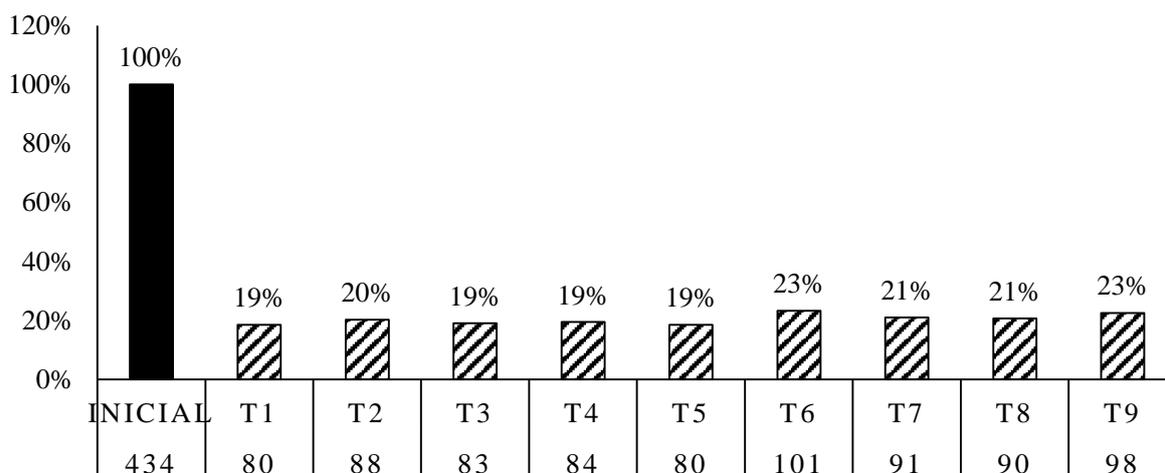
T6 - 18GR, T7 - 36GR, T8 - 73GR, T9 - 109GR = ENMIENDA DE CUY

Figura 2. Evaluación de CE en %.

Díaz (2017) en su estudio de investigación obtuvo un valor promedio de C.E. equivalente a 11.4 ds/cm, resultado por debajo de lo registrado en nuestro estudio realizado. (Flores, 2017) menciona un valor de 21.1 ds/cm, superior a nuestro estudio. Molina (2011) menciona el aumento de la C.E, se entiende por el contenido de sales minerales que se encuentran disueltas en el efluente, las cuales no fueron consumidas por los microorganismos debido a diferentes factores ambientales (temperatura) y químicos (pH alcalinos, inhibidores de los microorganismos entre otros). Dezuane (1997) afirma que la conductividad alta, es toxicidad por sales en la planta; según Molina (2011) menciona al bajar la salinidad realizando diluciones con agua, garantiza que no se le ocasionara daño a las plantas.

De tal manera la CE, se tuvo mejores resultados en el T5 disminuyendo solo a un 10%, que al utilizar agua deionizada fue una gran ayuda y que tiene una tendencia de bajar conductividad como la disminución de sales misiona (Peraza, 2009).

