

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



*Una Institución Adventista*

**Efecto de la forestación sobre la calidad del suelo de laderas forestadas del AA.HH. El volante II y Volante III, Independencia-Lima**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

**Autor:**

Bach. Miriam **Carlos Lopinta**  
Bach. Luis Saul **Peña Vera**

**Asesor:**

Ing. Nancy Curasi Rafael

Lima, Febrero del 2022

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Ing. **Nancy Curasi Rafael**, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“EFECTO DE LA FORESTACION SOBRE LA CALIDAD DEL SUELO DE LADERAS FORESTADAS DEL AA.HH. EL VOLANTE II Y VOLANTE III, INDEPENDENCIA-LIMA”** constituye la memoria que presenta el (la) / los Bachiller(es): Miriam Carlos Lopinta y Luis Saul Peña Vera, para obtener el título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

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

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 22 días del mes de febrero del año 2022.



---

**Ing. Nancy Curasi Rafael**

DNI 01342991

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los **25 días** día(s) del mes de **febrero** del año 2022 siendo **las 08:30 horas**, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga**, el secretario: **Ing. Orlando Alan Poma Porras**, y los demás miembros: **Mg. Joel Hugo Fernández Rojas** e **Mg. Jackson Edgardo Pérez Carpio**, y el asesor **Ing. Nancy Curasi Rafael**, con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Efecto de la forestación sobre la calidad del suelo de laderas forestadas del AAHH. El Volante II y Volante III Independencia - Lima"

de el(los)/la(las) bachiller/es: a) **MIRIAM CARLOS LOPINTA**

..... b) **LUIS SAUL PEÑA VERA**  
 conducente a la obtención del título profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**  
*(Nombre del Título profesional)*

con mención en:

.....  
 El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): ..... **MIRIAM CARLOS LOPINTA** .....

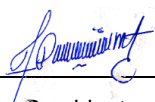
CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<b>APROBADO</b>	<b>17</b>	<b>B*</b>	<b>MUY BUENO</b>	<b>SOBRESALIENTE</b>

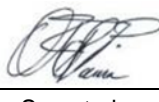
Candidato (b): ..... **LUIS SAUL PEÑA VERA** .....


CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<b>APROBADO</b>	<b>17</b>	<b>B*</b>	<b>MUY BUENO</b>	<b>SOBRESALIENTE</b>


(\*) Ver parte posterior


Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

  
 \_\_\_\_\_  
 Presidente  
 Mg. Milda Amparo  
 Cruz Huaranga

  
 \_\_\_\_\_  
 Secretario  
 Ing. Orlando Alan  
 Poma Porras

  
 \_\_\_\_\_  
 Asesor  
 Ing. Nancy Curasi  
 Rafael

  
 \_\_\_\_\_  
 Miembro  
 Mg. Joel Hugo  
 Fernández Rojas

  
 \_\_\_\_\_  
 Miembro  
 Mg. Jackson Edgardo  
 Pérez Carpio

\_\_\_\_\_  
 Candidato/a (a)  
 Miriam Carlos Lopinta

\_\_\_\_\_  
 Candidato/a (b)  
 Luis Saúl Peña Vera

# **EFFECTO DE LA FORESTACION SOBRE LA CALIDAD DEL SUELO DE LADERAS FORESTADAS DEL AA.HH. EL VOLANTE II Y VOLANTE III, INDEPENDENCIA-LIMA**

**Peña Vera Luis Saul<sup>1\*</sup>, Carlos Lopinta Miriam<sup>2</sup>**

*“EP. Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad  
Peruana Unión”*

---

## **RESUMEN**

La degradación del suelo es uno de los principales factores que atentan contra la sostenibilidad de la utilización de las tierras en América latina. El objetivo de esta investigación es determinar el efecto de la forestación sobre los indicadores de calidad de los suelos de las laderas del AA.HH. El Volante II y III del distrito de Independencia. Se realizó el muestreo de suelos, para luego ser enviados al Laboratorio de Análisis de Suelos, Planta, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) de la Universidad Nacional Agraria La Molina, siendo analizados los principales parámetros como: Textura, Conductividad eléctrica, pH, CaCO<sub>3</sub>, Materia Orgánica, Fósforo, Potasio, CIC, asimismo se hizo el análisis estadístico con el software statistic 13.1. Un diseño en bloque completamente al azar (DBCA) con cuatro repeticiones por cada lote y la comparación de medias se determinó por la prueba de Bonferroni. Los resultados presentaron a los indicadores PH, Capacidad de Intercambio Catiónico y Potasio Disponible con un ICS de Alta calidad, los indicadores Calcáreo Total, Materia Orgánica, Conductividad Eléctrica y Fosforo Disponible presentaron un ICS de baja Calidad; y la comparación por Lotes presentó promedios de ICS entre 0.40 y 0.49 colocándolos como suelos de moderada calidad, resaltando al Lote 4(Lote de Control) con un ICS de 0.42, siendo de menor calidad en comparación con los demás Lotes estudiados. En conclusión, el suelo del parque Forestal Boca de Sapo presentó una ICS de 0.45 ubicándose en la escala como suelos de Moderada Calidad, sin embargo, son suelos que carecen de

materia orgánica y presentan elevada salinidad, en condiciones naturales es imposible el crecimiento de plantas, es por ello que se requiere de riego, además de la adición de nutrientes.

*Palabras clave:* Calidad, Índices, Indicadores, Suelo.

