

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Caracterización química del suelo de las áreas verdes mediante estadístico univariante y análisis de correlación de Spearman en la Universidad Peruana Unión

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Jhon Cesar Quispecuro Huaman

Diana Rocio Angel Rivas

Asesor:

Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga

Lima, abril de 2021

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Yo Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: “**CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL SUELO DE LAS ÁREAS VERDES MEDIANTE ESTADÍSTICO UNIVARIANTE Y ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DE SPEARMAN EN LA UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**” constituye la memoria que presentan los Bachilleres Jhon Cesar Quispecuro Huaman y Diana Rocio Angel Rivas 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 17 días del mes de abril del año 2021



Milda Amparo Cruz Huaranga

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los **09 días** día(s) del mes de **abril** del año 2021 siendo **las 09:20 horas**, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Mg. Jackson Edgardo Pérez Carpio**, el secretario: **Mg. Joel Hugo Fernández Rojas**, y los demás miembros: **Ing. Orlando Poma Porras** y la **Mg. Iliana Del Carmen Gutiérrez Rodríguez** y el asesor **Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga**, con el propósito de **administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Caracterización química del suelo de las áreas verdes mediante estadístico univariante y análisis de correlación de Spearman en la Universidad Peruana Unión"** de el(los)/la(las) bachiller/es: a) **DIANA ROCIO ANGEL RIVAS**

.....b) **JHON CÉSAR QUISPECURO HUAMAN**.....

.....conducente a la obtención del título profesional de **INGENIERO AMBIENTAL** con mención en.....
(Nombre del Título profesional)

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)/a(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): **DIANA ROCIO ANGEL RIVAS**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	18	A-	Muy Bueno	Sobresaliente

Candidato (b): **JHON CÉSAR QUISPECURO HUAMAN**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	18	A-	Muy Bueno	Sobresaliente

(*) 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. Jackson Edgardo
Perez Carpio



Secretario
Mg. Joel Hugo
Fernandez Rojas


Asesor
Mg. Milda Amparo
Cruz Huaranga

Miembro
Ing. Orlando Alan
Poma Porras

Miembro
Mg. Iliana Del Carmen
Gutierrez Rodriguez



Candidato/a (a)
Diana Rocio Angel
Rivas



Candidato/a (b)
Jhon César
Quispecuro Huaman

1 **Caracterización química del suelo de las áreas verdes mediante estadístico univariante y**
2 **análisis de correlación de Spearman en la Universidad Peruana Unión**

3 **Chemical characterization of the soil in green areas using univariate statistics and**
4 **Spearman correlation analysis at the Universidad Peruana Unión.**

5 Jhon Cesar Quispecuro-Huaman^{1*}; Diana Rocio Angel Rivas²; Milda Amparo Cruz-Huaranga³

6 ¹ <https://orcid.org/0000-0002-2331-979X>

7 ² <https://orcid.org/0000-0002-6291-7485>

8 ³ <https://orcid.org/0000-0002-1992-6650>

9 * *Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Académico*
10 *Profesional de Ingeniería Ambiental, Carretera Central Km 19,5 Ñaña, Chosica*

11 *Jhon Cesar Quispecuro Huaman*

12 jhonquispecuro@upeu.edu.pe

13

- 14
- Se mostraron correlaciones positivas entre todos los parámetros químicos estudiados.
- 15
- Estadísticamente a nivel general existe diferencias significativas en los efectos a partir
- 16
- de la calidad del agua con el que se riegan las áreas de estudio.
- 17
- La caracterización química de las tres áreas de estudio son indicadores analíticos de la
- 18
- calidad del suelo de las áreas verdes de la Universidad Peruana Unión.
- 19

20

Resumen

21 El propósito principal fue caracterizar químicamente las áreas verdes de la Universidad Peruana
22 Unión de acuerdo con la dinámica entre suelo receptor, soporte biológico y aportes químicos
23 del agua utilizada para su riego. Los parámetros evaluados fueron pH, Nitrógeno Total, Materia
24 Orgánica y Fósforo disponible, para lo cual se utilizó el estadístico análisis de varianza
25 univariante y el coeficiente de correlación de Spearman. El pH resultó ser el único parámetro
26 significativo entre las áreas de estudio, se mostraron correlaciones altas entre Nitrógeno Total,
27 Materia Orgánica y Fósforo Disponible, proporcionando así, una base sobre la cual, se puedan
28 formular modelos biogeoquímicos, predecir y observar con precisión la dinámica química del
29 suelo y evaluar zonas verdes extensas de naturaleza silvestre, forestal, rural o agrícola en el
30 entorno inmediato o integrados en el espacio urbano.

31 **Palabras clave:** áreas verdes; fósforo disponible; materia orgánica; pH; nitrógeno.

32

Abstract

33 The main purpose was to chemically characterize the green areas of the Universidad Peruana
34 Unión according to the dynamics between the receiving soil, biological support and chemical
35 contributions of the water used for irrigation. The parameters evaluated were pH, total nitrogen,
36 organic matter and available phosphorus, for which the univariate analysis of variance and
37 Spearman's correlation coefficient were used. The pH proved to be the only significant
38 parameter among the study areas, and high correlations were shown between Total Nitrogen,
39 Organic Matter and Available Phosphorus, thus providing a basis on which to formulate
40 biogeochemical models, predict and accurately observe soil chemical dynamics and evaluate
41 extensive green areas of wild, forest, rural or agricultural nature in the immediate environment
42 or integrated into the urban space.

43 **Key words:** green areas; available phosphorus; organic matter; pH; nitrogen.

44 **1. Introducción**

45 El crecimiento cultural se ha visto influenciado en los dos últimos milenios principalmente por
46 las condiciones hidromórficas e hidroclimatológicas (Toonen *et al.*, 2021). Metodologías a
47 nivel global se han ido desarrollando para evaluar la calidad del suelo, la gestión sostenible del
48 agua, la incertidumbre climática (Hassani *et al.*, 2020) y evaluar los efectos del cambio
49 climático y la gestión de los recursos naturales en la calidad del suelo (Liu *et al.*, 2020).
50 Asimismo, el último informe sobre los riesgos mundiales (World Economic Forum, 2020)
51 muestra por primera vez, los cinco primeros riesgos mundiales en términos de probabilidad
52 (riesgos medioambientales) siendo uno de ellos la grave pérdida de biodiversidad, y el colapso
53 de los ecosistemas (tierra y agua). El agua dulce es un recurso precioso, y su escasez puede
54 provocar estrés hídrico, lo que repercute en la agricultura, la industria y otros sectores
55 (Dingemans *et al.*, 2020).