### Evaluación PSI (%)

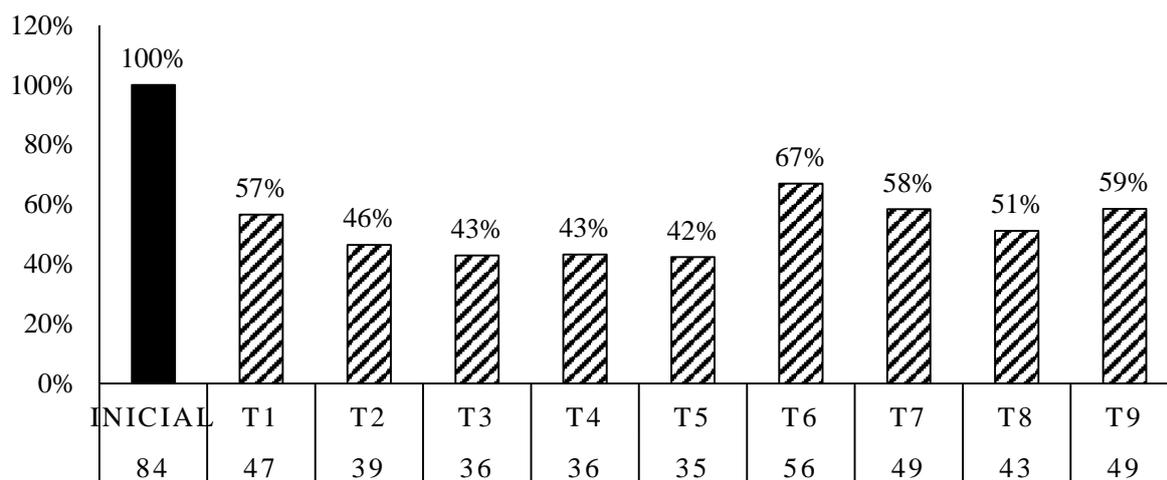


*Nota:* INICIAL = PRIMER ANALISIS  
 T1 = TESTIGO  
 T2 - 18GR, T3 - 36GR, T4 - 73GR, T5 - 109GR = ENMIENDA DE VACUNO  
 T6 - 18GR, T7 - 36GR, T8 - 73GR, T9 - 109GR = ENMIENDA DE CUY

Figura N°3. Evaluación de PSI en %.

El PSI se disminuyó el grado de intercambio catiónico que está saturado con Na, teniendo mejores resultados en los T3, T4, T5, tratándose de un suelo sódico ya que los valores es mayor al 15 por ciento de acuerdo a los parámetros establecidos por (Flores, 2017). La CIC varía de 3.52 a 7.2 meq/100 g, que se refleja en la poca capacidad del suelo para retener cationes, en especial los de sodio según Intagri (2015).

### Evaluación RAS (%)



*Nota:* INICIAL = PRIMER ANALISIS  
 T1 = TESTIGO  
 T2 - 18GR, T3 - 36GR, T4 - 73GR, T5 - 109GR = ENMIENDA DE VACUNO...

Figura 4. Evaluación de RAS en %.

Se presenta la eficacia de la RAS, teniendo mejores resultados en los T3, T4, T5. Cairo & alvares (Cairo & Alvarez, 2017) quien señalo que el estiércol descompuesto tiene el efecto sobre los suelos, en donde obtuvieron resultados un cambio de categoría regula (52,96%) y buena (66,95%), en donde el estiércol tiene la interacción en el suelo, de tal manera se obtuvo los resultados. Por lo tanto, los valores adquiridos fueron óptimas al aplicar las enmiendas.

Según los resultados obtenidos se deduce que no hay diferencia entre tratamientos para pH, CE y SAR. Pero se deduce que si hay diferencia entre tratamientos para PSI.

Estas disminuciones en la sodicidad del suelo fueron atribuidas a la capacidad de la MO aplicada de solubilizar el calcio proveniente del carbonato de calcio nativo y de otros minerales que poseen calcio (Choudhary, Josan, & Bajwa, 2002). (Lax, Diaz, & Castillo, 1994) menciona que las mejoras comprobadas en las propiedades físicas derivadas de la aplicación de MO, como la estabilidad estructural del suelo y las tasas de infiltración e incrementan la lixiviación de sodio y sales con la consecuente disminución de la CE y del PSI.

Tabla 3.

*Comparación del PSI.*

DHS de Tukey			
TRAT	N	Subconjunto	
		1	2
T5	4	80,2550	-
T1	4	80,3050	-
T3	4	82,8575	82,8575
T4	4	84,3575	84,3575
T2	4	87,7725	87,7725
T8	4	89,5350	89,5350
T7	4	91,1275	91,1275
T9	4	97,8875	97,8875
T6	4		100,9100
Sig.		,089	,076

Con el lavado del suelo se alcanzaron los niveles adecuados, mediante los tratamientos disminuyeron con respecto a los análisis iniciales, lo cual coincide con (Zerega, 1993) quien señaló que la aplicación de dichas prácticas beneficia las condiciones del suelo. De tal manera se deduce que los tratamientos T5 y T1 son mejor que los otros tratamientos, pero al realizar solo el lavado en el tratamiento 1 generaría que el suelo se erosionara por lo que es recomendable el tratamiento 5.