---

## INTRODUCCIÓN

Los suelos cumplen un papel significativo para el crecimiento de alimentos y alojan una gran biodiversidad siendo vital para el contexto del cambio climático en las buenas prácticas de conservación, Cotler et al. (2015). Sin embargo, la degradación del suelo es uno de los principales factores que atentan contra la sostenibilidad de la utilización de las tierras en América latina Cairo et al.(2017), como parte de su sucesión ecológica presenta cambios en su estructura y composición producida por los fenómenos naturales o actividades antropogénicos Sánchez et al.(2007).

Por otro lado, A nivel nacional el 3.9 % de suelos son aptos para cultivo limpio y el 2.1.% cultivo permanente, y el resto de las zonas dependerá de la tecnología disponible e ingeniería de riego MINAGRI(Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú)2015.

En este contexto para la adaptación al cambio climático es la protección de los suelos mediante la plantación de árboles y la forestación con cubierta vegetal para controlar los procesos e impactos negativos de la erosión con especies nativas que tengan un grado de tolerancia al tipo de suelos áridas siendo este un aspecto importante a considerar para la recuperación de suelos. Por ello una de las estrategias para el mantenimiento de la calidad del suelo es necesario seleccionar indicadores de calidad del suelo para una rápida respuesta al cambio “Algunos ejemplos de nombres de autores que emplearon en la sección anterior para citar referencias en el texto (Diaz 2011; Yam et al. (2014))”.

Por consiguiente, esta investigación tiene como objetivo determinar el efecto de la forestación sobre los indicadores de calidad de los suelos de las laderas del AA.HH. El Volante II y III del distrito de Independencia, como objetivo específico determinar el índice de calidad de suelos (ICS) de las laderas del AA. HH El Volante II y III. El cual fue reforestado en el año 2017, con el objeto de proteger a familias en Independencia con el riesgo de desastres y aluviones, ejecutado por Predes, el Centro de Estudios y Prevención de Desastres – con el apoyo

de USAID/PFDA, con una plantación de más de 3500 plantas en distintos Asentamientos humanos El Volante II y El Volante III, bautizado como un parque forestal ecoturístico sostenible denominado “Boca de Sapo”PERU21(2018).

Asimismo, este esfuerzo de forestación se convierte en una respuesta positiva ante las medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático y al desarrollo sostenible MINAM (Ministerio del Ambiente). 2010.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio:

El lugar de estudio comprende la primera etapa del Parque Forestal Ecoturístico “Boca de Sapo” ubicado en las laderas de los AA.HH. Volante II y Volante III del distrito de Independencia, el área de estudio cuenta con 6 hectáreas de las cuales 2.5 están forestada con el uso de plantas nativas PERU21 (2018), como el molle, la tara, palo verde huaranguillo, entre otras. La forestación cuenta con más de 3000 plántones instalados con sistema de riego por goteo.



**Figura 1. Ubicación del Área de Estudio**

### **Muestreo:**

Para el muestreo se siguieron las pautas técnicas mencionadas en la Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo del Departamento de agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica (USDA, 1999) y recomendaciones de la Guía técnica para muestreo de suelos MINAM (Ministerio del Ambiente)2013.

Para la zonificación del área de estudio, se subdividió en 4 unidades experimentales (lotes A, B, C, D), el Lote D fue considerado como Lote de Control, asumiendo que este presenta características edafológicas iguales a las del año 2017 antes de la forestación, para el muestreo se usó el método del zigzag con la finalidad de evitar tener muestras del mismo piso altitudinal, la extracción de las muestras de suelo fue mediante calicatas pequeñas de 40x40 cm con una profundidad de 30 cm.

La cantidad de muestras por lote fueron entre 4-6 muestras de suelo teniendo en consideración los surcos, diferencias de tipos de suelos, diferencias de crecimiento de cultivos, número de plantas y la pendiente. (USDA, 1999), las muestras fueron almacenadas en bolsas herméticas rotuladas y posteriormente enviadas al Laboratorio.

### **Análisis**

El análisis químico se realizó en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Planta, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) de la unidad de investigación y servicios del departamento de suelos de la facultad de agronomía de Universidad Nacional Agraria la Molina

La textura del suelo se analizó por el método del Hidrómetro, la Conductividad eléctrica mediante la medición del contenido de sales solubles del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1, el pH del suelo mediante la medición en el potenciómetro de la suspensión de suelo: agua en relación 1:1, Calcáreo total ( $\text{CaCO}_3$ ) mediante el método gasovolumétrico utilizando un calcímetro, la materia orgánica se analizó por el método de Walkley & black (oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio), nitrógeno total mediante el método del micro-

Kjeldahl, el fósforo disponible mediante el método de Olsen Modificado (extracción con  $\text{NaHCO}_3=0.05\text{M}$ , pH 8.5), potasio disponible por extracción con acetato de amonio, la capacidad de intercambio catiónico se analizó por saturación con acetato de amonio.

### **Análisis Estadístico**

Obtenido los datos, se procedió a realizar el análisis estadístico con ayuda del software Statistic 13.1. Un diseño en bloque completamente al azar (DBCA) con cuatro repeticiones empleados en el experimento. Inicialmente se realizó un análisis de normalidad de la distribución de los datos, empleando la prueba Shapiro-Wilks. Asimismo, se analizó la igualdad de varianzas (homocedasticidad) con el test de Levene. La comparación de medias se determinó por la prueba de Bonferroni. Una vez determinada las medias, se usó la prueba de post hoc para identificar cuáles difieren.

## RESULTADOS

Según resultados obtenidos de las muestras mandadas a laboratorio, se muestra en el cuadro 1, las cuatro repeticiones realizadas para los parámetros de Ph, Materia Orgánica (MO), Conductividad Eléctrica (C.E), Fósforo (P), Potasio (K), también parámetros físicos del suelo y la Capacidad de Intercambio Catiónico, estos valores siendo comparados con el lote D (Control) este último teniendo 6 repeticiones por los diferentes pisos altitudinales que la muestra se encuentra, de esta forma se toma este criterio para la investigación.