56 Akroush *et al.* (2016) indica que la tenencia de grandes extensiones de tierra conlleva a buscar
57 tecnologías de captación para los recursos hídricos (agua subterránea, agua de lluvia, agua de
58 mar, aguas residuales tratadas e inclusive no tratadas). Donde la reutilización de las aguas
59 residuales se considera cada vez más una oportunidad para satisfacer la demanda de agua dulce
60 debido al acelerado crecimiento de la población, la contaminación causada por éstos en los
61 cuerpos de agua y la distribución no equitativa del recurso hídrico, han obligado a reusar las
62 aguas residuales principalmente en las actividades agrícolas (Silva *et al.* 2008).

63 Aunque el uso de aguas residuales en la agricultura pueden traer beneficios, su uso incontrolado,
64 a menudo trae impactos negativos sobre la salud humana (FAO, 2013). Sin embargo, si se
65 implementan buenas prácticas de manejo, estos efectos podrían ser reducidos (OPS & OMS,
66 2012). Cruz *et al.* (2016) recomienda el reúso de aguas residuales tratadas mediante macrófitas
67 flotantes para riego de áreas verdes. Asimismo, Valdes *et al.* (2019) plantea que el uso de aguas
68 tratadas para riego, disminuyen la demanda del uso de agua dulce y la sostenibilidad de
69 acuíferos.

70 Sin embargo, Guo *et al.* (2017), menciona que el riego con agua tratada afecta la composición
71 química del suelo, principalmente la conductividad eléctrica, cantidad de nitrógeno y materia
72 orgánica afectando así la composición microbiana del suelo (Chodak *et al.*, 2015). La relación
73 directa entre composición química del suelo, la composición microbiana y el agua que se usa
74 para su riego, influye también en la biodiversidad presente (Singh *et al.*, 2016). Además,
75 Sánchez *et al.* (2019) justifica la importancia de identificar las propiedades químicas del suelo,

76 ya que éstas definen el comportamiento dinámico (transporte, infiltración, adsorción, absorción
77 y liberación gaseosa) de compuestos químicos del agua. De Oliveira *et al.* (2017) indica que el
78 uso de aguas residuales proporciona incrementos a las concentraciones químicas originales de
79 las áreas regadas (Simonete *et al.*, 2003). El riego debe ser realizado teniendo en cuenta las
80 características iniciales del suelo en armonía con las características del agua (Sánchez *et al.*
81 2019).

82 Zamora *et al.* (2008) manifestó la importancia de evaluar los efectos del riego en áreas verdes
83 con aguas residuales, ya que se han evaluado cambios positivos y negativos en las propiedades
84 químicas del suelo. Por tanto, es necesario evaluar el uso del agua tratada para riego de áreas
85 verdes, cuantificando su impacto en las propiedades químicas del suelo para asegurar que su
86 uso no solo mejora la fertilidad y productividad del suelo, sino que también, mantiene la calidad
87 de los recursos y asegura que no causen problemas ambientales o de salud pública.

88 Es por ello, que este trabajo de investigación tuvo por objetivo caracterizar las propiedades
89 químicas (pH, % materia orgánica, fósforo disponible y nitrógeno total) del suelo de las áreas
90 verdes mediante estadístico univariante y análisis de correlación de Spearman.

91 **2. Materiales y métodos**

92 *2.1 Área de estudio*

93 El área de estudio se encuentra ubicado en el campus de la Universidad Peruana Unión
94 (11°59'30,73"S, 76°50'24,56"O), distrito de Lurigancho Chosica – Lima (Fig. 1). La altitud del
95 área de estudio oscilo entre 516 y 521 msnm. Esta área presento un clima húmedo debido a la
96 influencia de la corriente marina de Humboldt, una temperatura y precipitación media anual de
97 19,2 °C y 2 ml respectivamente y la velocidad del viento promedio anual es de 96,5 km/d.

98 El tipo de suelo principal en el área de estudio posee afloramientos rocosos, estratos de grava
99 que conforman los conos de deyección de los Ríos Rímac y Chillón y los estratos de grava
100 coluvial-eluvial de los pies de la ladera (SINIA, 2012).

101 La Universidad Peruana Unión cuenta con un total de 15 ha de áreas verdes, que son regados
102 con diferentes especímenes de agua provenientes de la Laguna La Mansión situada dentro del
103 mismo campus universitario (que recibe tratamiento mediante macrófitas flotantes), agua del
104 canal de riego del Río Rímac y agua subterránea.

105 Para este estudio se realizó una delimitación, el cual fue dividida en 3 áreas principales de
106 acuerdo con la información obtenida por Gerencia de Servicios de la Universidad Peruana
107 Unión: área 1 “área de campamento” que es regado con agua residual proveniente del canal
108 (Río Rímac), área 2 “área de los huarangos” que es regado con agua residual tratada mediante
109 macrófitas flotantes proveniente de la laguna La Mansión y área 3 “área de las residencias” que
110 es regado con agua subterránea.

111 *2.2 Obtención de muestras y análisis*

112 Los lugares de muestreo se observan en la Figura 1. Las muestras fueron recopiladas en enero
113 del 2021 de las 3 áreas de estudio, recopilando 5 muestras por cada área, para este fin se
114 realizaron calicatas de 30 x 30 cm con una profundidad de 50 cm y se extrajo suelo para la
115 muestra, posterior a ello, se tamizó y pesó 1 kg por muestra, luego fueron almacenados en bolsas
116 ziploc con respectiva codificación (MINAM, 2014).