Las enmiendas orgánicas son sustancias que se añaden al suelo mejorando sus características físicas, biológicas y químicas (Damian, Gonzales, Quiñones , & Teria, 2018), que pueden estar constituidas por desechos de origen animal, preparados con las mezclas de los compuestos antes mencionados y mediante un proceso de descomposición controlada, que restauran propiedades físicas y químicas en el suelo (Artica, 2012).

#### **4. Conclusiones**

Siendo el suelo de textura franco limoso hace que el filtrado del agua sea lento la aplicación de las enmiendas al suelo salino fue de gran ayuda, sobresaliendo la enmienda de vacuno ya que tiene un porcentaje mayor de filtración lavando las sales presentes en los T2, T3, T4, T5 que las de cuy T6, T7, T8, T9.

La adición de enmiendas orgánicas es un papel importante, donde se demostró ser una buena estrategia para la disminución de las sales mediante el lavado de suelo, esto quiere decir que el suelo muestreado tiene bajos niveles de materia orgánica, de tal manera se llegaría a favorecer el incremento y actividades productivas y la estética ambiental del CP de Balsapata.

En el PSI se pudo reducir un 80% teniendo resultados favorables desde el T1, hasta el T9. Disminuyendo el contenido de sodio intercambiable en el suelo.

En la relación de adsorción de Sodio se pudo reducir un 48%, teniendo resultados favorables en la enmienda de vacuno (T2, T3, T4, T5) disminuyendo un 10% más que las enmiendas de cuy (T6, T7, T8, T9) y así disminuyendo el contenido de sodio intercambiable en el suelo, donde las enmiendas de vacuno fueron más eficaces que las de cuy (Villas, 1992).

#### **Recomendaciones**

Una de las recomendaciones para la recuperación de suelos salinos es aplicar Ca ya que puede desplazar al Sodio que indica la reducción de salinidad en el suelo ya que éste el elemento precursor de la salinidad y así tener mejores resultados, pero esta investigación se utilizó estiércol vacuno y de Cuy ya que es económico y está al alcance de los productores de la zona.

Al obtener un pH que sobre pasa los 8.5 siendo: extremadamente sódicos, los suelos sódicos contienen alta cantidad de sodio intercambiable y bajo nivel de sales solubles, por lo tanto es recomendable trabajar con yeso (Anthony, 2018). (Tejada, 2013) que la estructura del suelo pobre es un factor limitante importante en el rendimiento de los cultivos, los beneficios del yeso es el más alto rendimiento a un mínimo costo, puede ayudar a romper el suelo compactado.

Para el uso de la enmienda de vacuno, en campo es recomendable la del tratamiento 2 (T2) ya que es una cantidad razonable para la recuperación de suelos salinos 18gr/4kg.

Ya que el pH es alto tiene presencia de Carbonatos de calcio lo recomendable sería utilizar ácidos orgánicos para reducir el potencial de Hidrogeno y que las plantas puedan tomar los nutrientes con normalidad y poder tener ecosistemas con estética ambiental.

#### **Agradecimientos**

Agradecemos al Laboratorio Nacional de Suelos y Aguas de la EEA – ILLPA - PUNO – INIA, por haber colaborado con la investigación, préstamo de ambientes, equipos y materiales que fueron necesarios para llevarse esta investigación.