**Cuadro 1. Caracterización de los parámetros físico-químicos de los suelos estudiados: media, desviación estándar, mínimos y máximos.**

LOTES	MUESTRA	Características Físicoquímicas															
		PH	C.T %	M.O %	C.E (Ms/cm)	P (ppm)	K (ppm)	Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura	CIC	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>
LOTE A	M1	7.71	0	0.13	2.06	7.3	275	57	27	16	Fr.A	12.96	7.55	3.73	0.83	0.85	0
	M2	7.13	0.1	1.27	6.07	8.9	209	65	27	8	Fr.A	16.8	11.51	4.08	0.56	0.64	0
	M3	6.75	0	0.8	2.17	5.3	286	51	37	12	Fr.	13.92	8.03	3.43	0.78	1.17	0
	M4	7.63	0.1	0.93	3.97	6.6	521	55	29	16	Fr.A	17.76	12.27	3.36	1.15	0.71	0
LOTE B	M1	6.54	0.1	1.4	7.04	6.4	225	57	31	12	Fr.A	17.28	9.49	5.87	0.65	0.58	0
	M2	6.63	0	1.27	8.37	13.1	502	51	35	14	Fr.	17.44	11.08	3.65	1.14	0.77	0
	M3	6.67	0	0.47	7.66	5.9	92	71	21	8	Fr.A	13.92	7.18	4.8	0.28	1.26	0
	M4	6.54	0	0.67	7.02	6.4	366	57	33	10	Fr.A	12.96	6.14	4.83	0.77	0.81	0
LOTE C	M1	6.54	0	2.2	8.14	16.9	736	47	41	12	Fr.	15.52	9.74	3	1.16	1.02	0
	M2	6.5	0	2.33	8.14	13.8	325	53	39	8	Fr.A	19.2	12.48	4.25	0.56	0.91	0
	M3	6.25	0	1.4	5.14	10.1	415	53	35	12	Fr.A	13.28	8.53	2.32	0.62	0.94	0
	M4	5.91	0	1.33	8.35	6.7	98	53	37	10	Fr.A	15.84	9.1	3.53	0.22	1.43	0
LOTE D (Control)	M1	7.92	6.68	0.67	14.87	16.9	459	57	32	11	Fr.A	10.4	8.1	0.67	0.7	0.93	0
	M2	7.84	0.86	0.47	10.04	7.9	508	57	29	14	Fr.A	15.52	10.24	3.4	1.16	0.72	0
	M3	7.84	3.34	0.53	11.04	8.5	161	57	29	14	Fr.A	20.8	14.01	5.35	0.42	1.02	0
	M4	6.63	0	0.4	7.1	4.8	248	57	33	10	Fr.A	14.24	7.25	4.88	0.66	0.95	0
	M5	6.67	0	0.47	5.88	5.4	302	57	33	10	Fr.A	15.36	8.99	4.08	0.55	1.33	0
	M6	7	0.1	0.73	11.85	6.9	235	55	31	14	Fr.A	16.16	11.69	3.38	0.49	0.59	0

§§§PH: Potencial de Hidrogeno; <sup>xxx</sup>CaCCO<sub>3</sub>: Carbonatos(C.T); <sup>¶</sup>MO: Materia orgánica; §C.E: Conductividad eléctrica; <sup>¶</sup>P: Fósforo; <sup>¶¶</sup>K: Potasio; §§CIC: Capacidad de intercambio iónico.

En la Cuadro 2 se muestra el análisis de varianza de cada parámetro evaluado por Lote, encontrándose similitud estadística en todos los parámetros a excepción de la Materia orgánica, PH y Conductividad Eléctrica con un (p<0.05), con un 95% de certeza.

**Cuadro 3. Comparación Múltiple entre Lotes de los parámetros que presentaron diferencias significativas (Prueba Post-Hoc)**