117 Los análisis químicos (pH, % de materia orgánica, fósforo disponible y nitrógeno total) fueron
118 realizados en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF)
119 de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Para ello, las muestras se secaron a
120 temperatura ambiente (26 °C) y bajo sombra, se molieron y tamizaron con un tamiz (2mm y
121 0,5 mm de diámetro), para los análisis de pH (medición en el potenciómetro de la suspensión

122 de suelo: agua en relación 1:1), para materia orgánica (método de Walkley y Black, oxidación
123 del carbono orgánico con dicromato de potasio), también para nitrógeno total (método de
124 Kjeldahl) y para Fósforo disponible (método de Olsen modificado, extracción con NaHCO_3 0,5
125 N; pH 8,5) (LASPAF, 2021).

126 *2.3 Análisis estadístico*

127 Las características químicas de los distintos lugares de muestreo en las áreas 1; 2 y 3 presentaron
128 una distribución normal, se utilizó el Análisis de Varianza (ANOVA) para identificar la
129 diferencia significativa entre las medias de tres o más grupos (Lawson, 2015), esta prueba nos
130 permitió valorar el efecto de la variable independiente sobre las variables dependientes con un
131 nivel de significancia de 0,05. Se utilizó el análisis de correlación de Spearman para examinar
132 las relaciones entre las características químicas (Zhou & Li, 2020) utilizando el software de
133 acceso libre R estudio (RStudio Team, 2020).

134 **3. Resultados y discusión**

135 *3.1 Características químicas de las áreas de estudio*

136 En la Tabla 1, se presenta los niveles de pH, Nitrógeno Total, Materia Orgánica y Fósforo
137 Disponible de áreas regadas con agua del canal (1, n=5), con agua de la laguna (2, n=5) y con
138 agua subterránea (3, n=5). De la Tabla 1, se encontró un pH (de las 3 áreas estudiadas) de 7,88
139 máximo, mínimo de 7,23 y una media de 7,53. Para el Nitrógeno Total se encontró un máximo
140 porcentaje de 0,28, mínimo de 0,08 y una media de 0,13. Para Materia Orgánica se encontró un
141 máximo porcentaje de 3,5%, mínimo de 0,74 y una media de 1,73 y para el Fósforo Disponible
142 se encontró una concentración máxima de 78,50 ppm, mínimo de 14,20 ppm y una media de
143 24,03 ppm. Los niveles de pH se encuentran en el rango observado del agua proveniente de la
144 laguna “La Mansión”, el agua del canal y agua subterránea en la Universidad Peruana Unión
145 (Giraldo, 2018) y (Jurado *et al.* 2014). Para el Nitrógeno Total se encontró una mayor media en
146 el área 3. De acuerdo con Su *et al.* (2020) el contenido del nitrógeno en el agua subterránea se
147 incrementa por la presencia de aguas residuales (agua del canal y agua de la Laguna), el tipo de
148 suelo explicaría los resultados obtenidos que se incrementó por la tasa de infiltración de aguas
149 superficiales (SINIA, 2012). De igual forma para Materia Orgánica se observó que los
150 resultados no varían significativamente ya que se mantuvo la misma profundidad para la
151 extracción de las 15 muestras (Díaz Lezcano *et al.*, 2020).

152 En caso del Fósforo Disponible, se presentó el mayor valor de la media en el área 3, esto se dio
153 debido a la presencia de un resultado atípico, el cual representa en sí mismo más del 50% de la

154 media para el total de resultados en al área 3, el valor atípico podría deberse a la presencia de
155 fertilizantes utilizados por Gerencia de Servicios de la Universidad Peruana Unión para el
156 mejoramiento estético de los lugares que están contemplados en el área 3(pequeños jardines)

157 *3.2 Comparaciones de propiedades químicas del suelo*

158 En la Figura 2, se muestra el análisis de ANOVA de Welch y Tukey test para las 3 áreas de
159 estudio. Para el pH (Figura 2) se muestra en el área 3 una media mayor de pH ($\mu=7,70$),
160 comparadas con las áreas 1 ($\mu=7,45$) y 2 ($\mu=7,46$). Asimismo, es observado diferencia
161 significativa ($p < 0,05$) entre el área 3 y las áreas 2 y 1, pero no fue encontrado diferencia
162 significativa ($p > 0,05$) entre el área 1 y 2. Zamora et al. (2008) mencionan que las aguas
163 residuales (área 1 y 2)contribuyen en la disminución de los niveles de pH en el suelo, esto
164 explicaría por qué el pH en estas dos áreas es menor al área 3(regada con agua subterránea).
165 Jurado et al. (2014) observo el pH (7,8) del agua subterránea en la Universidad Peruana Unión.
166 Por otro lado, Luna & Aburto, (2014) indican que el nivel de pH dentro del intervalo (6,5 a 8)
167 no afectan negativamente en la composición química del suelo.

168 En la Figura 3, se muestra el análisis de ANOVA de Welch y Tukey test para las 3 áreas de
169 estudio. Para el Nitrógeno Total (Figura 3) se muestra en el área 3 una media mayor de
170 Nitrógeno Total ($\mu=17\%$), comparadas con las áreas 1 ($\mu=0,11\%$) y 2 ($\mu=0,12\%$). Asimismo,
171 no se observó diferencia significativa ($p < 0,05$) entre ninguna de las 3 áreas. Se muestra un
172 patrón consecuente (repite el orden jerárquico de las medias) de acuerdo al porcentaje de
173 materia Orgánica en las tres áreas de estudio. Asimismo, de acuerdo con Acevedo et al. (2011)
174 al aumentar el porcentaje de materia orgánica en el suelo (1% a 17%), incrementa el porcentaje
175 de Nitrógeno Total en 40%, esto se debería a la correlación positiva alta existente entre los dos
176 parámetros (0,973).

177 En la Figura 4, se muestra el análisis de ANOVA de Welch y Tukey test para las 3 áreas de
178 estudio. Para la Materia Orgánica (Figura 4) se muestra en el área 3 una media mayor de Materia
179 Orgánica ($\mu=2,23\%$), comparadas con las áreas 1 ($\mu=1,54\%$) y 2 ($\mu=1,44\%$). Asimismo, no
180 se observó diferencia significativa ($p < 0,05$) entre ninguna de las 3 áreas. La Materia Orgánica
181 en el área 3 presenta una media con mayor valor y considerando el coeficiente de correlación
182 alto con el Nitrógeno Total y el Fósforo Disponible (0,973 y 0,625) Bunkin et al. (2020) resaltan
183 la presencia de la materia orgánica en suelos con interacciones biomoleculares (coeficiente de
184 correlación alta y positiva) entre Fósforo Disponible y Nitrógeno Total. Sin embargo Konrad

185 & Castilhos (2002) aluden que a largo plazo el agua residual tratada eficientemente y a mayor
186 contacto con el suelo ayuda a aumentar la concentración de materia orgánica y nitrógeno total
187 del mismo (Giraldo, 2018), lo cual sería beneficioso para las áreas 1 y 2.