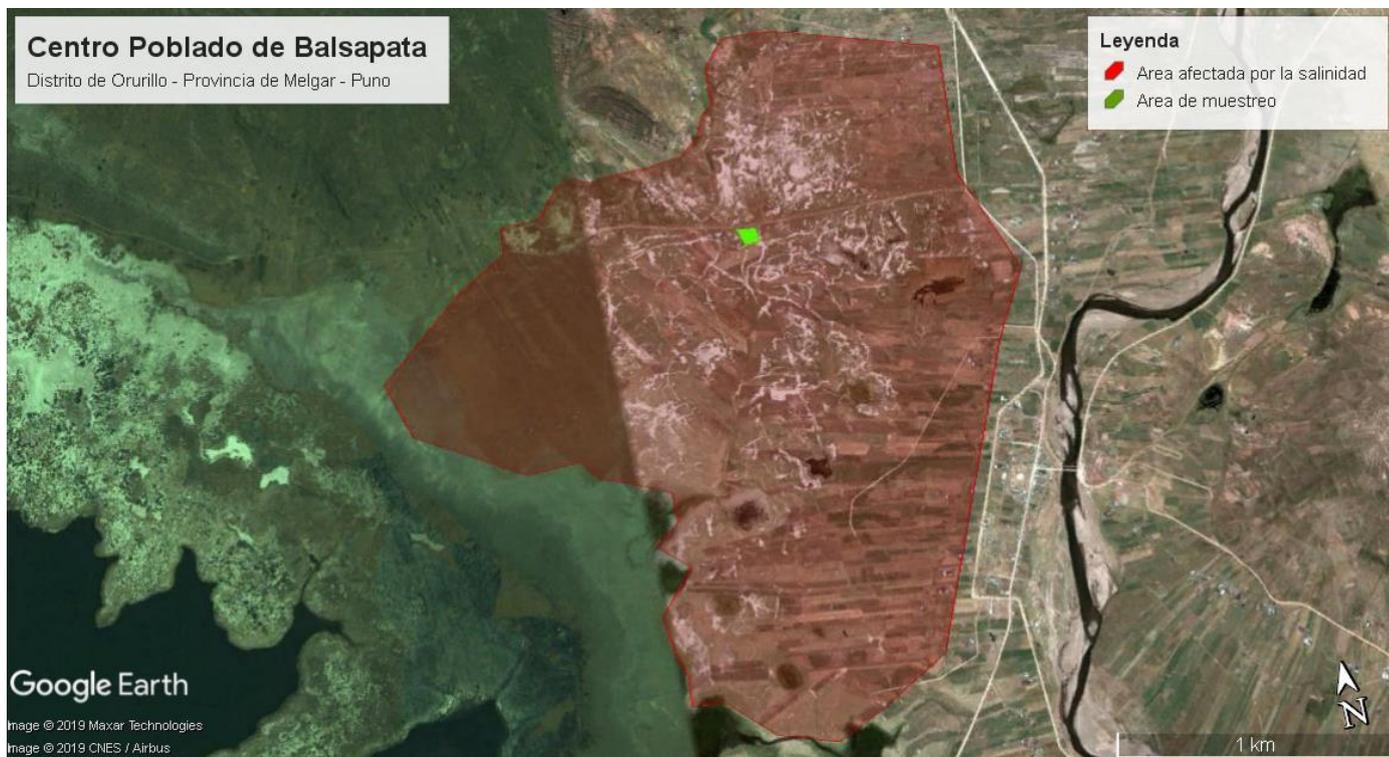