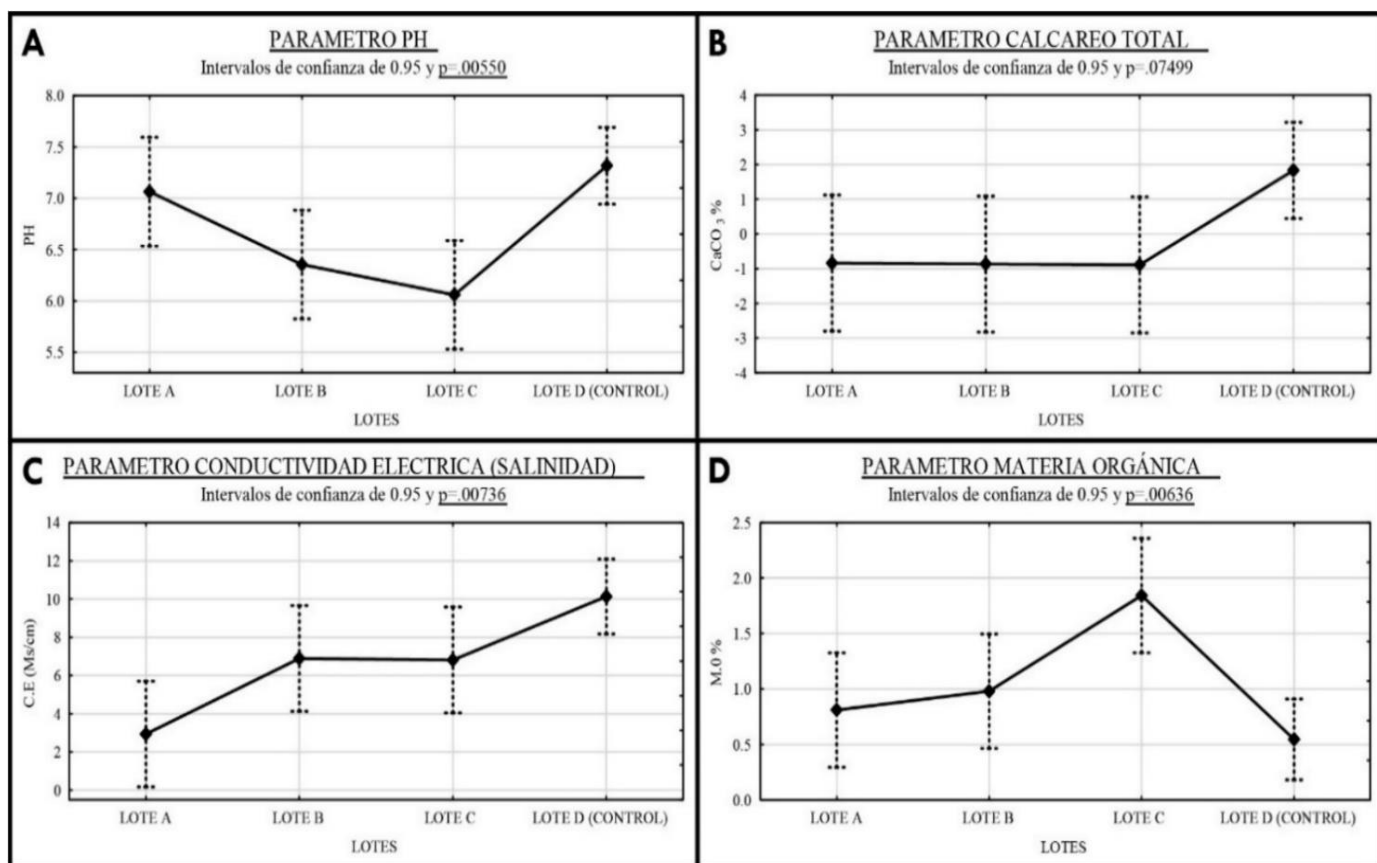
**Cuadro 2. Resumen de los resultados ANOVA obtenidos para los datos de los parámetros evaluados.**

Análisis de Varianza ANOVA					
	Grados de Libertad	SS	MS	F	P
<b>PH<sup>§§§</sup></b>					
Lotes	3	4.1726	1.3909	8.464	0.005499
Muestras	5	1.2962271	0.2592454	1.5776583	0.2599751
Error	9	1.4789063	0.1643229		
<b>C<sup>¶</sup></b>					
Lotes	3	21.79408	7.264692	3.230407	0.074991
Muestras	5	16.21208	3.242415	1.441812	0.297997
Error	9	20.23963	2.248847		
<b>M.O<sup>¶¶</sup></b>					
Lotes	3	3.78182	1.26061	8.08682	0.006364
Muestras	5	0.79944	0.15989	1.02569	0.457197
Error	9	1.40296	0.15588		
<b>C.E<sup>§§</sup></b>					
Lotes	3	103.9521	34.6507	7.72407	0.007355
Muestras	5	32.1017	6.4203	1.43117	0.301227
Error	9	40.3746	4.4861		
<b>P<sup>¶¶¶</sup></b>					
Lotes	3	54.0369	18.0123	1.77839	0.221104
Muestras	5	106.7294	21.3459	2.10753	0.156259
Error	9	91.1556	10.1284		
<b>K<sup>¶¶</sup></b>					
Lotes	3	20347.3	6782.4	0.16922	0.914483
Muestras	5	91594.1	18318.8	0.45705	0.798821
Error	9	360723.3	40080.4		
<b>§CIC</b>					
Lotes	3	1.234	0.411	0.0442	0.986851
Muestras	5	21.677	4.335	0.4655	0.793057
Error	9	83.816	9.313		

En el cuadro 3, se muestra la comparación múltiple entre Lotes: El parámetro PH presentó diferencia significativa entre el Lote A y el Lote C con un  $p=0.043$ ; también entre el Lote C y el Lote D (Control) con un  $p=0.0256$ , el parámetro Materia Orgánica presento diferencias significativas entre el Lote A y el Lote C con un  $p=0.0331$ ; también entre el Lote C y el Lote D con un  $p=0.0059$ , y el parámetro Conductividad Eléctrica presento diferencia significativa entre el Lote A y el Lote D con un  $p=0.0074$ , los demás parámetros presentaron un  $p>0.05$  por lo cual se evidencio una similitud estadística entre los Lotes por cada parámetro.

Parámetros	Comparación Múltiple entre Suelos											
	PH				M.O				C.E			
Lotes	Lote A	Lote B	Lote C	Lote D	Lote A	Lote B	Lote C	Lote D	Lote A	Lote B	Lote C	Lote D
Lote A		0.1781	0.0434	1.0000	0.9438	0.0332	0.8320		0.1432	0.1539	0.0075	
Lote B	0.1781		0.7882	0.1223	0.9438		0.0775	0.4998	0.1432		1.0000	0.3600
Lote C	0.0434	0.7882		0.0256	0.0332	0.0775		0.0059	0.1539	1.0000		0.3366
Lote D	1.0000	0.1223	0.0256		0.8320	0.4998	0.0059		0.0075	0.3600	0.3366	

Los resultados destacaron diferencias significativas entre Lote A vs Lote C y Lote C vs Lote D, en los parámetros Materia Orgánica, PH y conductividad eléctrica, eso nos indica la marcada diferencia existente entre el Lote D respecto a los demás Lotes.