188 En la Figura 5, se muestra el análisis de ANOVA de Welch y Tukey test para las 3 áreas de
189 estudio. Para el Fósforo Disponible (Figura 5) se muestra en el área 3 una media mayor de
190 Fósforo Disponible ($\mu=78,50$ ppm) comparadas con las áreas 1($\mu=22,96$ ppm) y 2 ($\mu=18,90$
191 ppm). Asimismo, no se observó diferencia significativa ($p < 0,05$) entre ninguna de las 3 áreas.
192 Por otro lado, el Fósforo Disponible representan entre el 27% y 68% de las concentraciones
193 disponibles en el suelo y esta dinámica depende de prácticas de labranza y concentraciones de
194 Fósforo no soluble en agua (Amery et al., 2021), si bien las áreas con concentraciones
195 individuales de Fósforo Disponible se encuentran en las áreas 1 y 2 por la correlación con la
196 Materia Orgánica y Nitrógeno Total (Acevedo et al., 2011). Sin embargo, un valor atípico como
197 el que se muestra entre los resultados posiblemente se deba a prácticas continuas en jardines
198 (área 3) y no se muestren en áreas más extensas de Grass (área 1) y arboles (área 2).

199 *3.3 Correlación de Spearman entre propiedades químicas*

200 El análisis de correlación de Spearman mostro en la Tabla 2 coeficientes para las propiedades
201 químicas del suelo. Entre el Nitrógeno Total y la Materia Orgánica existe una correlación alta
202 (0,973), seguido del Nitrógeno Total y Fósforo Disponible (0,736), luego se encuentra la
203 correlación entre Materia orgánica y Fósforo Disponible (0,625), Ahora bien, las siguientes
204 correlaciones tendieron a bajar para el nitrógeno Total y el pH (0,151), de igual forma, para la
205 Materia Orgánica con el pH (0,121) y finalmente para el Fósforo Disponible y pH (0,039). Cabe
206 mencionar que no se encontró correlaciones negativas. Similares resultados para los
207 coeficientes entre Materia Orgánica, Fósforo Disponible y Nitrógeno Total fueron mostrados
208 por Acevedo et al.(2011), (Bunkin et al., 2020). Por otro lado aunque presentan una correlación
209 positiva con el pH, esta no es alta (0,121; 0,039 y 0,151). Luna & Aburto(2014) indican el rango
210 adecuado del pH como factor ambiental (Zhang & Furman, 2021). La relación lineal es un
211 factor importante para inferir las características químicas(evaluar patrones), independiente del
212 tamaño de la muestra.(Zhang et al. 2016)

213 **4. Conclusiones**

214 En esta investigación se mostró la influencia del agua de riego, mantenimiento de áreas verdes
215 y condiciones hidromórficas e hidroclimatológicas en las propiedades químicas de tres tipos de
216 suelos de las áreas verdes, al pH como el parámetro que determino una diferencia con mayor

217 significancia, siendo imprescindible su consideración dentro de los ensayos analíticos para
218 clasificar suelos con propiedades similares al del estudio. Asimismo, las altas correlaciones
219 positivas existentes entre las propiedades químicas (pH, % Materia Orgánica, Fósforo
220 Disponible y Nitrógeno Total) son ideales para formular modelos biogeoquímicos, predecir y
221 observar con precisión la dinámica química del suelo. En consiguiente puedan ser utilizados
222 como indicadores para monitoreos de calidad en Zonas verdes extensas de naturaleza silvestre,
223 forestal, rural o agrícola en el entorno inmediato o integrados en el espacio urbano.

224 **Agradecimientos**

225 A la Universidad Peruana Unión por permitirnos realizar el proyecto dentro de sus instalaciones

226 **5. Literatura citada**

- 227 Acevedo, C., Sanchez, Á., Hernández, E., & Ameéndola, R. (2011). Concentración de
228 nitrógeno en suelo por efecto de manejo orgánico y convencional. *Terra*
229 *Latinoamericana*, 29(3), 325–332. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57321283011.pdf>
- 230 Akroush, S., Dehehibi, B., Dessalegn, B., Al-Hadidi, O., & Abo-Roman, M. (2016). Factors
231 Affecting the Adoption of Water Harvesting Technologies: A Case Study of Jordanian
232 Arid Area. *Sustainable Agriculture Research*, 6(1), 80.
233 <https://doi.org/10.5539/sar.v6n1p80>
- 234 Amery, F., Vandecasteele, B., D'Hose, T., Nawara, S., Elsen, A., Odeurs, W.,
235 Vandendriessche, H., Arlotti, D., McGrath, S. P., Cougnon, M., & Smolders, E. (2021).
236 Dynamics of soil phosphorus measured by ammonium lactate extraction as a function of
237 the soil phosphorus balance and soil properties. *Geoderma*, 385.
238 <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114855>
- 239 Bunkin, N. F., Glinushkin, A. P., Shkirin, A. V, Ignatenko, D. N., Chirikov, S. N., Savchenko,
240 I. V, Meshalkin, V. P., Samarin, G. N., Maleki, A., & Kalinitchenko, V. P. (2020).
241 Identification of Organic Matter Dispersions Based on Light Scattering Matrices
242 Focusing on Soil Organic Matter Management. *ACS Omega*, 5(51), 33214–33224.
243 <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c04906>
- 244 Chodak, M., Gołębiewski, M., Morawska-Płoskonka, J., Kuduk, K., & Niklińska, M. (2015).
245 Soil chemical properties affect the reaction of forest soil bacteria to drought and
246 rewetting stress. *Annals of Microbiology*, 65(3), 1627–1637.
247 <https://doi.org/10.1007/s13213-014-1002-0>