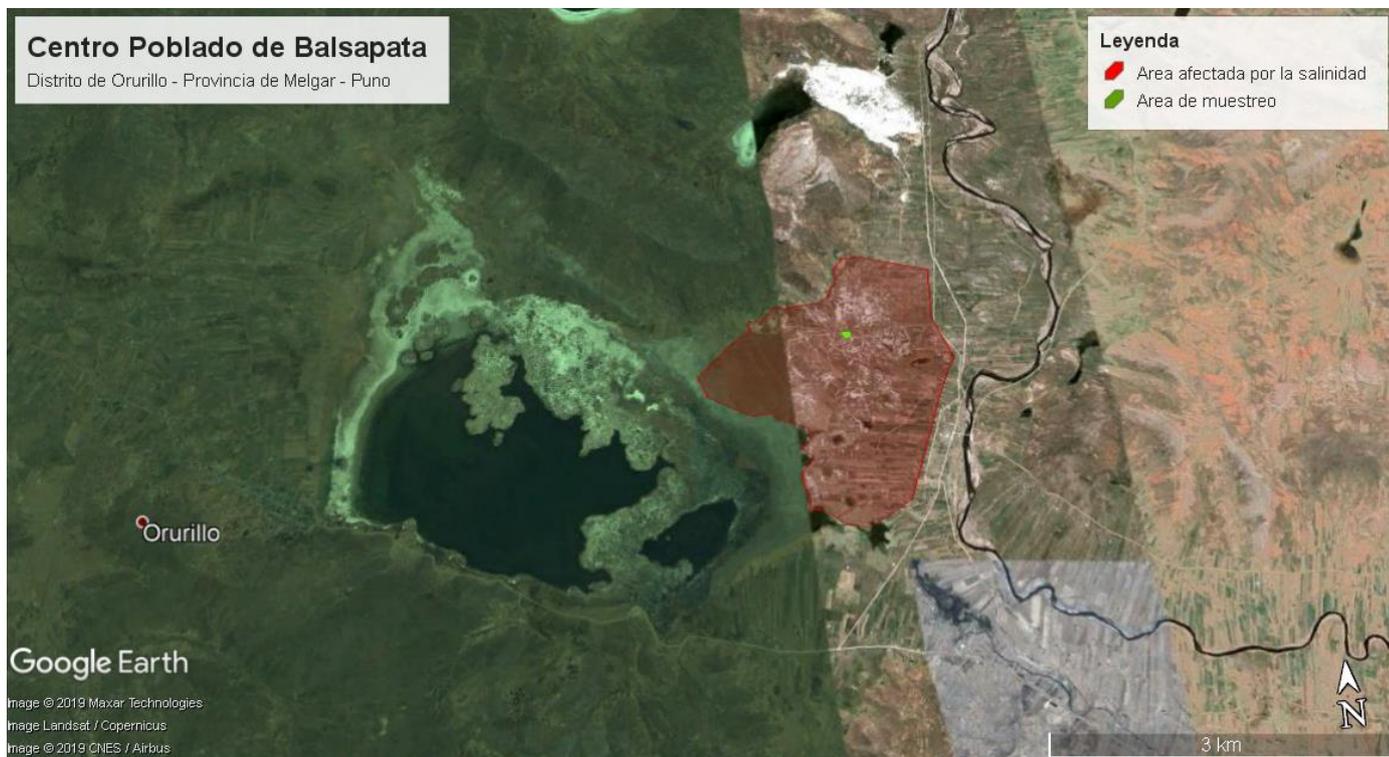
## Referencias