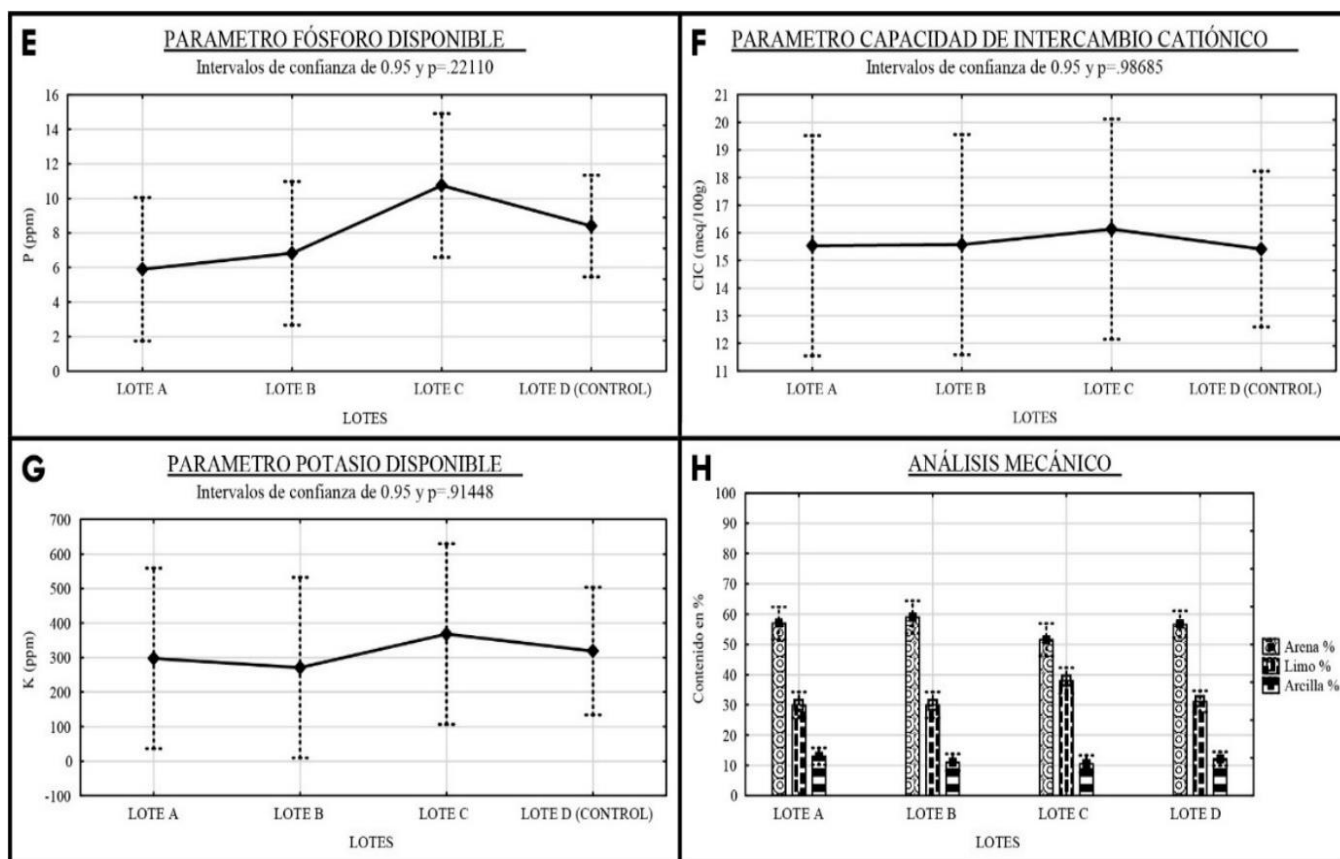
**Figura 2. Comparación entre lotes, los siguientes parámetros (Ph, calcáreo total, conductividad eléctrica, materia orgánica)**

En la figura 2(A), se aprecia que el pH del lote A y el lote D son ligeramente alcalinos con una media de 7.305 y 7.316 respectivamente. Este tipo de suelos al ser neutro nos indica que contienen altos niveles de Ca, Mg, pero muestran deficiencias de micronutrientes, también la disponibilidad de P es baja. Asimismo, el lote B y C son ligeramente ácidos con medias de 6.5

y 6.3 respectivamente, esta condición es adecuada para la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Osorio, 2012). además el Ph ideal para los cultivos, microorganismos funcionen de manera óptima son de 6.4 – 7 (Millán, Vázquez, Terminiello, & Sbuscio, 2011) asimismo (Ramírez, Rivera, Marin, Rojano, & Gallo, 2012) menciona que el pH óptimo para el crecimiento bacteriano es cercano a un valor de 7.

La conductividad eléctrica 2(C), presento una media máxima de 10.1 mS/cm el Lote D y una mínima de 3.5 mS/cm en el Lote A, existiendo una diferencia significativa entre ambos con un  $p=0.007488$ , no obstante, los demás lotes no presentan diferencias significativas entre ellos. Barbaro *et al* (2012) recomiendan que la conductividad eléctrica ideal para un suelo agrícola debe ser menor que 2 dS/m. además INTAGRI (2017) menciona que la salinidad disminuye el crecimiento de los cultivos, al ocasionar una disminución en la disponibilidad de agua, llegando a presentar síntomas similares a los provocados por una sequía, aun cuando se tengan niveles suficientes de humedad en el suelo. Por lo tanto, los suelos de los Lotes no son aptos para la agricultura debido a que presentan niveles altos de salinidad.