248 Cruz, M., Carbo, N., Gonzales, J. L. L., Tito, G. M., Depaz, K., Torres, S., Núñez, R., Torres,
249 J., & Quispe, W. (2016). Tratamiento De Las Aguas De La Laguna “Mansión” Mediante
250 La Especie *Eichhorniacrassipes*, Para El Riego De Áreas Verdes En La Universidad
251 Peruana Unión. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 09(08), 53–65.
252 <https://doi.org/10.9790/2380-0908025365>

253 De Oliveira, J. F., Rodrigues, F. N., Fia, R., Vilela, H. S., & Landim, D. V. (2017). Chemical
254 properties of soil fertirrigated with dairy and slaughterhouse wastewater. *Engenharia
255 Agricola*, 37(6). <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng. Agric.v37n6p1244-1253/2017>

256 Díaz Lezcano, M. I., Gamarra Lezcano, C. C., Ruiz Diaz, S., & Vera de Ortiz, M. (2020).
257 Contenido de materia orgánica en suelos de sistemas silvopastoriles establecidos en el
258 Chaco Central paraguayo. *Revista de La Sociedad Científica Del Paraguay*, 25(2), 131–
259 143. <https://doi.org/10.32480/rscp.2020.25.2.131>

260 Dingemans, M., Smeets, P., Medema, G., Frijns, J., Raat, K., van Wezel, A., & Bartholomeus,
261 R. (2020). Responsible Water Reuse Needs an Interdisciplinary Approach to Balance
262 Risks and Benefits. *Water*, 12(5), 1264. <https://doi.org/10.3390/w12051264>

263 FAO. (2013). *Reutilización del agua y agricultura: Beneficios para todos*.

264 Giraldo, C. (2018). Eficiencia de la especie *Eichhornia Crassipes* - Jacinto de Agua en el
265 Tratamiento del Agua Residual de la Laguna “La Mansión” para el riego de las áreas
266 verdes de la Universidad Peruana Unión, Período 2015 [Universidad Nacional Santiago
267 Antúnez de Mayolo]. In *Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo*.
268 <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4254>

269 Guo, W., Andersen, M. N., Qi, X. bin, Li, P., Li, Z. yang, Fan, X. yang, & Zhou, Y. (2017).
270 Effects of reclaimed water irrigation and nitrogen fertilization on the chemical properties
271 and microbial community of soil. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(3), 679–690.
272 [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61391-6](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61391-6)

273 Hassani, A., Azapagic, A., & Shokri, N. (2020). Predicting long-term dynamics of soil
274 salinity and sodicity on a global scale. *Proceedings of the National Academy of Sciences*,
275 117(52), 33017–33027. <https://doi.org/10.1073/pnas.2013771117>

276 Konrad, E., & Castilhos, D. (2002). Alterações químicas do solo e crescimento do milho
277 decorrentes da adição de lodos de curtume. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 26(1),
278 257–265. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832002000100027>

- 279 LASPAF. (2021). *Metodologías empleadas en el Laboratorio de análisis de Suelos, Plantas,*
280 *Aguas, y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina.*
281 <http://www.laspaf.com/assets/metodologia/analisis-suelos.pdf>
- 282 Lawson, J. (2015). *Design and Analysis of Experiments with R* CHAPMAN & HALL/CRC
283 *Texts in Statistical Science Series Series Editors Practical Multivariate Analysis, Fifth*
284 *Edition Interpreting Data: A First Course in Statistics Introduction to Probability with R*
285 *K. Baclawski* (F. Dominici, J. J. Faraway, M. Tanner, J. Zidek, F. Abramovich, Y. Ritov,
286 A. Afifi, S. May, V. A. Clark, D. G. Altman, A. J. B. Anderson, S. Banerjee, A. Roy, C.
287 R. Bilder, T. M. Loughin, D. Bissell, J. K. Blitzstein, & J. Hwang (eds.)).
288 <https://doi.org/978-1-4987-2848-5>
- 289 Liu, Y., Zhang, J., & Ge, Q. (2020). The optimization of wheat yield through adaptive crop
290 management in a changing climate: evidence from China. *Journal of the Science of Food*
291 *and Agriculture*, jsfa.10993. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10993>
- 292 Luna, V., & Aburto, S. (2014). Sistema de humedales artificiales para el control de la
293 eutroficación del lago del Bosque de San Juan de Aragón | Elsevier Enhanced Reader.
294 *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 1(17), 32–55.
295 [https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1405888X14703183?token=90C0A320188AD](https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1405888X14703183?token=90C0A320188AD7D0EEBE0A80EC4DA650BB08A3172905A4FAEC2618AD956DF2E30FAB584A37B0CA032225B1AC021647BE)
296 [7D0EEBE0A80EC4DA650BB08A3172905A4FAEC2618AD956DF2E30FAB584A37B](https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1405888X14703183?token=90C0A320188AD7D0EEBE0A80EC4DA650BB08A3172905A4FAEC2618AD956DF2E30FAB584A37B0CA032225B1AC021647BE)
297 [0CA032225B1AC021647BE](https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1405888X14703183?token=90C0A320188AD7D0EEBE0A80EC4DA650BB08A3172905A4FAEC2618AD956DF2E30FAB584A37B0CA032225B1AC021647BE)
- 298 MINAM. (2014). *Guía para el muestreo de suelos* (Primera ed).
- 299 OPS, & OMS. (2012). *OPS/OMS Perú - Tratamiento Adecuado de Aguas Residuales es el*
300 *gran Reto ante Crecimiento Urbano*. OMS.
301 [https://www.paho.org/per/index.php?option=com_content&view=article&id=1964:trata](https://www.paho.org/per/index.php?option=com_content&view=article&id=1964:tratamiento-ade-cuado-aguas-residuales-gran-reto-ante-crecimiento-urbano&Itemid=900)
302 [miento-ade-cuado-aguas-residuales-gran-reto-ante-crecimiento-urbano&Itemid=900](https://www.paho.org/per/index.php?option=com_content&view=article&id=1964:tratamiento-ade-cuado-aguas-residuales-gran-reto-ante-crecimiento-urbano&Itemid=900)
- 303 RStudio Team. (2020). *Integrated Development for R*. RStudio.
304 <https://support.rstudio.com/hc/en-us/articles/206212048-Citing-RStudio>
- 305 Sánchez, D., Navarro, C., Rentería, M., Sánchez, J., Herrera, E., & Rose, J. (2019). Treated
306 wastewater viability of use in green areas according to nitrogen compounds
307 concentration. *Water Practice and Technology*, 14(2), 457–470.
308 <https://doi.org/10.2166/wpt.2019.035>
- 309 Silva, J., Torres, P., & Madera, C. (2008). *Reuso de aguas residuales domésticas en*