- Agrícola. (2014). *Manejo de suelos acidos de las zonas altas de Hundura*. Agrícola, Programa Regional de Investigación e Innovación por Cadenas de Valor, Hundura.
- Anthony, O. (2018). *Recuperar los suelos salinos, sodico y salino-sodico*. Universidad de California, California. Obtenido de <https://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/8629.pdf>
- Beltran, M., & Manzur, J. (2005). *Overview of salinity problems in the world and FAO strategies to address the problem*. Calofornia.
- Burdano, H. (1998). Las enmiendas orgánicas. En: Fertilización de cultivos en clima frío. .
- Cairo, P., & Alvarez, U. (2017). *Effect of manure on the soil and the soybean [Glycine max (L.) Merr.] crop*. Universidad Central de Las Villas, Cuba. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v40n1/en\\_pyf05117.pdf](http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v40n1/en_pyf05117.pdf); [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942017000100005](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942017000100005)
- Can, A., Ramirez, C., Ortega, M., Trejo, C., & Cruz, J. (2008). *Evaluacion de la relacion de adsorcion de sodio en la aguas del rio tulancingo, estado de hidalgo, Mexico*. Colegio de Posgraduados, Mexico. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v26n3/v26n3a6.pdf>
- Choudhary, O., Josan, A., & Bajwa, M. (2002). *Role of organic materials in movilizing intrinsic calcium carbonate to ameliorate sodic irrigations*.
- CIRNMA, & CEDAFOR. (2001). *Plan maestro reserva nacional del Titicaca*. Centro de Investigacion de Recursos Naturales y Medio Ambiente; Centro de Desarrollo Agrario y Forestal, Puno. Obtenido de [http://www.alt-perubolivia.org/Web\\_Bio/Proyecto/Docum\\_peru/21.27%20Plan%20Maestro.pdf](http://www.alt-perubolivia.org/Web_Bio/Proyecto/Docum_peru/21.27%20Plan%20Maestro.pdf)
- Damian, M., Gonzales, F., Quiñones, A., & Teria, J. (2018). *Plan of amendmets, agricultural gypsum, improved and enriched compost with EM and earthworm humus, to improve the soil*. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v25n1/a09v25n1.pdf>
- Dezuane, L. (1997). *Conmpots specification for the production and characterization of compots from municipal solid waste*. Inglaterra, London.
- Diaz, A. (2017). *Caracteristicas fisicoquimicas y microbiologicas del proceso de elaboracion de biol y su efecto de germinacion de semillas*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima.
- Flores, M. (2017). *Elaboracion de biofertilizante liquido utilizando subproducto del precesamiento de trcha*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima.
- FONAIAP. (1990). *Manual de Laboratorio para analisis de suelo*. Venezuela, Maracay.
- Guaman, V. (2010). *“Evaluación tres fuentes orgánicas (Ovinos, Cuy, Gallinaza) en dos Híbridos (rojo fl y Regal PVP) de cebolla (Allium cepa) Barrio Tiobamba, Parroquia Eloy Alfaro, Cantón Latacunga, Provincia Cotopaxi*. Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/769/1/T-UTC-0592.pdf>
- InfoAgro. (19 de Oct. de 2016). Obtenido de <https://mexico.infoagro.com/como-volver-productivos-suelos-salinos-y-sodicos/>
- INIA. (2016). *Nutricion y fertilidad de suelo*. Laboratorio de aguas y suelos EEA Illpa Puno, Puno.
- Laburu, C. R. (febrero de 1985). Conceptos generales sobre la salinidad en los suelos. Propiedades que determinan la salinidad. *Salinidad en los suelos aspectos de su incidencia en regadios de Huesca*. Huesca. Obtenido de [file:///C:/Users/HP%20Pavilion/Downloads/HerreroJ\\_SalinidadSuelosHuesca\\_1986.pdf](file:///C:/Users/HP%20Pavilion/Downloads/HerreroJ_SalinidadSuelosHuesca_1986.pdf)
- Lamz, A., & González, M. (2013). *La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata*. Genética y Mejoramiento de las Plantas, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Cuba. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v34n4/ctr05413.pdf>
- Lax, A., Diaz, E., & Castillo, B. (1994). *Reclamation of physical and chemical properties of a salinized soil by organic amendment*.
- LEISA. (2005). Revista de Agroecología. 21, 23 y 24.
- Molina, L. (2011). *Evaluacion de cuatro biofertilizantes liquido sobre el cultivo de cilindro*. Universidad Nacional Experimental del Tachiri, San Cristoval.