En el Figura 2(D), se aprecia que el contenido de Materia Orgánica es menor al 2% en los 4 Lotes, destacando el Lote C con una media de 1.8% y el Lote D con 0.5%, por lo cual se deduce que el contenido de materia orgánica en los Lotes es (<2%). Reynolds *et al* (2006) menciona que, En los ambientes áridos y semiáridos, las condiciones ambientales para el crecimiento de plantas, no son las idóneas, por la escasez de agua, altas temperaturas, falta de materia orgánica, etc. Entonces teniendo en cuenta que los suelos estudiados son áridos y que presentan bajo contenido de materia orgánica, se deduce que no presentan las condiciones para siembra agrícola.



**Figura 3. Comparación entre lotes de los parámetros (Fósforo disponible, capacidad de intercambio catiónico, potasio disponible, análisis mecánico).**

En la figura 3(E), el Fosforo Disponible en el lote C tiene una media de 11.87 ppm siendo una cantidad media a comparación de los lotes A, B y D que tienen una media de 7.025 ppm, 7.95 ppm y 8.4 respectivamente. Por lo tanto, estos suelos contienen valores a una cantidad suficiente para contener micronutrientes para el crecimiento de una planta, según (Zenaida, Hernández-hernández, Bravo, Rivero, & Toro, 2012) el fósforo es uno de los elementos más importantes para el crecimiento de las plantas, la producción y cultivo. Además, la baja disponibilidad de P se genera por la alta reactividad de los fosfatos inorgánicos con los oxihidroxidos de Fe, Al. (Hernández Valencia & Montserrat, 2005).

El potasio Disponible 3(G) en el lote C tiene una media de 393.5 ppm encontrándose en cantidad disponible alta, asimismo los lotes A, B y D tienen una media de 322.75 ppm, 296.25

y 318.8 ppm respectivamente de igual manera encontrándose en cantidades altas. Por lo tanto los suelos son adecuados para la producción de plantas, asimismo el potasio se encuentra en grandes cantidades en las fracciones arena y limo, siendo portadores de potasio (Gustavo, A, & La, 2016).

En cuanto a capacidad de intercambio catiónico 3(F) los suelos estudiados presentan valores entre 15 y 16 meq/100g, Según Cano (2014), A medida que el contenido de arcilla y/o materia orgánica aumentan, el suelo en cuestión tendrá mayor CIC. Esta capacidad de retener e intercambiar cationes es un indicador directo de la fertilidad de los suelos; los suelos de textura gruesa (arenosos) poseen una CIC menor, por lo tanto, los cationes son retenidos sólo en una baja proporción.

En la Figura 3(H) se aprecia que mediante el análisis mecánico los suelos de los cuatro Lotes son franco Arenosos, por lo cual en términos de CIC, los suelos poseen una baja capacidad de retener e intercambiar cationes debido a la textura Arenosa, siendo así poco fértiles debido.

### **Índices de calidad**

Para realizar la evaluación de la calidad de los suelos del parque forestal Boca de Sapo, se consideraron los indicadores utilizados durante todo el proceso de análisis. Para la obtención de un valor único de cada parámetro por zona, se realizó un promedio ponderado de acuerdo a la proporción que representa cada manejo en el área total por zona estudiada. Los Indicadores fueron normalizados utilizando una escala 0-1 que representan, respectivamente, la peor ( $V_n=0$ ) y mejor ( $V_n=1$ ) condición desde el punto de vista de la calidad; independientemente los valores medidos para cada indicador, resultados obtenidos de cálculos, para lo cual Según Cantu *et al* (2017) menciona que existen dos situaciones: la primera es cuando el valor máximo del indicador ( $I_{max}$ ) corresponde a la mejor situación de calidad de suelo (Valor normalizado del indicador:  $V_n = 1$ ) y el cálculo es  $V_n = I_m - I_{min} / I_{max} - I_{min}$ . La otra situación es cuando

el valor  $I_{max}$  corresponde a la peor situación de calidad de suelo ( $V_n = 0$ ) y se calcula como:  
 $V_n = 1 - (I_m - I_{min} / I_{max} - I_{min})$ . Donde  $V_n$  = valor normalizado,  $I_m$  = medida del indicador,  
 $I_{max}$  = valor máximo del indicador,  $I_{min}$  = valor mínimo del indicador.

Los valores máximos y mínimos fueron obtenidos de fuentes agrícolas, quienes establecieron valores únicos para cada indicador, de acuerdo a sus estudios realizados.

**Cuadro 4. Atributos usados como valores Máximos y Mínimos de la calidad de suelos agrícolas. (SSDS,1993)**

Indicador	Unidad de Medida	Max (Valor Máximo)	Min (Valor Mínimo)
<sup>§§§</sup> PH	-	7.3	4.5
<sup>Ca</sup> CaCO <sub>3</sub> %	%	20	0
<sup>M.O</sup> M.O %	%	10	0
<sup>C.E</sup> C.E	(mS/cm)	10	0
<sup>P</sup> P	(ppm)	18	3
<sup>K</sup> K	(ppm)	400	50
<sup>§§</sup> CIC	(meq/100g)	20	5

<sup>§§§</sup>PH: Potencial de Hidrogeno; <sup>Ca</sup>CaCO<sub>3</sub>: Carbonatos (C.T); <sup>M.O</sup>MO: Materia orgánica; <sup>C.E</sup>C.E: Conductividad eléctrica; <sup>P</sup>P: Fósforo; <sup>K</sup>K: Potasio; <sup>§§</sup>CIC: Capacidad de intercambio iónico.