310 *agricultura. Una revisión. Agronomía Colombiana.*
311 <https://www.redalyc.org/pdf/1803/180314732020.pdf>

312 Simonete, M. A., Kiehl, J. de C., Andrade, C. A., & Teixeira, C. F. A. (2003). Efeito do lodo
313 de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. *Pesquisa*
314 *Agropecuária Brasileira*, 38(10), 1187–1195. [https://doi.org/10.1590/s0100-](https://doi.org/10.1590/s0100-204x2003001000008)
315 [204x2003001000008](https://doi.org/10.1590/s0100-204x2003001000008)

316 Singh, S., Singh, J., & Pal Vig, A. (2016). Earthworm as ecological engineers to change the
317 physico-chemical properties of soil: Soil vs vermicast. *Ecological Engineering*, 90, 1–5.
318 <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.01.072>

319 SINIA. (2012). *Mapa de suelos en los distritos de Lima | SINIA | Sistema Nacional de*
320 *Información Ambiental*. MINAM. [https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-suelos-](https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-suelos-districtos-lima)
321 [districtos-lima](https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-suelos-districtos-lima)

322 Su, C., Zhang, F., Cui, X., Cheng, Z., & Zheng, Z. (2020). Source characterization of nitrate
323 in groundwater using hydrogeochemical and multivariate statistical analysis in the
324 Muling-Xingkai Plain, Northeast China. *Environmental Monitoring and Assessment*,
325 192(7), 456. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08347-6>

326 Toonen, W. H. J., Macklin, M. G., Dawkes, G., Durcan, J. A., Leman, M., Nikolayev, Y., &
327 Yegorov, A. (2021). A hydromorphic reevaluation of the forgotten river civilizations of
328 Central Asia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of*
329 *America*, 117(52), 32982–32988. <https://doi.org/10.1073/PNAS.2009553117>

330 Valdes Ramos, Aguilera Gonzalez, Tobón Echeverri, Samaniego Moreno, Díaz Jiménez, &
331 Carlos Hernández. (2019). Potential Uses of Treated Municipal Wastewater in a
332 Semiarid Region of Mexico. *Sustainability*, 11(8), 2217.
333 <https://doi.org/10.3390/su11082217>

334 World Economic Forum. (2020). The Global Risks Report 2020 Insight Report 15th Edition.
335 *In The Global Risks Report 2020.*
336 http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risk_Report_2020.pdf

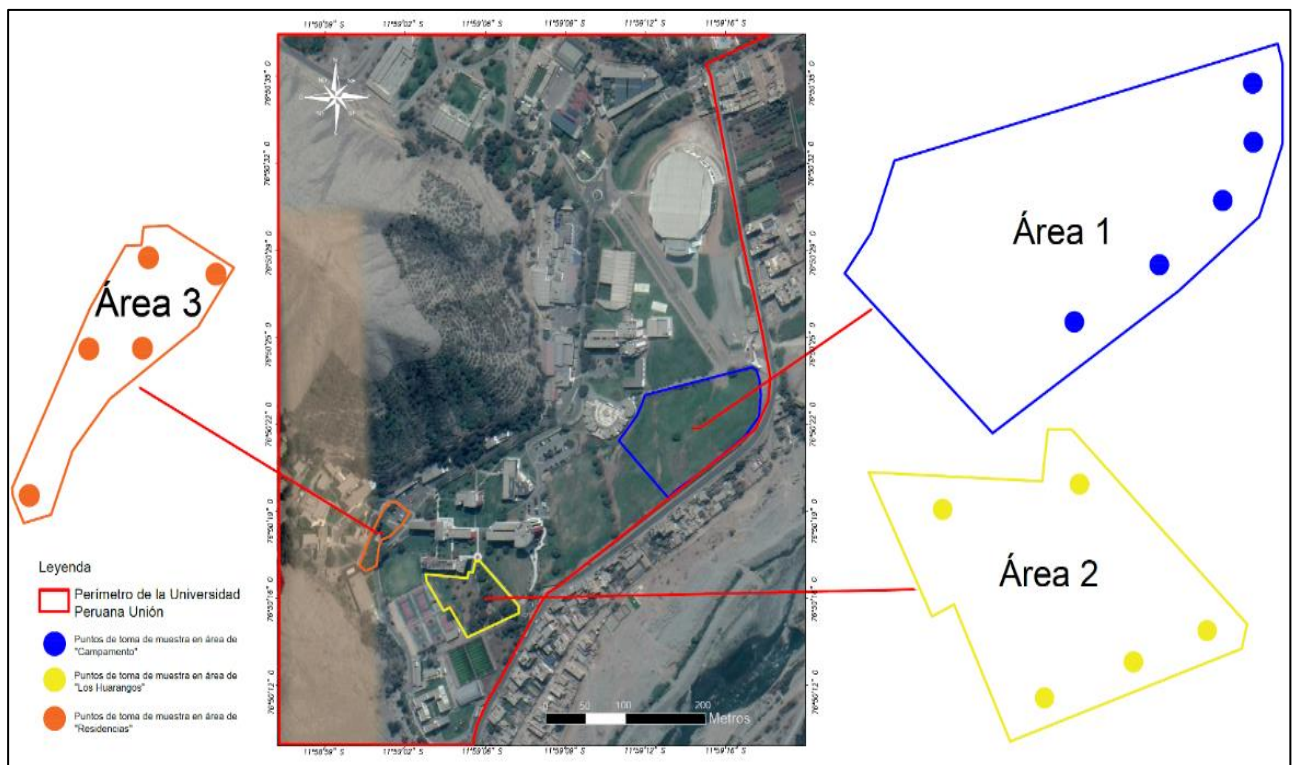
337 Zamora, F., Rodríguez, N., Torres, D., & Yendis, H. (2008). Efecto del riego con aguas
338 residuales sobre propiedades químicas de suelos de la planicie de Coro, estado Falcón.
339 *Bioagro*, 20, 193–199. <https://www.redalyc.org/pdf/857/85714153006.pdf>