- Moreno, R., Moral, J., & Et al. (2016). *Residuo a recurso el camino hacia la sostenibilidad: 4 ingeniería y aspectos técnicos de la digestión anaeróbica*. Recuperado el 05 de Septiembre de 2017, de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/49249/Octubre%2C%202013.pdf?sequence=1>
- Moscol, A. (2018). *Eficacia del Bacillus subtilis para reducir la salinidad de los suelos del centro poblado de Quepepampa, Huaral - 2018*. Universidad Cesar Vallejo, Huaral . Obtenido de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/20211/Moscol\\_SAJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/20211/Moscol_SAJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Otero, L., Francisco, A., Galvez, V., Marales, R., Sanches, I., Labaut, M., . . . Rivero, L. (2007). *Caracterización y evaluación de la salinidad*. Obtenido de <file:///C:/Users/Lenovo/Desktop/tesina/antecedentes/salinidad.pdf>
- Pastor, J., Martínez, A., & Torres, D. (2016). *Efecto de la aplicación de vermicompots en las propiedades biológicas de un suelo salinos - sodico del semiarido Venezolano*. Venezuela. Obtenido de <http://ve.scielo.org/pdf/ba/v28n1/art04.pdf>
- Pastor, J., Martínez, A., & Rivas, W. (2015). *Degradación química del suelos agrícolas en la península de Paraguana, Venezuela*. Venezuela. Obtenido de [file:///C:/Users/Lenovo/Desktop/tesina/antecedentes/Degradacion\\_quimica\\_de\\_suelos\\_agriculas.pdf](file:///C:/Users/Lenovo/Desktop/tesina/antecedentes/Degradacion_quimica_de_suelos_agriculas.pdf)
- Peraza, A. C. (2009). *Suavización del agua a través de la precipitación de carbonato de calcio obtenida por las reacciones de reducción electroquímica de protones y de oxígeno*. CONACYT. Obtenido de <https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/361/1/Suavizaci%C3%B3n%20del%20agua%20a%20trav%C3%A9s%20de%20la%20precipitaci%C3%B3n%20de%20carbonato%20de%20calcio%20obtenida%20por%20las%20reacciones%20de%20reducci%C3%B3n%20electroqu%C3%A>
- Ramírez Alaluna, P. M. (2016). *Condiciones de salinidad y recuperación de los suelos de la cancha pública de golf - San Bartolo, Lima*. Perú .
- Saranraj, P., & Stella, D. S. (2012). *Vermicomposting and its importance in improvement of soil nutrients and agricultural crops*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/259495486\\_Vermicomposting\\_and\\_its\\_importance\\_in\\_improvement\\_of\\_soil\\_nutrients\\_and\\_agricultural\\_crops](https://www.researchgate.net/publication/259495486_Vermicomposting_and_its_importance_in_improvement_of_soil_nutrients_and_agricultural_crops)
- Tejada, J. (2013). *Rendimiento y calidad: Uso de enmiendas orgánicas*. Obtenido de [http://www.expocafeperu.com/archi-vos2013/conferencias/05\\_Presentacion%20CPISAC%20JOSE%20Antonio%20Tejada.pdf](http://www.expocafeperu.com/archi-vos2013/conferencias/05_Presentacion%20CPISAC%20JOSE%20Antonio%20Tejada.pdf)
- Toro, A. (2015). *Caracterización y análisis comparativo de la salinidad de caracterización y análisis comparativo de la salinidad de Ensenada, B.C. y zona vitícola de Caborca*. Obtenido de <file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/242581.pdf>
- Villas, D. (1992). *Suelos afectados por sales*. Barcelona.
- Zerega, M. L. (1993). *Manejo y uso agronomico de la cachaza en suelos cañeros*. Caña Azucar.

## 5. Anexos

### Anexo A. Mapa de ubicación.



Anexo B. Muestreo o recolección de muestras UTM



Anexo C. Muestreo o recolección de muestras



#### Anexo D. Preparación de muestras emparentales



#### Anexo E. Pesado de suelos.



Anexo F. Bolsas con 4kg de suelo.



Anexo G. Lavado de suelo.



Anexo H. Se muestran las costras de sal.



Anexo I. Análisis de muestras.



Anexo J. Análisis de muestras.



Anexo K. Análisis de CE y pH.