## DISCUSIÓN

El índice de calidad del suelo evaluado, se obtuvo sumando los valores de todos los indicadores y dividiendo entre la cantidad de esos mismos indicadores, lo que resulta valores promedios. Para su interpretación, se utilizó una escala de transformación en cinco clases de calidad de suelo propuesta por Prieto-Medez *et al* (2013).

**Cuadro 5. Clases de Calidad de Suelo. Estado de Hidalgo, México (Prieto et al, 2013)**

Índice de calidad de suelos	Escala	Clase
Muy alta calidad	0,80 - 1,00	1
Alta calidad	0,60 - 0,79	2
Moderada calidad	0,40 - 0,59	3
Baja calidad	0,20 - 0,39	4
Muy baja calidad	0,00 - 0,19	5

**Cuadro 6. Indicadores e Índices de la Calidad del Suelo (ICS).**

Indicador	Valores de ICS por indicadores				ICS
	Lote A	Lote B	Lote C	Lote D	Promedio
§§§PH	1.000	0.748	0.643	1.000	<b>0.85</b>
ᶄCaCCO3%	0.003	0.001	0.000	0.092	<b>0.02</b>
¶M.O %	0.078	0.095	0.182	0.055	<b>0.10</b>
§C.E	0.643	0.248	0.256	0.000	<b>0.29</b>
ᶄP	0.268	0.330	0.592	0.360	<b>0.39</b>
¶¶K	0.779	0.704	0.981	0.768	<b>0.81</b>
§§CIC	0.691	0.693	0.731	0.694	<b>0.70</b>
<b>Valores promedios</b>	<b>0.49</b>	<b>0.40</b>	<b>0.48</b>	<b>0.42</b>	<b>0.45</b>

§§§PH: Potencial de Hidrogeno; ᶄCaCCO3: Carbonatos; ¶MO: Materia orgánica; §C.E: Conductividad eléctrica; ᶄP: Fósforo; ¶¶K: Potasio; §§CIC: Capacidad de intercambio iónico.

Del cuadro 6, el indicador que presento menor valor en promedio para los 4 Lotes fue el Calcáreo total (0.02), seguido de la Materia Orgánica (0.10), mientras que el mayor correspondió a el pH (0.85); la conductividad eléctrica (0.29), fosforo disponible (0.39), potasio disponible (0.81) y la capacidad de intercambio catiónico presento un valor de ICS promedio de 0.70.

El valor promedio de ICS del PH se ubica en la clase 1, siendo de alta calidad, lo que indica que el suelo no es ácido y tampoco alcalino, por lo tanto, presenta un pH optimo que varía entre 6.5 y 7 (Barbaro *et al* 2012). El valor promedio de ICS del calcáreo total es de 0.02 siendo de muy baja calidad (clase 5), este resultado tiene estrecha relación y dependencia con el promedio de ICS de la materia Orgánica que también es de Muy Baja Calidad (clase 5) presentando casi nula presencia de materia orgánica en los suelos de los 4 lotes. El indicador de Conductividad Eléctrica es de baja calidad (clase 4), siendo suelos que van desde moderadamente salinos a fuertemente salinos, por lo tanto, no son óptimos para la siembra. El fosforo disponible presento un promedio de ICS de baja calidad (clase 4), la baja disponibilidad de P se genera por la alta reactividad de los fosfatos inorgánicos con los oxihidroxidos de hierro y aluminio. (Hernández Valencia & Montserrat, 2005), haciendo de los suelos no presenten las condiciones adecuadas

para la siembra. El potasio disponible presento un promedio de ICS de muy alta calidad (clase 1), por lo tanto, en términos de potasio es apto para la siembra. El indicador Capacidad de Intercambio Catiónico presenta un ICS de alta calidad (clase 2), tiene alta capacidad de retener e intercambiar cationes lo cual es un indicador directo de la fertilidad de los suelos.

El promedio de ICS por Lotes, presento a todos los lotes en Moderada Calidad (clase 3), teniendo al Lote A (0.49) y Lote C (0.48) con más alto ICS respecto a el Lote D que es el Lote de Control, por lo tanto, el Lote D presenta menor índice de calidad ya que en este suelo no hay sembríos y tampoco riego que es la diferencia más marcada respecto a los Lotes A, B y C, en los cuales hay plantas de tara, Molle, tuna, Palo Verde, Guaranguay y Guaranguillo.

## **CONCLUSIONES**

A raíz de la forestación del año 2017 los parámetros MO, pH, CE presentaron diferencias significativas; la Materia Orgánica (MO) aumentó con respecto al lote de control (0.5%), la Conductividad eléctrica presentó una disminución de la salinidad respecto al lote de control (10.1 mS/cm), asimismo el Ph presentó una variación, yendo de suelos alcalinos (lote de control) a suelos ligeramente ácidos. No obstante, los demás parámetros como Carcario Total, Fosforo Disponible, Potasio Disponible, Capacidad de Intercambio Catiónico no presentaron diferencias significativas respecto al lote de control.