340 Zhang, W. Y., Wei, Z. W., Wang, B. H., & Han, X. P. (2016). Measuring mixing patterns in
 341 complex networks by Spearman rank correlation coefficient. *Physica A: Statistical*
 342 *Mechanics and Its Applications*, 451, 440–450.
 343 <https://doi.org/10.1016/j.physa.2016.01.056>

344 Zhang, Z., & Furman, A. (2021). Soil redox dynamics under dynamic hydrologic regimes - A
 345 review. *Science of The Total Environment*, 763, 143026.
 346 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143026>

347 Zhou, Y., & Li, S. (2020). BP neural network modeling with sensitivity analysis on
 348 monotonicity based Spearman coefficient. *Chemometrics and Intelligent Laboratory*
 349 *Systems*, 200, 103977. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2020.103977>

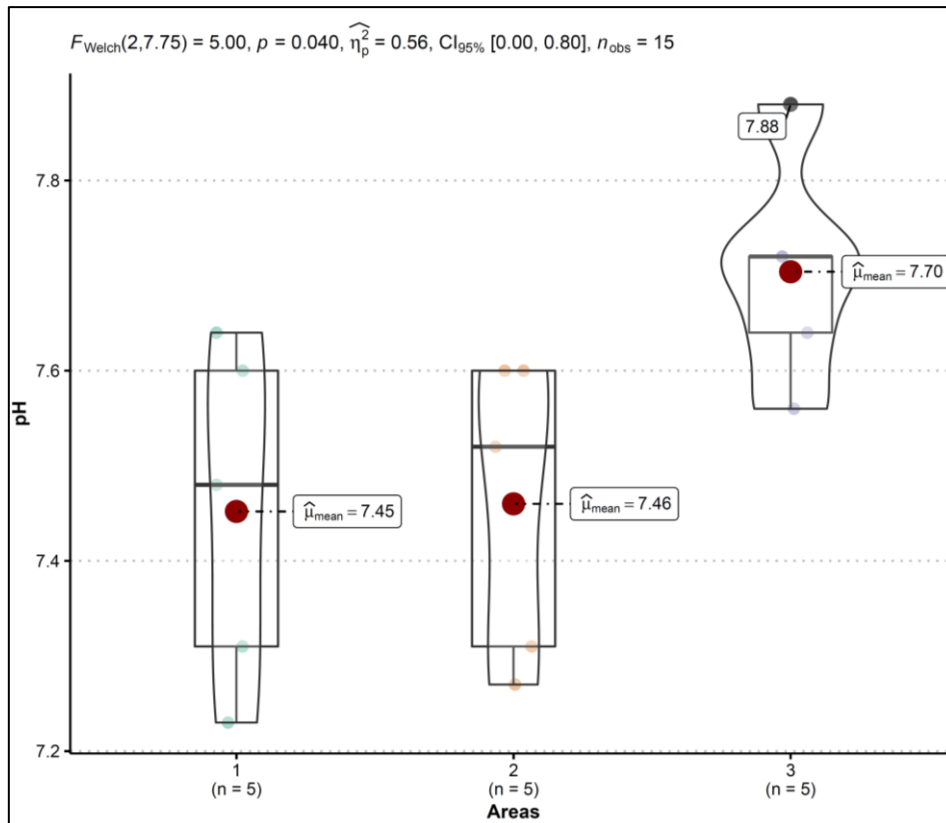
350 Figuras, ilustraciones y tablas



351
 352 Fig. 1. Universidad Peruana Unión. Punto de muestreo distribuido en diferentes áreas de
 353 acuerdo con la calidad del agua empleada para su riego.

354
 355 *Tabla 1: Resultados de los análisis realizados en el laboratorio (LASFAP)*

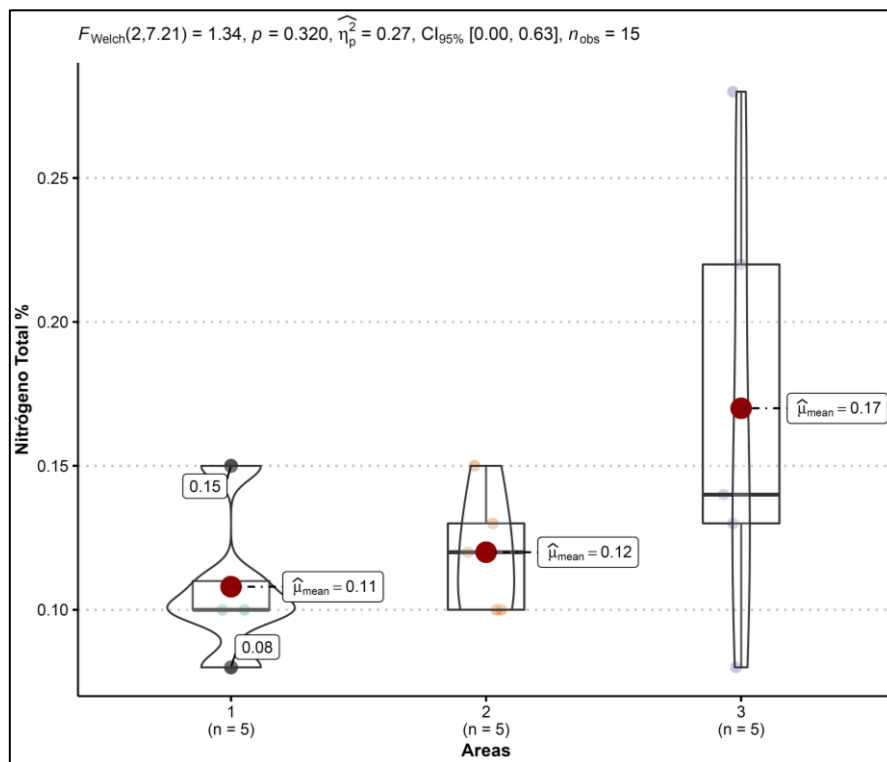
Area	pH	Nitrógeno Total	Materia Orgánica	Fósforo Disponible
	(1:1)	%	%	ppm
1	7,60	0,11	1,68	21,0
	7,48	0,10	1,35	20,5
	7,23	0,08	0,94	17,4
	7,64	0,10	1,14	26,2
	7,60	0,15	2,09	29,7
2	7,60	0,12	1,41	18,4
	7,31	0,13	1,61	14,2
	7,43	0,10	1,14	23,1
	7,52	0,10	1,35	16,1
	7,27	0,15	2,29	22,7
3	7,56	0,22	3,09	18,6
	7,72	0,08	0,74	19,8
	7,72	0,13	1,88	18,3
	7,88	0,14	1,95	15,9
	7,64	0,28	3,50	78,5
Resumen	Min :7,23	Min :0,08	Min :0,74	Min :14,20
	Mean :7,53	Mean :0,13	Mean :1,73	Mean :24,03
	Max :7,88	Max :0,28	Max :3,50	Max :78,50