Los suelos del parque Forestal Boca de Sapo presentaron una ICS de 0.45 ubicándose en la escala como suelos de Moderada Calidad, sin embargo, son suelos que carecen de materia orgánica por el tipo de suelo y presentan una elevada salinidad, en condiciones naturales es imposible el crecimiento de plantas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bautista Cruz, A., Etchevers Barra, J., Castillo, R. F., & Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Evaluation*, 13(2), 90–97. <https://doi.org/10.1111/j.1564-9148.2008.00030.x>
- Barbaro, L., Karlanian, M., & Mata, D. (2012). Importancia del pH y la Conductividad Eléctrica en los sustratos para plantas. 1-5. Obtenido de [http://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-\\_importancia\\_del\\_ph\\_y\\_la\\_conductividad\\_elctrica.pdf](http://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_importancia_del_ph_y_la_conductividad_elctrica.pdf)
- Cairo, P., Reyes, A., Aro, R., & Robledo, L. (2017). *Efecto de las coberturas en algunas propiedades del suelo Finca la Morrocuya, Barinas, Venezuela*. 40.
- Cantu, M., Becker, A., & Bedano, J. (10 de Julio de 2017). Evaluacion de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e indices.
- Cano, M. (7 de Julio de 2014). Manejo y Corrección de la Acidez de los Suelos. *Agricultura*. Obtenido de <http://tiposagricultura.blogspot.com/2014/07/acidez-y-alcalinidad-de-los-suelos.html>
- Cotler, H., Cram, S., Martínez Trinidad, S., & Bunge, V. (2015). Evaluación de prácticas de conservación de suelos forestales en México: Caso de las zanjas trinchera. *Investigaciones Geograficas*, 2015(88), 6–18. <https://doi.org/10.14350/rig.47378>
- Diaz Mendoza, C. (2011). Alternativas para el control de la erosión mediante el uso de coberturas convencionales, no convencionales y revegetación. *Ingenieria e Investigacion*, 31(3), 80–90.
- Gustavo, M., A, L., & La, G. (2016). Niveles de disponibilidad y reservas de potasio en Argentina. *Sesión I*, 13–59.
- Hernández Valencia , I., & Montserrat, B. (2005). Cambios en el contenido de fósforo en el suelo superficial por la conversión de sabanas en pinares. *SciELO*, 67-78. Obtenido de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-33612005000200001&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612005000200001&lng=es&tlng=es).
- INTAGRI. (2017). La Conductividad Eléctrica del Suelo en el Desarrollo de los Cultivos. *INTAGRI, Serie Suelos*(26), 1-5. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-conductividad-electrica-del-suelo-en-el-desarrollo-de-los-cultivos>
- Millán, G., Vázquez, M., Terminiello, A., & Sbuscio, D. S. (2011). *Efectos de las enmiendas básicas sobre el complejo de cambio en algunos suelos ácidos de la región Pampeana*. 28(2), 131–140.
- MINAGRI. (2015). Potencial de los suelos. Retrieved November 29, 2020, from <http://minagri.gob.pe/portal/43-sector-agrario/suelo/331-potencial-de-los-suelos>
- MINAM. (2010). Plan de acción de adaptación y mitigación frente al cambio climático.
- MINAM, & Dirección General de Calidad Ambiental. (2013). Guía para muestreo de suelos. *Ministerio Del Ambiente*, 38. Retrieved from [http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO\\_MINAM1.pdf](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO_MINAM1.pdf)
- Osorio, N. W. (2012). pH del suelo y disponibilidad de nutrientes. *Manejo Integral Del Suelo y Nutrición Vegetal*, 1(4), 4–4. Retrieved from [http://www.walterosorio.net/web/sites/default/files/documentos/pdf/1\\_4\\_pH\\_del\\_suelo\\_y\\_nutrientes\\_0.pdf](http://www.walterosorio.net/web/sites/default/files/documentos/pdf/1_4_pH_del_suelo_y_nutrientes_0.pdf)
- PERU21. (2018). Se inauguró parque forestal que protegerá a familias en Independencia | LIMA | PERU21. Retrieved November 29, 2020, from Noticias website: <https://peru21.pe/lima/parque-forestal-protegera-familias-viven-laderas-cerros-independencia-399938-noticia/>
- Prieto-Medez, J., Prieto-Garcia, F., Acevedo-Sandoval, A., & Mendez-Marzo, M. (Enero- Junio de 2013). Indicadores e indices de la calidad de los suelos (ICS) cebaderos del sur del estado de Hidalgo Mexico. *Agronomia Mesoamericana*, 24(1), 83-91. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/437/43726204013.pdf>

- Ramírez, O., Rivera, A., Marin, L., Rojano, A., & Gallo, A. (2012). Biorremediación de un suelo con disel. *Gestión y Medio Ambiente*, 15(1), 27–39.
- Reynolds, J., Maestre, F., Huber-Sannwald, E., Herrick, J., & Kemp, P. (2006). Aspectos socioeconómicos y biofísicos de la desertificación. *Ecosistemas*. Obtenido de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/140>
- Sánchez Sánchez, O., Valdez Hernández, M., & Islebe, G. (2007). Flora arbórea y caracterización de gremios ecológicos en distintos estados sucesionales de la selva mediana de Quintana Roo. *Foresta Veracruzana*. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49790203>
- Staff Soil Survey Division, & SSSS. (1993). Soil Survey Manual. 18, 437. Washington D. C., United States Department Of Agriculture (USDA).
- USDA. (1999). Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo . (D. d. Norteamérica, Ed.) Obtenido de [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf)
- Yam Chin, C., Montañez Escalante, P., & Ruenes Morales, R. (2014). Crecimiento de plantas jóvenes de *Cordia dodecandra* (Boraginaceae) en tres etapas sucesionales de vegetación en Calotmul, Yucatán. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(2), 589–597. <https://doi.org/10.7550/rmb.34996>
- Zenaida, L., Hernández-hernández, R. M., Bravo, C., Rivero, C., & Toro, M. (2012). Disponibilidad de fósforo en un suelo de las sabanas bien drenadas venezolanas, bajo diferentes coberturas y tipo de fertilización. 37, 2012.