357

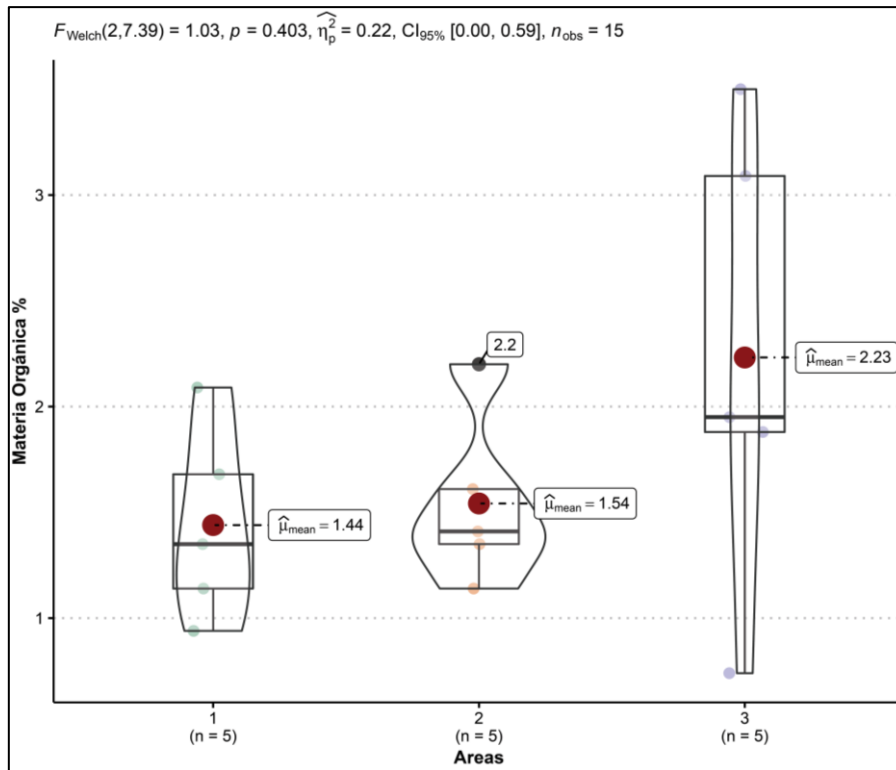
358 Fig. 2. ANOVA de Welch para el análisis de varianza unidireccional para el pH.

359



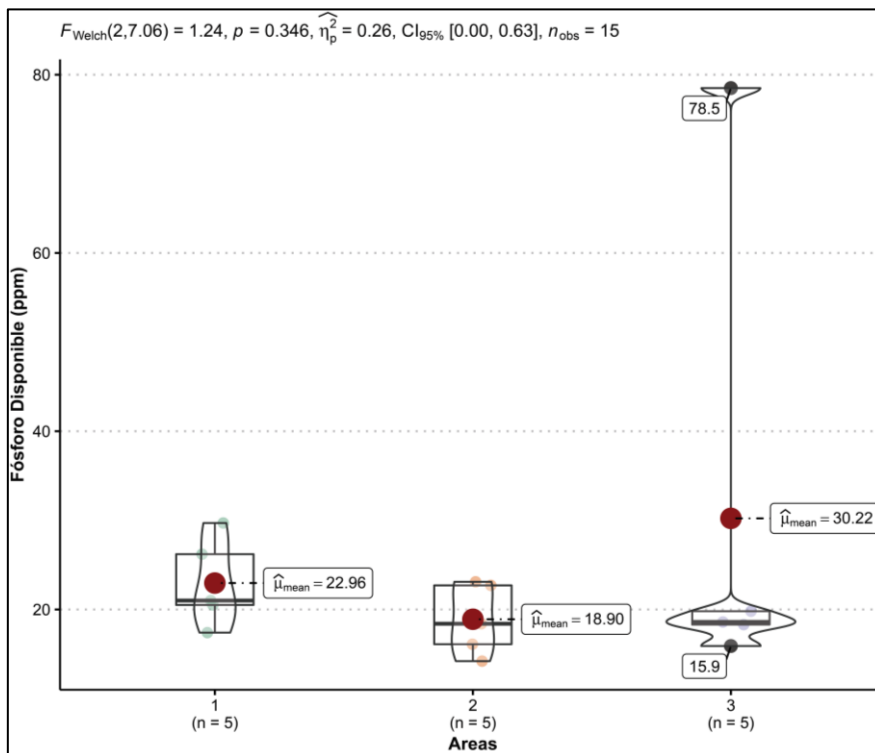
360

361 Fig. 3. ANOVA de Welch para el análisis de varianza unidireccional para el Nitrógeno Total



362

363 Fig. 4. ANOVA de Welch para el análisis de varianza unidireccional para Materia Orgánica.



364

365 Fig. 5. ANOVA de Welch para el análisis de varianza unidireccional para el Fósforo Disponible

366 *Tabla 2: Análisis de correlación entre variables*

	pH	Materia Orgánica	Fósforo Disponibile	Nitrógeno Total
pH	1	-	-	-
Materia Orgánica	0,121	1	-	-
Fósforo Disponibile	0,039	0,625	1	-
Nitrógeno Total	0,151	0,973	0,736	1

367